

Cilt / Volume: 10, Sayı / Issue: 4

Aralık / December, 2020

ISSN 2146-0574

E-ISSN 2536-4618

**FBED / JIST**

Uluslararası Hakemli Dergi / International Peer Reviewed Journal

**İĞDIR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ  
ENSTİTÜSÜ DERGİSİ**

**JOURNAL OF THE INSTITUTE  
OF SCIENCE AND  
TECHNOLOGY**



# FBED / JIST

**IĞDIR ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ**  
**ENSTİTÜSÜ DERGİSİ**

***Journal of the Institute***  
***of Science and Technology***

<http://dergipark.gov.tr/jist>





**Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**  
**Kısaltılmış Başlık: Iğdır Üniv. Fen Bil. Enst. Der.**

**Journal of the Institute of Science and Technology**  
**Abbreviated Title: J. Inst. Sci. and Tech.**

**Uluslararası Hakemli Dergi / International Peer Reviewed Journal**

**Basılı ISSN: 2146-0574**

**Elektronik ISSN: 2536-4618**

**Veri Tabanı / Indexed by**

TR Dizin, EBSCO, ROAD, Open Access Library (oalib), COSMOS IF, Sobiad, Google Scholar, Türkiye Atıf Dizini, International Institute of Organized Researches, Sindex, CrossRef, Eurasian Scientific Journal Index, CiteFactor, International Scientific Indexing, CAB Abstract

**Sahibi / Owner**

Prof. Dr. Mehmet Hakkı ALMA  
Rektör / Rector

**Sorumlu Müdür / Director**

Prof. Dr. Murat Ali KARAVELİOĞLU / Prof. Dr. Murat Ali KARAVELİOĞLU  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü / Graduate Education Institute Director

**Baş Editör / Editor in Chief**

Doç. Dr. Süleyman TEMEL / Assoc. Prof. Dr. Süleyman TEMEL

**Yardımcı Editörler / Associate Editors**

Prof. Dr. Bilal KESKİN / Prof. Dr. Bilal KESKİN  
Doç. Dr. Adem KOÇYİĞİT / Assoc. Prof. Dr. Adem KOÇYİĞİT  
Doç. Dr. Ersin GÜLSOY / Assoc. Prof. Dr. Ersin GÜLSOY  
Dr. Öğr. Üyesi Ümit YILDIKO / Assist. Prof. Dr. Ümit YILDIKO

**Danışma Kurulu/ Advisory Board**

Prof.Dr. Kağan KÖKTEN / *Field Crop*, Bingol University, Agricultural, Bingol, Turkey  
Prof.Dr. Abdulmecit TÜRÜT/ *Physics*, İstanbul Medeniyet University, İstanbul, Turkey  
Prof.Dr. Muhammad SARWAR, *Animal Science*, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan  
Prof.Dr. Vaqif ABBASOV, *Chemistry*, Neft Kimya Prosesleri Institutu, Azerbaijan  
Prof.Dr. Şükrü BEYDEMİR, *Biochemistry*, Anadolu University, Eskisehir, Turkey  
Prof.Dr. Salih DOĞAN, *Zoology*, Erzincan Binali Yıldırım University, Erzincan, Turkey  
Doç.Dr. Özkan AKSAKAL, *Botanical*, Ataturk University, Erzurum, Turkey  
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet POLAT, *Horticulture*, Isparta University, Isparta, Turkey  
Dr.Snezana ANDJELKOVIC, *Forage Crops*, Institute Za Krmno Bilje, Krusevac, Republic of Serbia

**Tasarım / Design**

Prof. Dr. Bilal KESKİN  
Dr.Öğr.Üyesi Barış EREN  
Arş.Gör. Hasan Kaan KÜÇÜKERDEM

**Web link:** <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jist>

**Mail address:** fbed@igdir.edu.tr

ULUSAL EDİTÖRLER KURULU  
NATIONAL EDITORIAL BOARD

Doç. Dr. Beyhan KİBAR, Horticulture  
Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu, Türkiye

Prof. Dr. Ferhat MURATOĞLU, Horticulture  
Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu, Türkiye

Doç. Dr. Ersin GÜLSOY, Horticulture  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Gültekin IŞIK, Computer Engineering  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Prof. Dr. Ahmet ULUDAĞ, Plant Protection  
Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye

Doç. Dr. Celalettin GÖZÜAÇIK, Plant Protection  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Tuba GENÇ KESİMCİ, Plant Protection  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Ramazan GÜRBÜZ, Plant Protection  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Prof. Dr. Ümit İNCEKARA, Biology  
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Emel DIRAZ YILDIRIM, Biology  
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üni. K.Maraş, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet POLAT, Biology  
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Doç. Dr. Hakan KİBAR, Biosystem Engineering  
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu, Türkiye

Doç. Dr. Sefa ALTİKAT, Biosystem Engineering  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Züleyha BİNGÜL, Environmental Engineering  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Sinan KUL, Environmental Engineering  
Bayburt Üniversitesi, Bayburt, Türkiye

Doç. Dr. Adem KOÇYİĞİT, Electrical Electronic Eng.  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Kenan ÇİÇEK, Electrical Electronic Eng.  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Agah Oktay ERTAY, Electrical Electronic Eng.  
Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Erzincan, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Seda TÜRK, Industrial Engineering  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Hamid YILMAZ, Industrial Engineering  
Bayburt Üniversitesi, Bayburt, Türkiye

Doç. Dr. Ferdi AKMAN, Physics  
Bingöl Üniversitesi, Bingöl, Türkiye

Doç. Dr. İkrım ORAK, Physics  
Bingöl Üniversitesi, Bingöl, Türkiye

Doç. Dr. Abdulkemir KARABULUT, Physics  
Erzurum Teknik Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Prof. Dr. Ahmet ERDOĞAN, Food Engineering  
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Prof. Dr. İhsan Güngör ŞAT, Food Engineering  
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Dr. Öğr. Üye. Mubin KOYUNCU, Food Engineering  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Prof. Dr. İlker KAZAZ, Civil Engineering  
Erzurum Teknik Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Doç. Dr. Muhammed Yasin ÇODUR, Civil Engineering  
Erzurum Teknik Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Alperen ÖZDEMİR, Civil Engineering  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Fikret TÜRKAN, Chemistry  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Zeynep Şilan TURHAN IRAK, Chemistry  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Ümit YILDIKO, Chemistry  
Kafkas Üniversitesi, Kars, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Harbi ÇALIMLI, Chemistry  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Uğur GÜLLER, Chemistry  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Doç. Dr. Mahir UZUN, Mechanical Engineering  
İnönü Üniversitesi, Malatya, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa HAMAMCI, Mechanical Engineering  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Arslan KAPTAN, Mechanical Engineering  
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi. Muhammet Raci AYDIN, Mechanical Engineering  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Prof. Dr. İsa YILDIRIM, Mathematics  
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Gökçe DİLEK KÜÇÜK, Mathematics  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Lokman BİLEN, Mathematics  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Aynur ŞAHİN, Mathematics  
Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye

Prof. Dr. Ahmet ADIGÜZEL, Moleculer Biology and Genetic  
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Kaan HÜRKAN, Moleculer Biology and Genetic  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Can Ali AĞCA, Moleculer Biology and Genetic  
Bingöl Üniversitesi, Bingöl, Türkiye

Prof. Dr. Mehmet Hakkı ALMA, Forestry Engineering  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Prof. Dr. Murat ZENGİN, Landscape Architecture  
Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Meryem Bihter BİNGÜL BULUT, Landscape Architecture  
Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, Türkiye

Prof. Dr. Deniz ÇOBAN, Fisheries  
Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, Türkiye

Doç. Dr. İlknur MERİÇ TURGUT, Fisheries  
Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye

Doç. Dr. Yakup Erdal ERTÜRK, Agricultural Economy  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Tuba Pekkirbizli ZEMESTANİ, Agricultural Eco.  
Bozok Üniversitesi, Yozgat, Türkiye

Prof. Dr. Burhan KARA, Field Crops  
Isparta Üniversitesi, Isparta, Türkiye

Prof. Dr. Bilal KESKİN, Field Crops  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Doç. Dr. Süleyman TEMEL, Field Crops  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Doç. Dr. Tamer ERYİĞİT, Field Crops  
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye

Doç. Dr. Adem GÜNEŞ, Soil Science and Plant Nutrition  
Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Serdar SARI, Soil Science and Plant Nutrition  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Doç. Dr. İsa YILMAZ, Animal Science  
Muş Alparslan Üniversitesi, Muş, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Ali İhsan ATALAY, Animal Science  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

**ULUSLARARASI EDİTÖRLER KURULU**  
**INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD**

Prof. Dr. Muhammad HANIF, Mathematic  
Lahore Üniversitesi, Lahore, Pakistan

Prof. Dr. Muhammad SARWAR KHAN, Agri. Biotechnology  
University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan

Prof. Dr. Tan YANWEN, Economics  
South China Agricultural University, Guangzhou, China

Prof. Dr. Abdul WAHID, Department of Botany  
University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan

Prof. Dr. Zafar IQBAL, Veterinary Science  
University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan

Prof. Dr. Khalid JAVED, Dep. of Livestock Prod.  
University of Vet. & Animal Sciences, Lahore, Pakistan

Prof. Dr. Guang Jie ZHAO, Forestry,  
Beijing Forestry University, China

Prof. Dr. Vaqif ABBASOV, Chemistry,  
Neft Kimya Prosesleri Institutu, Azərbaycan

Prof. Dr. Emanuele BOSELLI, Food Science and Technology  
Free University of Bozen, Bolzano, Italy

Prof. Dr. Lenka KOURIMSKA, Food and Nutrition,  
Czech Uni. of Life Sciences Prague, Suchdol, Czech Republic

Assist. Prof. Dr. Christina BENEKI, Dep. of Bus. Admin.  
Tech. Educ. Inst. of Ionian Islands, Cephalonia, Greece

Dr. Abdul WAHEED, Animal Science  
Bahauddin Zakariya University, Multan, Pakistan

Dr. Snezana ANDJELKOVIC, Forage Crops  
Institute for Forage Crops(IFC), Krusevac, Republic of Serbia

Dr. Ferhat ABBAS, Vet- Animal Science, CASVAB  
University of Balochistan, Balochistan, Pakistan

Dr. Naveen KUMAR, Horticulture  
University of Florida, Florida, USA

**DİL EDİTÖRLERİ**  
**LANGUAGE CONSULTANTS**

Dr. Öğr. Üyesi Didem ERDEL,  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Uzm. Handan YILDIZ,  
Milli Eğitim Müdürlüğü, İğdır, Türkiye

Öğr. Gör. Talha YILDIZ,  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

**BU SAYININ HAKEM LİSTESİ**  
**REFEREE LIST IN THIS ISSUE**

Prof. Dr. Ali AYDOĞDU, Aquaculture and Fish Diseases

Prof. Dr. Burhan KARA, Field Crops

Prof. Dr. İbrahim MUTLU, Automotive Engineering

Prof. Dr. İnanç ÖZGEN, Plant Protection

Prof. Dr. Süleyman TOY, Urban and Regional Planning

Prof. Dr. Ayzin KÜDEN, Horticulture

Prof. Dr. Aziz AVCI, Biology

Prof. Dr. Cengiz SANCAK, Field Crops

Prof. Dr. Coşkun GÜLER, Mathematics

Prof. Dr. Çiğdem VAROL ÖZDEN, Urban and Reg. Planning

Prof. Dr. Elif AKALIN, Physics

Prof. Dr. Emine ÇIKMAN, Plant Protection

Prof. Dr. Erdoğan GÜNEŞ, Agricultural Economy

Prof. Dr. Erdoğan ÖZTÜRK, Field Crops

Prof. Dr. Erol BAYHAN, Plant Protection

Prof. Dr. Erol YILDIRIM, Plant Protection

Prof. Dr. Ferhad MURADOĞLU, Horticulture

Prof. Dr. Fevzi ÖNEN, Civil Engineering

Prof. Dr. Hakan GEREN, Field Crops

Prof. Dr. Hülya GÜL, Food Engineering

Prof. Dr. Hüseyin İNCEER, Biology

Prof. Dr. İhsan Güngör ŞAT, Food Engineering

Prof. Dr. İsmet BOZ, Agricultural Economy

Prof. Dr. İzzet AKÇA, Plant Protection

Prof. Dr. Kağan KÖKTEN, Field Crops

Prof. Dr. Kerim ÇİÇEK, Biology

Prof. Dr. Mahfuz ELMASTAŞ, Medical Biochemistry

Prof. Dr. Mahir KADAKAL, Mathematics

Prof. Dr. Mediha KÖK, Physics

Prof. Dr. Merih KIVANÇ, Food Engineering

Prof. Dr. Metin BAŞARIR, Mathematics

Prof. Dr. Muhammed ATAMANALP, Fisheries

Prof. Dr. Murat ODUNCUOĞLU, Physics

Prof. Dr. Murat TOSUNOĞLU, Biology

Prof. Dr. Murat ZENGİN, Landscape Architecture

Prof. Dr. Mustafa KIZILŞİMŞEK, Field Crops

Prof. Dr. Mustafa TAN, Field Crops

Prof. Dr. Özden ÖZTÜRK, Field Crops

Prof. Dr. Özlem ÖNAL AŞCI, Field Crops

Prof. Dr. Selahattin MADEN, Mathematics

Prof. Dr. Şemsettin TEMİZ, Mechanical Engineering

Prof. Dr. Tamer SERMENLİ, Horticulture

Prof. Dr. Viktor NEDZVETSKYI, Molecular Biology and Genetic

Prof. Dr. Yasin KİŞİOĞLU, Mechanical Engineering

Prof. Dr. Yavuz DEMİR, Biology

Prof. Dr. Zakir TAŞ, Mechanical Engineering

Doç. Dr. Çağrı KARAMAN, Mathematics

Doç. Dr. Daniela GIANNETTO, Biology

Doç. Dr. Erdi BAL, Horticulture

Doç. Dr. Adem KOÇYİĞİT, Physics

Doç. Dr. Ahmet ALTUN, Medical Pharmacology

Doç. Dr. Ahmet DURLU, Electrical Electronic Engineering

Doç. Dr. Ahmet Emin KURTOĞLU, Civil Engineering

Doç. Dr. Ahmet TOPAL, Fisheries

Doç. Dr. Baki ÖZTÜRK, Civil Engineering

Doç. Dr. Baybars Ali FİL, Environmental Engineering

Doç. Dr. Burhan ÖZTÜRK, Horticulture

Doç. Dr. Cengiz POLAT UZUNOĞLU, Electrical Electr. Eng.

Doç. Dr. Cüneyt ÇAĞLAYAN, Chemistry

Doç. Dr. Fatih KAHRIMAN, Field Crops

Doç. Dr. Fatih Mehmet ÖZKAL, Civil Engineering

Doç. Dr. Fatih TOSUNOĞLU, Civil Engineering

- Doç.Dr. Halil BOLU, Plant Protection  
Doç.Dr. Harun ÖZER, Horticulture  
Doç.Dr. Haşim ÇAYIR, Mathematics  
Doç.Dr. İkrım ORAK, Physics  
Doç.Dr. Mahmut MODANLI, Mathematics  
Doç.Dr. Mehmet Ali ŞEVİK, Plant Protection  
Doç.Dr. Mehmet Tarık ATAY, Mechanical Engineering  
Doç.Dr. Mehmet YAVUZ, Mathematics  
Doç.Dr. Mehmet YEŞİLBUDAK, Electrical Electronic Eng.  
Doç.Dr. Mesut IŞIK, Chemistry  
Doç.Dr. Murat ÇOLAK, Mechanical Engineering  
Doç.Dr. Mustafa CENGİZ, Moleculer Biology and Genetic  
Doç.Dr. Mustafa KAN, Agricultural Economy  
Doç.Dr. Nevzat ESİM, Moleculer Biology and Genetic  
Doç.Dr. Osman Orkan ÖZER, Agricultural Economy  
Doç.Dr. Ömer Faruk KARATAŞ, Moleculer Bio. and Genetic  
Doç.Dr. Ömer Hulusi DEDE, Environmental Engineering  
Doç.Dr. Özlem ALTUNTAŞ, Horticulture  
Doç.Dr. Raciye MERAL, Food Engineering  
Doç.Dr. Recep KARA, Food Hygiene and Technology  
Doç.Dr. Sabri ERBAŞ, Field Crops  
Doç.Dr. Serdar MERCAN, Mechatronic Engineering  
Doç.Dr. Sevil ÖZKINALI, Chemistry  
Doç.Dr. Seyithan SEYDOŞOĞLU, Field Crops  
Doç.Dr. Sinan BAYINDIR, Chemistry  
Doç.Dr. Utkan MUTMAN, Civil Engineering  
Doç.Dr. Veysel TURAN, Soil Science and Plant Nutrition  
Doç.Dr. Volkan ŞENAY, Physics  
Doç.Dr. Yakup Erdal ERTÜRK, Agricultural Economy  
Doç.Dr. Yılmaz GÜR, Mechanical Engineering  
Doç.Dr. Muhammet DEVECİ, Industrial Engineering  
Dr.Öğr.Üyesi Bayram YURT, Food Engineering  
Dr.Öğr.Üyesi Bilge ŞENEL, Electronics and Communication  
Dr.Öğr.Üyesi Burak Kaan ÇIRPICI, Civil Engineering  
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet ERDEM, Mechanical Engineering  
Dr.Öğr. Üyesi Sümeyra Sultan TİSKE İNAN, Food Engineering  
Dr.Öğr.Üyesi Abidin ŞAHİNOĞLU, Mechanical Engineering  
Dr.Öğr.Üyesi Adnan AYDIN, Field Crops  
Dr.Öğr.Üyesi Ahmet Turan TEKEŞ, Chemistry  
Dr.Öğr.Üyesi Akar DOĞAN, Mechanical Engineering  
Dr.Öğr.Üyesi Ali Ersin DİNÇER, Civil Engineering  
Dr.Öğr.Üyesi Ali Seydi KEÇELİ, Computer Engineering  
Dr.Öğr.Üyesi Aykut ÖZGÜR, Bioengineering  
Dr.Öğr.Üyesi Aynur ŞAHİN, Mathematics  
Dr.Öğr.Üyesi Aysun ALTIKAT, Environmental Engineering  
Dr.Öğr.Üyesi Ayşe Gül SARIKAYA, Forestry Engineering  
Dr.Öğr.Üyesi Bakiye KILIÇ TOPUZ, Agricultural Economy  
Dr.Öğr.Üyesi Üsame DEMİR, Mechanical Engineering  
Dr.Öğr.Üyesi Volkan ARIKAN, Mechanical Engineering  
Dr.Öğr.Üyesi Yağmur ERİM KÖSE, Food Engineering  
Dr.Öğr.Üyesi Yahya TAŞGIN, Mechanical Engineering  
Dr.Öğr.Üyesi Yaşar TAŞTEMUR, Basic Medical Sciences  
Dr.Öğr.Üyesi Burak URAZEL, Electrical Electronic Engineering  
Dr.Öğr.Üyesi Emine AŞKAN, Agricultural Economy  
Dr.Öğr.Üyesi Engin NAS, Mechanical Engineering  
Dr.Öğr.Üyesi Erdem IŞIK, Mechanical Engineering  
Dr.Öğr.Üyesi Erdem SEVEN, Plant Protection  
Dr.Öğr.Üyesi Eren ÖZDEN, Horticulture  
Dr.Öğr.Üyesi Faruk DÜŞÜNCELİ, Mathematics  
Dr.Öğr.Üyesi Fatih SEZER, Moleculer Biology and Genetic  
Dr.Öğr.Üyesi Ferhat KAYA, Mechanical Engineering  
Dr.Öğr.Üyesi Gamze PEKBEY, Plant Protection  
Dr.Öğr.Üyesi Gonca ÖZMEN KOCA, Mechatronic Engineering  
Dr.Öğr.Üyesi Gülben TORĞUT, Chemistry  
Dr.Öğr.Üyesi Gülgün DEDE, Environmental Engineering  
Dr.Öğr.Üyesi Gürkan KAVURAN, Electrical Electronic Eng.  
Dr.Öğr.Üyesi Harun YAKA, Mechanical Engineering  
Dr.Öğr.Üyesi Haydar KAYA, Electrical Electronic Engineering  
Dr.Öğr.Üyesi İhsan CANAN, Horticulture  
Dr.Öğr.Üyesi İlkay TÜRKMEN ÖZEN, Food Engineering  
Dr.Öğr.Üyesi İsmail Cengiz YILMAZ, Civil Engineering  
Dr.Öğr.Üyesi İzzettin DEMİR, Mathematics  
Dr.Öğr.Üyesi Kamil Emre GERÇEKASLAN, Food Engineering  
Dr.Öğr.Üyesi Mahyar MAALI, Civil Engineering  
Dr.Öğr.Üyesi Mehmet AYDOĞAN, Agricultural Economy  
Dr.Öğr.Üyesi Mehmet BAKIR, Computer Engineering  
Dr.Öğr.Üyesi Mehmet KEÇECİ, Plant Protection  
Dr.Öğr.Üyesi Mehmet ŞİMŞİR, Electrical Engineering  
Dr.Öğr.Üyesi Muammer KIRICI, Biology  
Dr.Öğr.Üyesi Muhammed Fatih ÇORAPSIZ, Elec. Electr. Eng.  
Dr.Öğr.Üyesi Muhittin KULAK, Biology  
Dr.Öğr.Üyesi Murat AKSEL, Civil Engineering  
Dr.Öğr.Üyesi Murat BEYTUR, Chemistry  
Dr.Öğr.Üyesi Mustafa KOCABAŞ, Metallurgy and Mater. Eng.  
Dr.Öğr.Üyesi Mustafa ÖZDEMİR, Mechanical Engineering  
Dr.Öğr.Üyesi Mustafa Şamil ARGUN, Food Engineering  
Dr.Öğr.Üyesi Nuh ALPASLAN, Computer Engineering  
Dr.Öğr.Üyesi Nur UYLAŞ SATI, Mathematics  
Dr.Öğr.Üyesi Nüket ALTINDAL, Field Crops  
Dr.Öğr.Üyesi Ömür AKBAYIR, Mechanical Engineering  
Dr.Öğr.Üyesi Rıfkı TERZİOĞLU, Electrical Electronic Eng.  
Dr.Öğr.Üyesi Sabahattin CÖMERTPAY, Agricultural Biotech.  
Dr.Öğr.Üyesi Said Mahmut ÇINAR, Electrical Engineering  
Dr.Öğr.Üyesi Sercan ÖZBEK YAZICI, Nutrition and Dietetics  
Dr.Öğr.Üyesi Serkan YEŞİL, Plant Protection  
Dr.Öğr.Üyesi Sıtkı AKTAŞ, Physics  
Dr.Öğr.Üyesi Tahsin YÜKSEL, Automotive Engineering  
Dr.Öğr.Üyesi Tarkan KOCA, Mechanical Engineering  
Dr.Öğr.Üyesi Tülay TURGUT GENÇ, Biology  
Dr.Öğr.Üyesi Yavuz YÜKSEL, Food Engineering  
Dr.Öğr.Üyesi YUSUF KUVVETLİ, Industrial Engineering  
Dr.Öğr.Üyesi Züleyha BİNGÜL, Environmental Engineering  
Arş.Gör.Dr. Mustafa İLERİTÜRK, Biochemistry  
Arş.Gör.Dr. Nadire Pelin BAHADIRLI, Field Crops



Arş.Gör.Dr. Doğan ÇELİK, Electrical Electronic Engineering

Arş.Gör.Dr. Elif Feyza TOPDAŞ, Food Engineering

Arş.Gör.Dr. Kadir Diler ALEMDAR, Civil Engineering

Arş.Gör.Dr. Ahmet Selman BOZKIR, Computer Engineering

Arş.Gör.Dr. Akife DALDA ŞEKERCİ, Horticulture

Arş.Gör.Dr. Aslıhan ÖZBİLEN, Moleculer Biology and Genetic

Arş.Gör.Dr. Aydın KAYA, Computer Engineering

Arş.Gör.Dr. Süleyman ŞENGÜL, Mathematics

Arş.Gör.Dr. Şehriban Oğuz, Food Engineering

Arş.Gör.Dr. Tuğrul YUMAK, Chemistry

Öğr.Gör. Menekşe BULUT, Food Engineering

Öğr.Gör.Dr. Burak TAŞCI, Electricity and Energy

Öğr.Gör.Dr. Demet ALTINDAL, Field Crops

Öğr.Gör.Dr. Süleyman CENGİZCİ, Mathematics

### İğdir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi (FBED)

#### YAYIN İLKELERİ

1. FBED, Uluslararası hakemli bir dergi olup yılda dört kez yayınlanır. Dergimiz herhangi bir ücret talep etmemektedir. Makalelerin tümüne açık erişimle ulaşılabilir ve tam metin olarak indirilebilir.
2. Dergiye gönderilebilecek makale konuları Bahçe bitkileri, Bilgisayar mühendisliği, Bitki koruma, Biyoloji, Biyosistem mühendisliği, Çevre mühendisliği, Elektrik elektronik mühendisliği, Endüstri mühendisliği, Fizik, Gıda mühendisliği, İnşaat mühendisliği, Kimya, Makina mühendisliği, Matematik, Moleküler biyoloji ve genetik, Orman mühendisliği, Peyzaj mimarlığı, Su ürünleri, Tarım ekonomisi, Tarla bitkileri, Toprak bilimi ve bitki besleme ve Zootekni'dir. Dergide orijinal araştırma makalesi, derleme, teknik not yayımlanabilir.
3. Tüm yazılar iki profesyonel hakem tarafından değerlendirilir, Editör ve Yayın Kurulu tarafından incelenir.
4. FBED Türkçe ve İngilizce dillerinde yazılmış orijinal araştırma makalesi, teknik not ve derleme (toplam yayınların %20) yayınlamaktadır.
5. Yayınlanması istenilen eserlerin herhangi bir yerde yayınlanmamış veya yayınlanmak üzere herhangi bir dergiye gönderilmemiş olması zorunludur.
6. Dergiye yayınlanmak üzere gönderilen eserlerle birlikte Telif Hakkı Devir Sözleşmesi de tüm yazarlarca (farklı adreslerde bulunan yazarlar forma ait tüm bilgileri doldurarak ayrıca imzalamak suretiyle gönderebilirler) imzalanarak gönderilmelidir.
7. Eserlerin tüm sorumluluğu yazarlarına aittir.
8. Aynı sayıda ilk isim olarak bir yazarın en çok iki makalesi basılır.
9. Eserler bilim etiği ilkelerine uygun olarak hazırlanmalı, gerekliyse Etik Kurul Raporu'nun bir kopyası eklenmelidir.
10. Herhangi bir sorunuz için lütfen [fbed@igdir.edu.tr](mailto:fbed@igdir.edu.tr) adresine başvurun.

### Journal of the Institute of Science and Technology (JIST)

#### PUBLISHING POLICIES

1. JIST is International Peer Reviewed Journal and published four times a year. Our journal does not charge any fees. All of the articles are accessible by open access and can be downloaded in full text.
2. The articles that can be sent to the journal are Horticulture, Computer engineering, Plant protection, Biology, Biosystem engineering, Environment engineering, Electrical-electronic engineering, Industrial engineering, Physics, Food engineering, Civil engineering, Chemistry, Mechanical engineering, Mathematics, Molecular biology and genetic, Forestry engineering, Landscape architecture, Fisheries, Agricultural economy, Field crops, soil science and plant nutrition and animal science.
3. All the manuscripts submitted to our journal are peer reviewed by two professional referees, Editor in Chief, and Editorial Board.
4. JIST intends to publish original research papers, technical notes, and reviews (20% of total papers) written in Turkish and English languages.
5. Manuscripts and communications are accepted on the understanding that these have not been published nor are being considered for publication elsewhere.
6. All the authors should submit their manuscript with transfer form of copyright for potential publication. The transfer form of Copyright should be signed by all authors.
7. All the authors will be responsible contextually for contents of their manuscripts.
8. Only two manuscripts of each author as first author can be published in same issue of JIST.
9. Manuscripts should be prepared in accordance with scientific ethic rules. When required, ethical committee reports with the related documents should be submitted to JIST.
10. Please contact for any question to [fbed@igdir.edu.tr](mailto:fbed@igdir.edu.tr)

## İÇİNDEKİLER / CONTENTS

### Bahçe Bitkileri / Horticulture

#### Derleme Makalesi / Review Article

Bazı Badem Çeşitlerinin Adaptasyon Performansları Üzerine Yürütülen Çalışmaların Karşılaştırılması  
Comparison of Studies on Adaptation Performance of Some Almond Cultivars  
Hasan DENİZHAN, Ali İKİNCİ, İzzet AÇAR, Fırat Ege KARAAT

2283

#### Araştırma Makalesi / Research Article

Effect of Deficit Irrigation and Rootstocks on Fruit Weight During Post-Harvest Controlled Storage of Watermelon  
Musa SEYMEN, Duran YAVUZ, Ertan Sait KURTAR, Önder TÜRKMEN, Sinan SÜHERİ, Nurcan YAVUZ

2294

#### Araştırma Makalesi / Research Article

Granny Smith Elma Çeşidinin Depolama Performansı Üzerine Farklı 1-MCP Dozlarının Etkisi  
Effect of Different Doses of 1-MCP on the Storage Performance of Apple cv. Granny Smith  
Derya ERBAŞ, Mehmet Ali KOYUNCU

2301

#### Araştırma Makalesi / Research Article

Fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) Farklı Tuz ve Putresin Uygulamalarının Çimlenme ve Fide Gelişimi Üzerine Etkileri  
Effects of Different Salt and Putrescine Applications on Germination and Seedling Growth in Bean (*Phaseolus vulgaris* L.)  
Beyhan KİBAR, Bilgehan ŞAHİN, Ousseini KIEMDE

2315

### Bilgisayar Mühendisliği / Computer Engineering

#### Araştırma Makalesi / Research Article

Optik Karakter Tanımda Hata Yayılım Algoritmalarının Performans Kıyaslaması  
Performance Comparison of Error Diffusion Algorithms in Optical Character Recognition  
Ahmet ÇELİK

2328

### Bitki Koruma / Plant Protection

#### Araştırma Makalesi / Research Article

Malatya İli Elma (*Malus domestica* Bark. (Rosaceae)) Ağaçlarında Zararlı Böcek ve Akar Türleri ile Doğal Düşmanlarının Belirlenmesi  
Determination of Harmful Insect and Acari Species and Their Natural Species on Apple (*Malus domestica* Bark. (Rosaceae)) Trees in Malatya Province,  
Mehmet KAPLAN

2341

#### Derleme Makalesi / Review Article

Akdeniz Meyvesineği (*Ceratitis capitata* Wiedemann) (Diptera: Tephritidae)'nin Tanımı, Dağılımı, Biyolojisi, Zararı ve Mücadele Yöntemleri  
Damage, Biology, Distribution, Definition and Management Methods of Mediterranean Fruit Fly (*Ceratitis capitata* Wiedemann) (Diptera: Tephritidae)  
Burcu BİRCAN, Abdurrahman Sami KOCA, Gülay KAÇAR

2353

#### Araştırma Makalesi / Research Article

Molecular Characterization of the Coat Protein Genome of *Alfalfa Mosaic Virus* (AMV) Isolates from Alfalfa in Van Province  
Van İlinde Yoncada Saptanan Yonca mozaik virüs (AMV) İzolatlarının Kılıf Protein Genomunun Moleküler Karakterizasyonu  
Mustafa USTA, Abdullah GÜLLER

2366

#### Araştırma Makalesi / Research Article

New host records for *Zeuxia cinerea* Meigen, 1826 (Diptera: Tachinidae) from Turkey  
Neslihan GÜLTEKİN, Celalettin GÖZÜAÇIK, Kenan KARA, Turgut ATAY

2378

### Biyoloji / Biology

#### Araştırma Makalesi / Research Article

Adaption of COBRA Method for The Investigation of Nutrition-Based DNA Methylation Mechanism in *Escherichia coli*  
Taha Yasin KOÇ, Medine GÜLLÜCE, Burak ALAYLAR, Mehmet KARADAYI

2383

#### Araştırma Makalesi / Research Article

Acute Toxicity (LC<sub>50</sub>) Of Cyhalofop Butyl on *Gambusia Holbrooki*  
Cyhalofop butyl in ' *Gambusia holbrooki* üzerindeki Akut toksisitesi (LC<sub>50</sub>)  
Utku GÜNER

2394

## Biyoloji / Biology

### Araştırma Makalesi / Research Article

New Locality Record of the Red-Bellied Lizard, *Darevskia parvula* (Lantz & Cyrén, 1913) s.l., from eastern Anatolia, Turkey  
Kamil CANDAN, Serkan GÜL, Yusuf KUMLUTAŞ, Elif YILDIRIM CAYNAK, Çetin ILGAZ

2400

### Araştırma Makalesi / Research Article

Su ile hazırlanan zeytin yaprağı özütünün ratlarda streptozotosin kaynaklı oksidatif stres ve lipit peroksidasyonu üzerine etkileri  
Effects of olive leaf extract prepared in water on streptozotocin-induced oxidative stress and lipid peroxidation in rats  
Fatma GÜR, Ahmet Gökhan AĞGÜL, Mine GÜLABOĞLU

2406

### Araştırma Makalesi / Research Article

Occurrence of *Ligula* sp. plerocercoids in *Ladigesocypris irideus* (Ladiges, 1960) from South-Western Turkey: new host and new locality records  
Somayeh DOOSTI, Fevzi YILMAZ

2416

### Araştırma Makalesi / Research Article

Karyotype Analysis of *Paronychia anatolica* subsp. *anatolica* (Caryophyllaceae, Paronychioideae)  
Halil Erhan EROĞLU, Ümit BUDAK

2424

## Çevre Mühendisliği / Environmental Engineering

### Araştırma Makalesi / Research Article

Water Quality in Marmara Sea  
Esin BOZKURT KOPUZ, Gökberk KARA

2431

## Elektrik Elektronik Mühendisliği / Electrical Electronic Engineering

### Araştırma Makalesi / Research Article

İki Ayaklı Yürüme Hareketinin Merkezi Örtüntü Üreteci (CPG) İle Gerçekleştirilmesi  
Implementation of Biped Locomotion Movement with Central Pattern Generator (CPG)  
Cafer BAL, Gökçe YILDIRIM

2438

### Araştırma Makalesi / Research Article

Performance Analysis of SMDO Method with Benchmark Functions with Matlab Toolbox  
Mehmet AKPAMUKÇU, Abdullah ATEŞ, Barış Baykant ALAGÖZ

2451

### Araştırma Makalesi / Research Article

Electric Drive Vehicle Model and Simulation with MATLAB  
Burak URAZEL, Kemal KESKİN

2461

### Araştırma Makalesi / Research Article

Destek Vektör Makineleri Kullanarak Uyku Seslerinin Çoklu Sınıflandırılması  
Multi Classification of Sleep Sounds using Support Vector Machines  
Erkin KILIÇ, Aykut ERDAMAR

2474

### Araştırma Makalesi / Research Article

Genetik Algoritmalar Kullanılarak Transformatörde Kademe Ayarı ile Enerji Verimliliği İyileştirme  
Energy Efficiency Improvement by Tap Adjustment in Transformer Using Genetic Algorithms  
Talha Enes GÜMÜŞ, Cüneyt SARIGÜZEL, Mustafa TURAN, Mehmet Ali YALÇIN

2486

### Araştırma Makalesi / Research Article

Fotovoltaik Güneş Paneli Sistemlerinde Maksimum Güç Noktası İzleyicisinin Verime Etkisi  
The Effect of Maximum Power Point Tracking on Efficiency in Photovoltaic Solar Panel Systems  
Ufuk BADAĞ, Ali Bekir YILDIZ

2496

## Endüstri Mühendisliği / Industrial Engineering

Evaluation of Logistics 4.0 Potentials Based On Transportation Safety and Security for a Logistics Company  
Bir Lojistik Şirketi İçin Taşımacılık Emniyeti ve Güvenliği Kapsamında Lojistik 4.0 Potansiyellerinin Değerlendirilmesi  
Elifcan GÖÇMEN

2508

### Araştırma Makalesi / Research Article

Stokastik Parametre Değerlerine Sahip Hiyerarşik Çinli Postacı Problemi ve Bir Uygulama  
Hierarchical Chinese Postman Problem with Stochastic Parameter Values and an Application  
Özlem ÇOMAKLI SÖKMEN, Mustafa YILMAZ

2520

## Fizik / Physics

### Araştırma Makalesi / Research Article

The effects of annealing temperature on optical properties of 2, 6-bis (3- (carbazol-9-yl) phenyl) pyridine films'  
Asim MANTARCI

2532

### Araştırma Makalesi / Research Article

Metamaterial based Flexible Coplanar Antenna Design and Simulation for Human Body Applications  
Gamze TETİK, Erkan TETİK

2541

### Araştırma Makalesi / Research Article

PVA-Bloedite [Na<sub>2</sub>X(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> (X= Ni, Mg)] Jel Elektrolitlerin Kapasitör Uygulamaları  
Capacitor Applications of PVA-Bloedite [Na<sub>2</sub>X(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> (X= Ni, Mg)] Gel Electrolytes  
Serkan DEMİREL

2551

### Araştırma Makalesi / Research Article

Dağıtılmış Alt Bragg Dielektrik Yansıtıcı Işık Yayan Diyot  
A quasi-cavity enhanced Light Emitting Diode  
Fahrettin SARCAN

2559

## Gıda Mühendisliği / Food Engineering

### Derleme Makalesi / Review Article

Geleneksel Kapak Ekmeği Üretimi  
Traditional Lid Bread Production  
Nuran ERDEM, Mustafa KARAKAYA

2565

### Araştırma Makalesi / Research Article

Determination of Antimicrobial and Antioxidant Activity of Some Spices Widely Consumed in Turkey  
Türkiye’de Yaygın Bir Şekilde Tüketilen Bazı Baharatların Antioksidan ve Antimikrobiyal Aktivitesinin Belirlenmesi  
Şenol KÖSE

2575

### Araştırma Makalesi / Research Article

Piyasada Osmancık Çeşit Adıyla Satılan Pirinçlerin Kalite Özelliklerinin Orijinal Osmancık Çeşidi ile Karşılaştırılması  
Comparison of the Quality Characteristics of Rices Sold in the Market under the Name of Osmancık Variety with the Original Osmancık Variety  
Mehmet Metin YAZMAN, Mehmet KÖTEN, Ayhan ATLI

2583

### Araştırma Makalesi / Research Article

Farklı Yaban Mersini Türlerinden Geleneksel Yöntemle Üretilen Sirkenin Bazı Kalite Özellikleri  
Some Quality Properties of Vinegar Produced by Traditional Method from Different Species of Blueberries  
Oktay TOMAR, Gökhan AKARCA, Ömer İSTEK

2595

### Araştırma Makalesi / Research Article

Portakal Kabuğunun Farklı Yöntemlerle Kurutulması ve Bazı Teknolojik Özelliklerinin İncelenmesi  
Drying of Orange Peel with Different Methods and Investigation of Its Some Technological Properties  
Gülce Bedis KAYNARCA, Buket AŞKIN

2604

### Araştırma Makalesi / Research Article

Influence of Some Dairy Powders on the Qualitative Parameters of Bread  
Mustafa Kürşat DEMİR, Nilgün ERTAŞ, Durmuş SERT

2618

### Araştırma Makalesi / Research Article

Sivas İlinde Üretilen Peskütan Yoğurdunun Mikrobiyolojik Kalitesinin Değerlendirilmesi  
Evaluation of Microbial Quality of Peskütan Yoghurt Produced in Sivas Province  
Emine DİNÇER

2626

### Araştırma Makalesi / Research Article

Kavut Ununun Besinsel Bileşimi ve Antioksidan Kapasitesinin Belirlenmesi  
Determination of Nutritional Composition and Antioxidant Capacity of Kavut Flour  
Yağmur ERİM KÖSE

2639

### Araştırma Makalesi / Research Article

Hünnap Meyvesinden Üretilen Marmelatların Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi  
Determination of Physical and Chemical Properties of Marmelats Produced From Hunnap (*Zizyphus Jujuba* Mill.) Fruit  
Benay KAPLAN, Zühal OKCU

2649



## İnşaat Mühendisliği / Civil Engineering

### Araştırma Makalesi / Research Article

Ardıl Baraj Yıkılmasının Mansapta Bulunan Elastik Yapı Üzerindeki Etkisinin Yapı-Sıvı Etkileşim Yöntemi ile İncelenmesi  
Investigation of the Effect of Sequential Dam-Break Problem on the Elastic Structure Located Downstream with a Fluid-Structure Interaction Method

Ali Ersin DİNÇER, Abdullah DEMİR

2659

### Araştırma Makalesi / Research Article

CCTV Kamera Verileri Kullanılarak Atıksu Sistemlerinde Meydana Gelen Arızaların ve Etkili Faktörlerin İncelenmesi  
Investigation of Faults and Effective Factors in Wastewater Systems Using CCTV Camera Data

Cansu ORHAN, Mahmut FIRAT

2668

### Araştırma Makalesi / Research Article

Kısmen Elastik Zemin Üzerindeki Kiriş Titreşiminin Yarı Analitik ve Nümerik Yöntemler ile İncelenmesi  
Semi Analytical and Numerical Investigation of Vibration of Beams Partially Supported by Elastic Foundation

Hakan ERDOĞAN, Safa BOZKURT COŞKUN

2679

### Araştırma Makalesi / Research Article

Çelik Yapılarda Kullanılan Birleşim Elemanlarının Yangın Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi  
Experimental Investigation of Fire Effect of Joint Elements Used in Steel Structures

Casim YAZICI, Abdulhadi KOŞATEPE

2692

### Araştırma Makalesi / Research Article

$V_p$  Hızıyla Elde Edilen Birim Hacim Ağırlık Değerinin Katsayı Atanarak Belirlenmesi  
Determination of Unit Volume Weight Value Obtained by  $V_p$  Speed by Assigning Coefficient

Beste KOÇAK DİNÇ, Sepanta NAIMİ

2704

## Kimya / Chemistry, Kimya Mühendisliği / Chemical Engineering

### Derleme Makalesi / Review Article

Yeni Tip Sülfonlanmış Poliimid Membranlı Yakıt Hücreleri ve Uygulamaları  
New Type Sulfonated Polyimide Membrane Fuel Cells and Applications

Ashlhan Aycan TANRIVERDİ, Ümit YILDIKO, İsmail ÇAKMAK

2714

### Araştırma Makalesi / Research Article

Manyetik  $Fe_3O_4$  Nanopartiküllerinin Siyanurik Klorür Yoluyla Poli ( $\epsilon$ -Kaproilakton)' a Bağlanması, Termal ve Manyetik Özelliklerinin İncelenmesi  
Linking Magnetic  $Fe_3O_4$  Nanoparticles to Poly ( $\epsilon$ -caprolactone) via Cyanuric Chloride, Investigation of Thermal and Magnetic Properties

Mustafa Ersin PEKDEMİR, Mehmet COŞKUN

2730

### Araştırma Makalesi / Research Article

Nitric Oxide Molecule as A Potential Target of Alternative Strategies for the Diagnosis of Subclinical Mastitis in Cows

Canan GULMEZ, Onur ATAKISI

2740

### Araştırma Makalesi / Research Article

Facile One-pot Synthesis of A Novel Propargyl-Azulene Hybrid Derivative: Cycloaddition Reaction and Some Spectroscopic Properties

Musa ERDOĞAN

2747

## Makina Mühendisliği / Mechanical Engineering

### Araştırma Makalesi / Research Article

SAE 4140 Çeliğin Tornalanmasında Kesme Parametrelerinin Ses Seviyesi ve Yüzey Pürüzlüğüne Etkileri: Parametrelerin Optimizasyonu  
Effects of Cutting Parameters on Volume Level and Surface Roughness of SAE 4140 Steel in Turning: Optimization of Parameters

Sirer ALBAYRAK, Faruk YEŞİLDAL, Cemalettin YILDIRIM

2759

### Araştırma Makalesi / Research Article

The Effect of Mechanical Vibration on Casting Properties of Grain Refined A356 Alloy

Abdulhadi KOŞATEPE, Ahmet KABİL

2770

### Araştırma Makalesi / Research Article

Malatya İli Trafik Kaynaklı Hava Kirlenmelerinin Emisyon Envanteri  
Emission Inventory of Air Pollutants Based on Traffic in Malatya Province

Rasim BEHÇET, Ahmet YAKIN

2783

## Makina Mühendisliği / Mechanical Engineering

### Araştırma Makalesi / Research Article

AISI 310 Kalite Östenitik Paslanmaz Sac Malzemenin Lazerle Kesilmesinde Kesme Parametrelerinin Kesim Kalitesine Etkisinin İncelenmesi

Investigation of the Effect of Cutting Parameters on Cutting Quality in Laser Cutting of AISI 310 Quality Austenitic Stainless Steel Sheet Material

İbrahim CEBECİ, Barış ÖZLÜ, Halil DEMİR

2791

### Araştırma Makalesi / Research Article

Eriyik Yığıma Modellemesi ile Üretimde Takviyesiz ve Takviyeli PLA Kullanımının Mekanik Özelliklere Etkisinin Araştırılması

Investigation of the Effect of Using Unreinforced and Reinforced PLA in Production by Fused Deposition Modeling on Mechanical Properties

Mahir UZUN, Yusuf Eren ERDOĞDU

2800

### Araştırma Makalesi / Research Article

Kontrollü EGR Soğutma Sistem Tasarımının NOx ve BSFC Üzerine Etkisinin Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS) İle Modellenmesi ve Optimizasyonu

Modeling and Optimization of the Effect of Controlled EGR Cooling System Design on NOx and BSFC with Adaptive Neural Fuzzy Inference System (ANFIS)

Halil İbrahim AKOLAŞ, Alırza KALELİ

2809

### Araştırma Makalesi / Research Article

Kahramanmaraş İlinin Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli

Biogas Potential From Animal Waste Of Kahramanmaraş Province

Ömer Faruk AY, Ahmet KAYA

2822

### Araştırma Makalesi / Research Article

Hibrit Kompozit Yapılarda Nanokil İlavesinin Darbe Davranışına Etkisi

Effect of Nanoclay Addition on Impact Behavior on Hybrid Composite Structures

Ümran ESENDEMİR, Recep ŞİMŞEK, Mehmet Fahri SARAÇ

2831

### Araştırma Makalesi / Research Article

Investigation of the Effect of Cutting Parameters on the Surface Roughness Value in the Machining of AISI 4140 Steel with Taquchi Method

Oğur İYENEN, Abidin ŞAHİNOĞLU, Mustafa ÖZDEMİR, Volkan YILMAZ

2840

### Araştırma Makalesi / Research Article

Giyilebilir Hareket Sensörü Kullanılarak Dinamik Model ile Üst Uzuv Eklemleri Üzerine Etkiyen Kuvvetlerin ve Torkların Belirlenmesi

Determination of the Forces and Torques Acting on the Upper Limb Joints with Dynamic Model Using Wearable Motion Sensors

Mithat YANIKÖREN, Sezcan YILMAZ, Bilal USANMAZ, Selim TEZGEL, Mehmet YAZAR, Ömer GÜNDOĞDU

2850

## Matematik / Mathematics

### Araştırma Makalesi / Research Article

A Study over the Hyperbolic and Logarithmic Monomolecular, Logistic and Gompertz Growth Models

Mehmet KORKMAZ

2860

### Araştırma Makalesi / Research Article

Infinitesimal Paraholomorphically Projective Transformation On Cotangent Bundle With Riemannian Extension

Lokman BİLEN

2872

### Araştırma Makalesi / Research Article

On the Financial Situation Analysis with KNN and Naive Bayes Classification Algorithms

KNN ve Naive Bayes Sınıflandırma Algoritmaları ile Finansal Durum Analizi Üzerine

Oğuzcan ULUDAĞ, Arif GÜRSOY

2881

### Araştırma Makalesi / Research Article

Some Fixed Point Theorems in Partial Fuzzy Metric Spaces

Başak ALDEMİR, Elif GÜNER, Ebru AYDOĞDU, Halis AYGÜN

2889

### Araştırma Makalesi / Research Article

A Solution Approach for a Class of Parametric Linear Programming Problems

Mustafa SİVRİ, İnci ALBAYRAK, Kadriye ŞİMŞEK ALAN, Gizem TEMELCAN

2901

### Matematik / Mathematics

#### Araştırma Makalesi / Research Article

(1/G')-Expansion Method for Exact Solutions of (3+1)-Dimensional Jimbo-Miwa Equation  
(3 + 1) Boyutlu Jimbo-Miwa Denklemine Tam Çözümleri için (1/G')-Açılım Yöntemi  
Asif YOKUŞ, Hülya DURUR

2907

### Moleküler Biyoloji ve Genetik / Molecular Biology and Genetic

#### Araştırma Makalesi / Research Article

Pendimethalin ve Salisilik Asit Uygulamalarının *Carthamus tinctorius* L. cv. "Remzibey" Yağ Asidi Desatüraz Genlerinin Anlatımı Üzerine Etkisi  
The Effect of Pendimethaline and Salicylic Acid Applications on Expression of *Carthamus tinctorius* L. cv. "Remzibey" Fatty Acid Desaturase Genes  
Ekrem AKBULUT

2915

#### Araştırma Makalesi / Research Article

Valproik Asit'in Sıçanlarda Pentilentetrazol ile Oluşturulan Epileptik Nöbet Sonrası Hipokampus ve Kortekste Meydana Gelen DNA Hasarı ve Apoptozis Üzerine Etkisi  
The Effect of Valproic Acid on DNA Damage and Apoptosis After Pentylene-tetrazole-induced Epileptic Seizure Generated in the Hippocampus and Cortex in Rats  
Mahmut EKİCİ, Ahmet Şevki TAŞKIRAN

2924

#### Araştırma Makalesi / Research Article

Arpada Tuz Stresine Karşı Zingeronun Koruyucu Etkisi  
The Protective Effect of Zingeron Against Salt Stress in Barley  
Hüseyin BULUT

2932

#### Araştırma Makalesi / Research Article

Investigation of Anti-proliferative and Anti-migratory Properties of Recombinant J2-C2 Against Tumor Cells  
Mustafa SONGUR, Sema BİLGİN, Seçil ERDEN TAYHAN, İsa GÖKÇE

2943

#### Araştırma Makalesi / Research Article

Expression Patterns of Oxidative Stress-Related Genes of *Cucurbita pepo* and Relation to Cellular H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> under Short-Term Heavy Metal Stress  
Musa KAR

2952

### Orman Mühendisliği / Forestry Engineering

#### Araştırma Makalesi / Research Article

Kastamonu Aktarlarında Satılan Bazı Tıbbi Aromatik Bitkiler ve Kullanım Alanları  
Some Medicinal Aromatic Plants Sold by Kastamonu Herbalists and Usage Areas  
Seydi Ahmet KAVAKLI, Şahin Gürkan YAYLACI, Emin UĞURLU

2962

### Peyzaj Mimarlığı / Landscape Architecture

#### Araştırma Makalesi / Research Article

Resilience Planning and Urbanization Experience of Bayburt  
Defne DURSUN, Doğan DURSUN, Cansu GÜLLER

2975

### Tarım Ekonomisi / Agricultural Economy

#### Araştırma Makalesi / Research Article

Arpa Üretim İşleme ve Pazarlama Yapısının Değerlendirilmesi  
Evaluation of Barley Production Processing and Marketing Structure  
Rahmi TAŞCI, Zeki BAYRAMOĞLU

2988

#### Derleme Makalesi / Review Article

Türkiye'nin Biyoekonomi Politikalarının Tarımsal Açından Değerlendirilmesi  
The Evaluation of Turkey's Bioeconomic Policies from the Agricultural Point of View  
Hasan ARISOY, Yücel AVCI

2999

#### Araştırma Makalesi / Research Article

İğdir İli Sebze Üretim Verileri ve Ekonomik Önemi  
Vegetable Production Data and Its Economic Importance in İğdir Province  
Köksal KARADAŞ

3010

## Tarım Ekonomisi / Agricultural Economy

### Araştırma Makalesi / Research Article

Üreticilerin Tarımsal Üretim Amaçlarının Bulanık Eşli Karşılaştırma Yöntemi ile Analizi  
Analysis of Agricultural Production Objectives of Producers by Fuzzy Pair-wise Comparison Method  
Emine İKİKAT TÜMER, Avni BİRİNCİ

3020

### Araştırma Makalesi / Research Article

Tarım İşletmelerinde Sektörel İsteksizlik-Gelir İlişkisi: Yozgat İli Tarım İşletmeleri Örneği  
Correlation of Sectoral Reluctance with Operating Income in Farms: The Case of Farms of Yozgat Province  
Nizamettin ERBAŞ

3031

## Tarla Bitkileri / Field Crops

### Araştırma Makalesi / Research Article

Kışlık Yulaf (*Avena sativa* L.) İslah Materyalinde Biyolojik Verim ve Bazı Fizyolojik Özelliklerinin Belirlenmesi  
Determining of Biomass Yield and Some Physiological Traits of Winter Oat (*Avena sativa* L.) Breeding Material  
Ali Cevat SÖNMEZ

3042

### Araştırma Makalesi / Research Article

Pamukta Bazı Agronomik Uygulamaların Verim ve Lif Kalite Kriterleri Üzerine Etkileri  
Effects of Some Agronomic Applications on Yield and Fiber Quality Criteria in Cotton  
Emine KARADEMİR, Çetin KARADEMİR, Remzi EKİNCİ

3052

### Araştırma Makalesi / Research Article

Silaj Kalite Değerlerine Göre Sentetik Mısır Kaynak Materyalleri Geliştirme  
Improvement of Synthetic Maize Germplasm with Silage Quality Values  
Rahime CENGİZ, Ahmet DUMAN, Bülent CENGİZ, Niyazi AKARKEN, Mehmet Cavit SEZER

3064

### Araştırma Makalesi / Research Article

Hindiba ile Ak Üçgül veya Domuz Ayrığı Karışımlarının Silaj Kalitesinin Belirlenmesi  
Determination of Silage Quality of Mixtures of Chicory with White Clover and Orchard Grass  
Mehmet CAN, Zeki ACAR, İlknur AYAN, Erdem GÜLÜMSER, Hanife MUT

3076

### Araştırma Makalesi / Research Article

İkinci Ürün Tatlı Sorgum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] 'un Şanlıurfa Koşullarında Bazı Tarımsal ve Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi  
Determination of Some Agricultural and Technological Characteristics of Second Product Sweet Sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] in Şanlıurfa Conditions  
Cemile ADIYAMAN, Erdal ERBİL, Ayşegül EFENDİOĞLU ÇELİK, Halil HATİPOĞLU, Mine AKSOY, Mustafa ACAR, Mahmut DOK

3084

### Araştırma Makalesi / Research Article

Kinoada Yüksek Tohum Üretimi İçin Uygun Ekim Zamanı ve Çeşitlerin Belirlenmesi  
Determination of Suitable Sowing Date and Varieties for High Seed Production in Quinoa  
Süleyman TEMEL, Alemşah TUFUR ÖZTÜRK

3095

### Araştırma Makalesi / Research Article

Tuz Stresine Maruz Bırakılan Kanola (*Brassica napus* L.)'da Priming Uygulamalarının (Salisilik Asit ve Askorbik Asit) Çimlenme Üzerine Etkisi  
Effect of Priming Applications (Salicylic Acid and Ascorbic Acid) on Germination in Canola Under Salt Stress (*Brassica napus* L.)  
Münüre TANUR ERKOYUNCU, Mustafa YORGANCILAR

3109

**Bazı Badem Çeşitlerinin Adaptasyon Performansları Üzerine Yürütülen Çalışmaların Karşılaştırılması**Hasan DENİZHAN<sup>1\*</sup>, Ali İKİNCİ<sup>2</sup>, İzzet AÇAR<sup>2</sup>, Fırat Ege KARAAT<sup>3</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada, ülkemiz ve yurt dışında bazı badem çeşitleri üzerine yapılan adaptasyon denemeleri sonucu elde edilen veriler karşılaştırılarak çeşitlerin potansiyellerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada Ferragnes, Ferraduel, Lauranne, Tuono, Nonpareil, Texas ve Guara çeşitleri üzerine yapılan çalışmalarda, dikim sıklığı, ağaç yaşına göre verim değerleri ve bazı meyve özellikleri karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda Ferragnes, Ferraduel, Lauranne, Nonpareil ve Guara çeşitlerinin Türkiye koşullarına uyumlu olduğu, Texas çeşidinin kısmi uyum sağladığı ancak Tuono çeşidinin uyum sağlamadığı sonucuna varılmıştır. Ferragnes ve Lauranne çeşitlerinde en yüksek verimin GF 677 anacı üzerine, 6 × 6 m dikim aralığı ve 250 m<sup>3</sup> da<sup>-1</sup> kısıtlı sulama koşullarında yetiştiriciliğin yapıldığı İspanya'nın Lleida bölgesinden alındığı saptanmıştır. Ülkemizde badem çeşitlerinin performansları üzerine gerçekleştirilmiş olan çalışmalarda Kahramanmaraş ilinde Ferragnes ve Ferraduel, Gaziantep ilinde Guara ve Nonpareil, Manisa ilinde ise Texas çeşidinin daha iyi performans gösterdiği sonucuna varılmıştır. Çalışma sonucunda ülkemizde badem yetiştiriciliğinde tercih edilen Ferragnes ve Ferraduel çeşitlerine alternatif olarak Guara, Nonpareil ve Lauranne çeşitlerinin yetiştirilebileceği belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Adaptasyon, badem, çeşit, ekoloji, verim

**Comparison of Studies on Adaptation Performance of Some Almond Cultivars**

**ABSTRACT:** In this study, it was aimed to determine the potential of the cultivars by comparing the data obtained as a result of adaptation experiments conducted on some almond cultivars in Turkey and some countries. In the study were compared planting rows, yield amounts by tree age and some fruit characteristics in experiments conducted on Ferragnes, Ferraduel, Lauranne, Tuono, Nonpareil, Texas and Guara cultivars. In conclusion of the study, it was concluded in Turkey conditions that Ferragnes, Ferraduel, Lauranne, Nonpareil and Guara cultivars were compatible with, provides partial compliance of Texas cultivar however Tuono cultivar was not compatible. It was determined that the highest yield in Ferragnes and Lauranne cultivars was obtained from the Lleida region of Spain, where cultivation was carried out on GF 677 rootstocks with 6 × 6 m planting row and 250 m<sup>3</sup> da<sup>-1</sup> under deficit irrigation conditions. In the studies carried out on the performances of almond cultivars in Turkey, it was concluded better performed that Ferragnes and Ferraduel in Kahramanmaraş, Guara and Nonpareil in Gaziantep, and Texas in Manisa. As a result of the study, it was determined that Guara, Nonpareil and Lauranne cultivars can be grown as an alternative to Ferragnes and Ferraduel cultivars preferred in almond cultivation in Turkey.

**Keywords:** Adaptation, almond, cultivar, ecology, yield

<sup>1</sup> Hasan DENİZHAN (Orcid ID: 0000-0001-9352-3051), Sert Kabuklu Meyveler Araştırma Enstitüsü, Islah ve Genetik Bölümü, Adıyaman, Türkiye

<sup>2</sup> Ali İKİNCİ (Orcid ID: 0000-0001-8149-7095), İzzet AÇAR (Orcid ID: 0000-0002-0258-2927), Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye

<sup>3</sup> Fırat Ege KARAAT (Orcid ID: 0000-0002-4676-0721), Adıyaman Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Adıyaman, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Hasan DENİZHAN, e-mail: denizhan.hasan@tarimorman.gov.tr



## GİRİŞ

Badem (*Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb), sistematik sınıflandırmada *Rosaceae* familyasının *Prunus* cinsine dahil olup ana vatanı Orta ve Batı Asya'nın dağlık bölgeleridir. Badem, botanik açıdan sert çekirdekli bir meyve olup diğer *Prunus* türlerinden farklı olarak mezokarp olgunlaşma aşamasında kuruyup derimsi bir hal aldığı için 'sert kabuklu meyveler' sınıfına dahil edilmiştir. Dünyada 2018 yılında 3 209 878 ton badem üretimi yapılmış olup bu üretim içerisinde 1 872 500 ton ile Amerika Birleşik Devletleri ilk sırada, Türkiye 100 000 ton üretim ile beşinci sırada yer almıştır (Anonim, 2020).

Bitkisel üretimde yetiştirilen tür ve çeşit seçimi önem taşımaktadır. Yetiştiriciliğe konu olan farklı bitki türlerine ait çeşitlerin performanslarını etkileyen çevresel koşullar, bir bölge için çeşit seçiminde dikkat edilmesi gereken önemli faktörler olup sıcaklık ve sulama koşulları meyve yetiştiriciliğini en fazla sınırlandıran faktörlerdendir. Bu nedenle farklı ekolojik koşullarda, ekonomik anlamda yetiştiriciliği yapılabilecek türlere ait çeşitlerin performansına yönelik çalışmalar önem kazanmaktadır (Karaat, 2019).

### Dünyada yaygın olarak yetiştirilen bazı badem çeşitlerinin özellikleri

Fransa'nın INRA Avignon Enstitüsünde 1967 yılında Ferragnes ve Ferraduel çeşitleri piyasaya çıkarılmış ve bu çeşitler uzun yıllar piyasada yer almıştır (Grasselly ve Crossa-Raynaud, 1980).

**Ferragnes:** Geç çiçeklenen, yüksek verimli, iç randımanı %30-43 arasında değişen ve Türkiye'de en fazla yetiştiriciliği yapılan badem çeşididir.

**Ferraduel:** Ferragnes çeşidine benzer özelliklere sahip olup iç randımanı %25-28 arasındadır. Genellikle Ferragnes çeşidine tozlayıcı olarak kullanılmaktadır (Kester ve ark., 1991).

**Lauranne:** 1989 yılında piyasaya çıkan Fransız badem çeşididir. Ferragnes × Tuono melezi olarak ıslah edilen Lauranne çeşidi ağaçlarının verimi oldukça yüksek olup geç çiçeklenir ve kendine verimlidir.

**Guara:** İspanya'da genetik kaynaklar içerisinde elde edilen klon seleksiyonudur. İspanya'daki bahçelerin %40'ını bu çeşit oluşturmaktadır (Dicenta ve ark., 2015). Guara geç çiçeklenme, kendine verimliliği ve yüksek verimi ile ön plana çıkan çeşitlerden olup iç randımanı %30-35 arasındadır.

**Tuono:** Geç çiçeklenen, kendine verimli ve yüksek iç randımanı (%35-40) ile ıslah çalışmalarında en fazla kullanılan çeşitlerdendir.

**Nonpareil:** 1876 yılında Kaliforniya'daki bir araştırma parselinde en yüksek performansı gösterdiği için yetiştiriciliği yapılan şans çöğürüdür. Nonpareil kendine verimli olmayıp el ile kırılan meyve yapısına sahip olduğu için, kuş ve kemirgen zararına karşı hassastır. Ancak, düz ve pürüzsüz iç meyve, iyi meyve rengi ve taç yapısı, yüksek verimlilik ve pazar değeri ile özellikle ABD'de en fazla yetiştiriciliği yapılan çeşittir (Kester ve ark., 1991).

**Texas (Mission):** Geç çiçeklenen, yüksek verimli ve sert kabuklu Kaliforniya badem çeşididir (Kester ve ark., 1991).

### Badem çeşitleri üzerine yürütülen çalışmalar

Çalışma kapsamında ülkemiz ve yurt dışında yukarıda verilen badem çeşitleri üzerine yürütülen çalışmalar kıyaslanmıştır. Bu kapsamda ülkemizde Parlakçı (2008), Atlı ve ark. (2008), Atlı (2019) ve Acarsoy Bilgin (2020), İspanya'dan Miearnau ve ark. (2010) ve Alonso Sequera ve ark. (2016), İtalya'dan Barbera ve ark. (1994) ve Lovicu ve ark. (2001), Amerika Birleşik Devletleri'nden Lampinien ve ark. (2002), Portekiz'den Corderio ve ark. (2005), Fas'tan Oukabli ve ark. (2005), Fransa'dan Duval ve Grasselly (1994) ve Romanya'dan Corina ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmalardan elde edilen verim değerleri ile meyve özellikleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar ağaç yaşlarına göre yapılmış ve bahçe yetiştiricilik bilgileri ile birlikte yapılan bakım koşullarına göre değerlendirilmiştir. Yetiştiricilik

ile ilgili bilgiler (anaç, çeşit, dikim aralıkları vb.) Çizelge 1’de verilmiştir. Değerlendirmeler mevcut çalışmalarda bildirilen iklim, toprak, sulama ve gübreleme uygulamaları da dikkate alınarak yapılmıştır.

**Çizelge 1.** Farklı badem çeşitleri üzerine yürütülen çalışmalarla ilgili bazı teknik bilgiler

Ülke	Kaynak	Yer	Anaç	Çeşitler	Ağaç Yaşları	Dikim
Türkiye	Atlı ve ark. (2008)	Gaziantep	Badem yozu	Ferragnes, Ferraduel,	5-9	5 × 3 m
		Kahramanmaraş	Badem yozu	Nonpareil, Texas,	6-8	5 × 5 m
		Şanlıurfa	Badem yozu	Tuono	5-9	5 × 3 m
	Parlakçı (2008)	Şanlıurfa	Acı badem	Ferragnes, Ferraduel, Lauranne	4-5	-
	Atlı (2019)	Gaziantep	Acı badem	Ferragnes, Ferraduel, Guara, Nonpareil, Texas	7-8	5 × 3 m
	Acarsoy Bilgin (2020)	Manisa	-	Nonpareil, Texas	7	-
İspanya	Miarnau ve ark. (2010)	Lleida	GF-677	Ferragnes, Lauranne, Guara	3-7	6 × 6 m
	Alonso Sequera ve ark. (2016)	Zaragoza	GF-677	Guara	3-8 yaş kümülatif	7 × 6 m
İtalya	Lovicu ve ark. (2001)	Sardinya	GF-677	Ferragnes, Lauranne, Tuono	3-6 yaş ortalama	6 × 5 m
	Barbera ve ark. (1994)	Sicilya	Acı badem	Ferragnes, Tuono	4-6 yaş ortalama	6 × 5 m
ABD	Lampinien ve ark. (2002)	Kern	Nemaguard		3-7	7 × 6.7 m
		Butte	Lovell	Nonpareil, Texas	3-7	8 × 8 m
		San Joaquin	Nemaguard		3-7	7.5 × 7.2 m
Portekiz	Corderio ve ark. (2005)	Tras-os-Montes	GF-677	Ferragnes, Lauranne	4	6 × 4 m
Fas	Oukabli ve ark. (2005)	Ain Taoujdate	Marcona yozu	Lauranne, Guara	0-5 yaş ortalama	5 × 4 m
Fransa	Duval ve Grasselly (1994)	Nimes	Texas	Lauranne, Guara	5	6 × 5 m
Romanya	Corina ve ark. (2015)	Köstence	Acı badem	Ferragnes, Tuono	5-6 yaş ortalama	4 × 4 m

### Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması

Çalışma kapsamında; Türkiye (Kahramanmaraş, Gaziantep, Şanlıurfa, Manisa), İtalya (Sardinya, Sicilya), İspanya (Lleida, Zaragoza), Fransa (Nimes), Fas (Ain Taoujdate), Portekiz (Tras-os-Montes), Romanya (Köstence) ve ABD (Butte, Kern, San Joaquin)’de yapılan adaptasyon çalışmalarından alınan sonuçlar karşılaştırılmıştır.

### Lauranne çeşidi üzerine yürütülen çalışmalar

Lauranne çeşidi üzerine yapılan tüm çalışmalardan elde edilen verilere göre iç randımının %27.4-49.5, ikiz iç oranının %0-2.5 arasında olduğu saptanmıştır. En yüksek iç randıman Parlakçı (2008) tarafından %49.5, en düşük iç randıman Lovicu ve ark. (2001) tarafından %27.4 olarak kaydedilmiştir. En yüksek ikiz iç oranı Parlakçı (2008) tarafından %2.5 olarak bildirilmiştir. En yüksek 4 yaş kabuklu ve iç verim Miarnau ve ark. (2010) tarafından sırasıyla 18.38 kg ağaç<sup>-1</sup> ve 5.90 kg ağaç<sup>-1</sup>, en düşük 4 yaş kabuklu ve iç verim ise Corderio ve ark. (2005) tarafından sırasıyla 5.56 kg ağaç<sup>-1</sup> ve 1.66 kg ağaç<sup>-1</sup>

olarak rapor edilmiştir. Parlakçı (2008) ve Corderio ve ark. (2005) kabuklu verim değerleri birbirine oldukça yakın bulunmuş, ancak randıman farklılıkları nedeniyle iç verim farkı gözlemlenmiştir. En yüksek 5 yaş kabuklu ve iç verim Miarnau ve ark. (2010) tarafından sırasıyla 16.19 kg ağaç<sup>-1</sup> ve 5.20 kg ağaç<sup>-1</sup>, en düşük 5 yaş kabuklu ve iç verim ise Duval ve Grasselly (1994) tarafından sırasıyla 8.88 kg ağaç<sup>-1</sup> ve 2.42 kg ağaç<sup>-1</sup> olarak bildirilmiştir. En yüksek ortalama 3-6 yaş kabuklu ve iç verim Miarnau ve ark. (2010) tarafından sırasıyla 16.19 kg ağaç<sup>-1</sup> ve 5.20 kg ağaç<sup>-1</sup>, en düşük 3-6 yaş kabuklu ve iç verim ise Lovicu ve ark. (2001) tarafından 12.61 kg ağaç<sup>-1</sup> ve 4.20 kg ağaç<sup>-1</sup> olarak bildirilmiştir. En yüksek 0-5 yaş ortalama kabuklu ve iç verim Oukabli ve ark. (2005) tarafından sırasıyla 9.72 kg ağaç<sup>-1</sup> ve 2.80 kg ağaç<sup>-1</sup>, en düşük 0-5 yaş ortalama kabuklu ve iç verim Miarnau ve ark. (2010) tarafından 8.44 ve 2.71 kg ağaç<sup>-1</sup> olarak bildirilmiştir. Adaptasyon denemelerinden alınan sonuçlara göre, Lauranne çeşidinden en yüksek verim İspanya ve Fas'ta yapılan çalışmalarda elde edilirken, Türkiye, Fransa ve Portekiz'deki araştırma sonuçları birbirine yakın bulunmuş, en düşük verim ise İtalya'daki çalışmalarda tespit edilmiştir (Çizelge 2).

**Çizelge 2.** Lauranne çeşidinin farklı yaşlardaki verimi

Ağaç yaşı	Verim (kg ağaç <sup>-1</sup> )	Türkiye	İspanya	Portekiz	İtalya	Fas
		Parlakçı (2008)	Miarnau ve ark. (2010)	Corderio ve ark. (2005)	Lovicu ve ark. (2001)	Oukabli ve ark. (2005)
4 yaş	Kabuklu	5.07	18.38	5.56	-	-
	İç	2.50	5.90	1.66	-	-
5 yaş	Kabuklu	9.85	16.19	-	-	-
	İç	3.43	5.20	-	-	-
3-6 yaş ortalama	Kabuklu	-	16.19	-	12.61	-
	İç	-	5.20	-	4.20	-
0-5 yaş ortalama	Kabuklu	-	8.44	-	-	9.72
	İç	-	2.71	-	-	2.80

Parlakçı (2008) ve Oukabli ve ark. (2005), Lauranne çeşidinin meyve tutum oranının sırasıyla %22.4 ve %23.3 olduğunu bildirmiş, verilen değerler birbirlerine oldukça benzer bulunmuştur. Bu sonuçların Torre-Gros ve ark. (1993)'nin Lauranne çeşidi üzerine serbest ve elle tozlanma koşullarında yaptıkları çalışmalarında, serbest tozlanma koşullarında Lauranne çeşidinin meyve tutumu ile ilgili verdikleri oran ile oldukça benzer (%22) olduğu gözlemlenmiştir. Torre-Gros ve ark. (1993), Lauranne çeşidinin karşılıklı tozlanma veya elle tozlanma koşullarında meyve tutum oranının %33-45'e kadar yükseldiğini bildirmişlerdir.

### Guara çeşidi üzerine yürütülen çalışmalar

Yapılan çalışmalardan elde edilen verilere göre çeşidin iç randımanının %28.6-35.8, ikiz iç oranının ise %2-20 arasında olduğu saptanmıştır. İç randıman değeri en yüksek %35.8 ile Alonso Sequera ve ark. (2016) tarafından, en düşük %28.6 Oukabli ve ark. (2005) tarafından yapılan çalışmalardan elde edilmiştir. En yüksek ikiz iç oranlı meyve Duval ve Grasselly (1994) tarafından %20, en düşük ikiz iç oranlı meyve Oukabli ve ark. (2005) tarafından %2 olarak belirlenmiştir. Guara çeşidinin en yüksek 5 yaş kabuklu ve iç verimi Miarnau ve ark. (2010) tarafından sırasıyla 12.00 kg ağaç<sup>-1</sup> ve 3.90 kg ağaç<sup>-1</sup>, en düşük 5 yaş kabuklu ve iç verimi Duval ve Grasselly (1994) tarafından sırasıyla 7.66 kg ağaç<sup>-1</sup> ve 2.50 kg ağaç<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. En yüksek 7 yaş kabuklu ve iç verimi Miarnau ve ark. (2010) tarafından sırasıyla 18.09 kg ağaç<sup>-1</sup> ve 5.9 kg ağaç<sup>-1</sup>, en düşük 7 yaş kabuklu ve iç verimi Atlı (2019) tarafından sırasıyla 12.8 kg ağaç<sup>-1</sup> ve 4.36 kg ağaç<sup>-1</sup> olarak bildirilmiştir (Çizelge 3).

Dikimden itibaren 5 yıllık ortalama verim değerleri için Miarnau ve ark. (2010) ile Oukabli ve ark. (2005)'nin bulguları karşılaştırılmıştır. Her iki çalışmada elde edilen verim değerleri birbirine oldukça



yakın bulunmuştur. Miarnau ve ark. (2010), beş yıllık (3-7 yaş) kümülatif kabuklu ve iç verimi sırasıyla 63.8 kg ağaç<sup>-1</sup> ve 20.6 kg ağaç<sup>-1</sup> olduğunu bildirmişlerdir. Buna paralel olarak Alonso Sequera ve ark. (2016), altı yıllık (3-8 yaş arası) kümülatif olarak 66.4 kg ağaç<sup>-1</sup> kabuklu ve 23.8 kg ağaç<sup>-1</sup> iç verim alındığını bildirmişlerdir (Çizelge 3). Guara çeşidinin çalışma yapılan tüm bölgelerde adaptasyonunun iyi olduğu ve en yüksek verimin İspanya, Türkiye ve Fas'tan alındığı saptanmıştır.

**Çizelge 3.** Guara çeşidinin farklı yaşlardaki verimi

Ağaç yaşı	Verim (kg ağaç <sup>-1</sup> )	Türkiye	İspanya	Fransa	Fas	İspanya
		Atlı (2019)	Miarnau ve ark. (2010)	Duval ve Grasselly (1994)	Oukabli ve ark. (2005)	Alonso Sequera ve ark. (2016)
5 yaş	Kabuklu	-	12.00	7.66	-	-
	İç	-	3.90	2.50	-	-
7 yaş	Kabuklu	12.80	18.09	-	-	-
	İç	4.36	5.90	-	-	-
0-5 yaş ortalama	Kabuklu	-	5.50	-	5.59	-
	İç	-	1.79	-	1.60	-
3-7 yaş kümülatif	Kabuklu	-	63.80	-	-	-
	İç	-	20.60	-	-	-
3-8 yaş kümülatif	Kabuklu	-	-	-	-	66.40
	İç	-	-	-	-	23.80

### Ferragnes çeşidi üzerine yürütülen çalışmalar

Çalışmadan elde edilen verilere göre çeşidin iç randımanının %28.4-%40.5 arasında olduğu, ikiz iç oranının ise %0-3.3 arasında olduğu belirlenmiştir. Çeşidin en yüksek iç randımanı Lovicu ve ark. (2001) tarafından %40.5, en düşük iç randımanı ise Atlı ve ark. (2008) tarafından %28.4 olarak kaydedilmiştir. En yüksek ikiz iç oranı Atlı ve ark. (2008) tarafından %3.3 olarak kaydedilmiştir. En yüksek 4 yaş kabuklu ve iç verimi Miarnau ve ark. (2010) tarafından sırasıyla 15.72 kg ağaç<sup>-1</sup> ve 5.3 kg ağaç<sup>-1</sup>, daha sonra Corderio ve ark. (2005) tarafından sırasıyla 3.72 kg ağaç<sup>-1</sup> kabuklu ve 1.11 kg ağaç<sup>-1</sup> iç verim olarak bildirilmiştir. En yüksek 5 yaş kabuklu ve iç verim değerleri Miarnau ve ark. (2010) tarafından sırasıyla 16.32 kg ağaç<sup>-1</sup> ve 5.5 kg ağaç<sup>-1</sup>, en düşük 5 yaş kabuklu ve iç verim Atlı ve ark. (2008) tarafından sırasıyla 2.23 kg ağaç<sup>-1</sup> ve 0.69 kg ağaç<sup>-1</sup> olarak elde edilmiştir. En yüksek 7 yaş kabuklu ve iç verim değerleri Miarnau ve ark. (2010) tarafından sırasıyla 28.48 kg ağaç<sup>-1</sup> ve 9.6 kg ağaç<sup>-1</sup>, en düşük 7 yaş kabuklu ve iç verim Atlı ve ark. (2008) tarafından sırasıyla 5.52 kg ağaç<sup>-1</sup> ve 1.56 kg ağaç<sup>-1</sup> olarak elde edilmiştir. En yüksek 3-6 yaş ortalama kabuklu ve iç verim değerleri Miarnau ve ark. (2010) tarafından sırasıyla 12.45 kg ağaç<sup>-1</sup> ve 4.19 kg ağaç<sup>-1</sup>, en düşük 3-6 yaş ortalama kabuklu ve iç verim değerleri Lovicu ve ark. (2001) tarafından sırasıyla 8.14 kg ağaç<sup>-1</sup> ve 3.30 kg ağaç<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir. En yüksek 4-6 yaş ortalama kabuklu ve iç verim Miarnau ve ark. (2010) tarafından sırasıyla 14.62 kg ağaç<sup>-1</sup> ve 4.93 kg ağaç<sup>-1</sup>, en düşük 4-6 yaş ortalama verimi Barbera ve ark. (1994) tarafından sırasıyla 10.44 kg ağaç<sup>-1</sup> ve 3.31 kg ağaç<sup>-1</sup> olarak bildirilmiştir (Çizelge 4). Ferragnes çeşidinin en iyi adaptasyonu İspanya'nın Lleida şehrinde, Türkiye'de ise Kahramanmaraş ilinde gösterdiği sonucuna varılmıştır.

### Ferraduel çeşidi üzerine yürütülen çalışmalar

Ülkemizde Ferraduel çeşidi üzerine yürütülen çalışmalarda çeşit iç randımanının %23-32 arasında, ikiz iç oranının ise %0-1.7 arasında olduğu belirtilmiştir. En yüksek randıman Atlı (2019) tarafından Gaziantep ilinde yapılan çalışmada %32, en düşük randıman ise Atlı ve ark. (2008) tarafından Kahramanmaraş lokasyonundaki çalışmada %23 olarak kaydedilmiştir. En yüksek ikiz iç oranı Atlı (2019) tarafından Gaziantep ilinde yapılan çalışmada %4.5 olarak bildirilmiştir. Ferraduel çeşidinin 5

yaş verim değerleri için Atlı ve ark. (2008) tarafından farklı lokasyonlarda yapılan çalışmalar karşılaştırılmış ve Gaziantep ilinde, Şanlıurfa ilinden yaklaşık 2.8 kat daha fazla kabuklu ve iç verim alındığı saptanmıştır. Benzer şekilde, 7 yaş verim değerleri için de Atlı ve ark. (2008) ile Atlı (2019) tarafından bildirilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Atlı ve ark. (2008) ve Atlı (2019) tarafından rapor edilen 7 yaş verim değerleri oldukça yakın bulunmuş ve bu değerler sırasıyla 9.21-9.73 kg ağaç<sup>-1</sup> kabuklu ve 2.5-3.0 kg ağaç<sup>-1</sup> iç verim olarak gözlemlenmiştir. En yüksek 7 yaş veriminin 12.18 kg ağaç<sup>-1</sup> kabuklu ve 2.80 kg ağaç<sup>-1</sup> iç verimin alındığı Kahramanmaraş ilinden elde edildiği saptanmıştır. Çeşide ait 8 yaş verim değerleri için Atlı ve ark. (2008) ve Atlı (2019) tarafından yapılan çalışmalar karşılaştırılmıştır. Gaziantep ilinde yapılan farklı çalışmalardan elde edilen 8 yaş kabuklu ve iç verim değerleri sırasıyla 3.90-8.83 kg ağaç<sup>-1</sup> ve 1.01-2.84 kg ağaç<sup>-1</sup> aralığında olduğu belirlenmiştir. 8 yaşındaki en yüksek verim Kahramanmaraş ilinden alınmış olup yapılan farklı araştırmalarda üç ilden de birbirine yakın verim değerlerinin elde edildiği belirlenmiştir (Çizelge 5).

**Çizelge 4.** Ferragnes çeşidinin farklı yaşlardaki verimi

Ağaç yaşı	Verim (kg ağaç <sup>-1</sup> )	Türkiye				İspanya	İtalya	Portekiz	
		Atlı ve ark. (2008)		Atlı (2019)	Miarnau ve ark. (2010)	Barbera ve ark. (1994)	Lovicu ve ark. (2001)	Corderio ve ark. (2005)	
		K.Maraş	G.Antep	Ş.Urfa	G.Antep	Lleida	Sicilya	Sardinya	Tras-os.
4 yaş	Kabuklu	-	-	-	-	15.72	-	-	3.72
	İç	-	-	-	-	5.30	-	-	1.11
5 yaş	Kabuklu	-	6.53	2.23	-	16.32	-	-	-
	İç	-	2.03	0.69	-	5.50	-	-	-
7 yaş	Kabuklu	16.72	5.52	7.71	8.93	28.48	-	-	-
	İç	6.23	1.56	2.39	3.16	9.60	-	-	-
3-6 yaş ortalama	Kabuklu	-	-	-	-	12.45	-	8.14	-
	İç	-	-	-	-	4.19	-	3.30	-
4-6 yaş ortalama	Kabuklu	-	-	-	-	14.62	10.44	-	-
	İç	-	-	-	-	4.93	3.31	-	-

**Çizelge 5.** Ferraduel çeşidinin farklı yaşlardaki verimi

Ağaç yaşı	Verim (kg ağaç <sup>-1</sup> )	Türkiye			
		Atlı ve ark.(2008)		Atlı (2019)	
		Gaziantep	Şanlıurfa	K. Maraş	Gaziantep
5 yaş	Kabuklu	8.68	3.04	-	-
	İç	2.24	0.79	-	-
7 yaş	Kabuklu	9.21	-	12.18	9.73
	İç	2.50	-	2.80	3.01
8 yaş	Kabuklu	3.90	8.49	10.00	8.83
	İç	1.01	2.41	2.76	2.84

### Tuono çeşidi üzerine yürütülen çalışmalar

Ülkemizde Kahramanmaraş, Gaziantep ve Şanlıurfa illerinde Tuono çeşidi üzerine yapılan çalışmalardan elde edilen randıman değerlerinin yıllara göre %29.4-%44.2 aralığında, ikiz iç oranının ise %0-31.6 aralığında olduğu bildirilmiştir. En yüksek randıman Corina ve ark. (2015) tarafından %44.2, en düşük randıman ise Atlı ve ark. (2008) tarafından Şanlıurfa ilinde yapılan çalışmada %29.4 olarak bildirilmiştir. En yüksek ikiz iç oranı %31.6 Atlı ve ark. (2008) tarafından yapılan çalışmadan elde edilmiştir. Tuono çeşidi üzerine ülkemizin farklı illerinde yapılan çalışmalardaki 7 yaş verim

değerleri incelendiğinde, en yüksek kabuklu ve iç verimin sırasıyla 9.37 kg ağaç<sup>-1</sup> ve 2.81 kg ağaç<sup>-1</sup> Gaziantep ilinden, en düşük kabuklu ve iç verimin ise sırasıyla 2.00 kg ağaç<sup>-1</sup> ve 0.68 kg ağaç<sup>-1</sup> Kahramanmaraş ilinden alındığı tespit edilmiştir. Çeşide ait 8 yaş verim değerleri incelendiğinde en yüksek kabuklu ve iç verimin sırasıyla 7.32 kg ağaç<sup>-1</sup> ve 2.15 kg ağaç<sup>-1</sup> Şanlıurfa ilinden, en düşük kabuklu ve iç verimin ise 1.20 kg ağaç<sup>-1</sup> ve 0.45 kg ağaç<sup>-1</sup> ile Kahramanmaraş ilinden alındığı saptanmıştır. Tuono çeşidine ait 3-6 yaş ortalama verim değerlerinde ise en yüksek kabuklu ve iç verimin Lovicu ve ark. (2001) tarafından sırasıyla 14.36 kg ağaç<sup>-1</sup> ve 5.40 kg ağaç<sup>-1</sup>, en düşük Corina ve ark. (2015) tarafından sırasıyla 7.60 kg ağaç<sup>-1</sup> ve 3.35 kg ağaç<sup>-1</sup> alındığı saptanmıştır (Çizelge 6).

**Çizelge 6.** Farklı ağaç yaşlarında Tuono çeşidinin verimi

Ağaç yaşı	Verim (kg ağaç <sup>-1</sup> )	Türkiye			Romanya	İtalya	
		Atlı ve ark.(2008)			Corina ve ark. (2015)	Barbera ve ark. (1994)	Lovicu ve ark. (2001)
		G.Antep	Ş.Urfa	K.Maraş	Köstence	Sicilya	Sardinya
7 yaş	Kabuklu	9.37	-	2.00	-	-	-
	İç	2.81	-	0.68	-	-	-
8 yaş	Kabuklu	3.00	7.32	1.20	-	-	-
	İç	0.82	2.15	0.45	-	-	-
3-6 yaş	Kabuklu	-	-	-	7.60	9.35	14.36
	İç	-	-	-	3.35	3.04	5.40

Tüm yıllara ait sonuçlar değerlendirildiğinde, Tuono çeşidinin en iyi adaptasyonu orijini olan İtalya'da gösterdiği saptanmıştır. İtalya'nın Sardinya ve Sicilya bölgelerinin, Tuono çeşidi için en uygun bölgeler olduğu belirlenmiştir. Ülkemizde bu çeşitten istenilen sonuçların alınamadığı sonucuna varılmıştır. Türkiye'de Kahramanmaraş ve Şanlıurfa illerinden farklı ağaç yaşlarında iyi verim elde edilmişse de bu her yıl tutarlı olmamıştır. Gaziantep ve Şanlıurfa'da ikiz meyve gözlenmezken, Kahramanmaraş'ta %20'nin üzerinde ikiz meyve gözlemlenmiş olup İtalya'da yapılan çalışmalardan da benzer sonuçlar alınmıştır. Tuono çeşidi üzerine yapılan çalışmalarda bildirilen randıman göstergeleri arasında da büyük farklılıklar bulunmaktadır. Corina ve ark. (2015) tarafından Romanya'nın Köstence bölgesinde yapılan çalışmada %44.2 iç randıman alınırken, Atlı ve ark. (2008) tarafından Şanlıurfa ilinde yapılan araştırmada %29.9 iç randıman alınmıştır. Farklı çalışmalardan elde edilen bulgular incelendiğinde, bir çeşidin ikiz meyve oranı ve randıman değerlerinin çeşit genetik özelliklerinin yanı sıra, farklı bölgelerdeki ekolojik, yetiştirme ve döllenme koşullarına göre değiştiğini göstermektedir.

#### Nonpareil çeşidi üzerine yürütülen çalışmalar

Nonpareil çeşidi üzerine yapılan çalışmalarda iç randımanın %53-66, ikiz iç oranının ise %0-6 arasında olduğu tespit edilmiştir. En yüksek randıman Kahramanmaraş lokasyonundan Atlı ve ark. (2008) tarafından %66, en düşük randıman Gaziantep lokasyonundan Atlı ve ark. (2008) tarafından %53 olarak bildirilmiştir. En yüksek ikiz iç oranı Gaziantep lokasyonunda Atlı ve ark. (2008) tarafından %6 olarak bildirilmiştir. Nonpareil badem çeşidinin en yüksek 3 yaş iç verim değerleri Lampinien ve ark. (2002) tarafından Kern lokasyonunda 4.13 kg ağaç<sup>-1</sup>, en düşük ise San Joaquin lokasyonunda 0.69 kg olarak bildirilmiştir. En yüksek 4 yaş iç verim değerleri Lampinien ve ark. (2002) tarafından Kern lokasyonunda 12.83 kg ağaç<sup>-1</sup>, en düşük San Joaquin lokasyonunda 7.05 kg ağaç<sup>-1</sup> olarak rapor edilmiştir. En yüksek 5 yaş iç verim değerleri Lampinien ve ark. (2002) tarafından Kern lokasyonunda 10.38 kg ağaç<sup>-1</sup>, en düşük iç verim ise Atlı ve ark. (2008) tarafından Şanlıurfa lokasyonunda 1.59 kg ağaç<sup>-1</sup> olarak elde edilmiştir. En yüksek 6 yaş iç verimi Lampinien ve ark. (2002) tarafından Butte lokasyonunda 13.84

kg ağaç<sup>-1</sup>, en düşük iç verim ise Atlı ve ark. (2008) tarafından Şanlıurfa lokasyonunda 2.31 kg ağaç<sup>-1</sup> olarak rapor edilmiştir. En yüksek 7 yaş iç verim Lampinien ve ark. (2002) tarafından Butte lokasyonunda 12.50 kg ağaç<sup>-1</sup> olarak elde edilmiştir (Çizelge 7).

**Çizelge 7.** Nonpareil çeşidinin farklı yaşlardaki verimi

Ağaç yaşı	Verim (kg ağaç <sup>-1</sup> )	Türkiye				ABD			
		Atlı ve ark. (2008)		Acarsoy Bilgin (2020)	Atlı (2019)	Lampinien ve ark. (2002)			
		K.Maraş	G.Antep			Ş.Urfa	Manisa	G.Antep	Butte
3 yaş	İç	-	-	-	-	-	3.31	4.13	0.69
4 yaş	İç	-	-	-	-	-	10.12	12.83	7.05
5 yaş	Kabuklu	-	4.65	2.43	-	-	-	-	-
	İç	-	2.69	1.59	-	-	7.99	10.38	5.56
6 yaş	Kabuklu	3.50	-	-	-	-	-	-	-
	İç	2.31	-	-	-	-	13.84	13.53	13.64
7 yaş	Kabuklu	6.84	7.80	0.73	7.00	5.83	-	-	-
	İç	4.19	4.34	0.45	3.8	3.20	12.50	11.71	8.07

Tüm yıllara ait sonuçlar değerlendirildiğinde, Nonpareil çeşidinden en yüksek verimin orijini olan ABD'den alındığı saptanmıştır. ABD ve Türkiye'de yapılan çalışmalar karşılaştırıldığında, verim parametrelerinde büyük farklılıklar bulunmaktadır. Türkiye'de yapılan araştırmalardan, 7 yaşındaki iç verim değerleri ile ABD'deki 3 yaş verim değerleri yaklaşık olarak eşit bulunmuştur. Bu durumun muhtemelen bu çeşit için kullanılan tozlayıcı seçimi, anaç seçimi, çeşidin bölgeye olan adaptasyonu, bakım koşulları ve yetiştiricilik kültürünün yüksek olmasının bir sonucu olduğu düşünülmüştür.

### Texas çeşidi üzerine yürütülen çalışmalar

Texas çeşidi üzerine yürütülen çalışmalarda iç randımanın %36.9-54.5, ikiz iç oranının ise %1.7-14.0 aralığında olduğu saptanmıştır. En yüksek randıman %51.5 Şanlıurfa lokasyonundan, en düşük randıman ise %36.9 Gaziantep lokasyonunda Atlı ve ark. (2008) tarafından yapılan çalışmada bildirilmiştir. En yüksek ikiz iç oranı Acarsoy Bilgin (2020) tarafından %11, en düşük ikiz iç oranı ise Atlı ve ark. (2008) tarafından %1.7 olarak bildirilmiştir. En yüksek 3 yaş iç verim Lampinien ve ark. (2002) tarafından Kern lokasyonunda 7.15 kg ağaç<sup>-1</sup>, en düşük iç verim ise Lampinien ve ark. (2002) tarafından San Joaquin lokasyonunda 1.32 kg ağaç<sup>-1</sup> olarak rapor edilmiştir. En yüksek 4 yaş iç verim Lampinien ve ark. (2002) tarafından Kern lokasyonunda 10.30 kg ağaç<sup>-1</sup>, en düşük iç verim ise Lampinien ve ark. (2002) tarafından San Joaquin lokasyonunda 4.92 kg ağaç<sup>-1</sup> olarak elde edilmiştir. En yüksek 5 yaş iç verim Lampinien ve ark. (2002) tarafından Kern lokasyonunda 9.60 kg ağaç<sup>-1</sup>, en düşük iç verim ise Butte lokasyonunda 6.31 kg ağaç<sup>-1</sup> olarak kaydedilmiştir (Çizelge 8).

Texas çeşidine ait verim değerlerine bakıldığında, en iyi sonucun ABD'nin Kern bölgesinden alındığı belirlenmiştir. ABD ve Türkiye'de yapılan çalışmalardaki verim değerleri arasında büyük farklılıklar göze çarpmıştır. ABD'de, Türkiye'den tüm yıllarda en az 3-5 kat daha fazla iç verim alındığı belirlenmiştir. Bu durumun muhtemelen bu çeşit için kullanılan tozlayıcı seçimi, anaç seçimi, çeşidin bölgeye olan adaptasyonu, bakım koşulları ve yetiştiricilik kültürü gibi faktörlerden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

Çizelge 8. Farklı ağaç yaşlarında Texas çeşidinin verimi

Ağaç yaşı	Verim (kg ağaç <sup>-1</sup> )	Türkiye					ABD		
		Atlı ve ark. (2008)			Acarsoy Bilgin (2020)	Atlı (2019)	Lampinien ve ark. (2002)		
		K.Maraş	G.Antep	Ş.Urfa	Manisa	G.Antep	Butte	Kern	S.Joaquin
3 yaş	İç	-	-	-	-	-	2.71	7.15	1.32
4 yaş	İç	-	-	-	-	-	6.67	10.30	4.92
5 yaş	Kabuklu	-	3.72	1.14	-	-	-	-	-
	İç	-	1.46	0.44	-	-	6.31	9.60	8.07
6 yaş	İç	-	-	-	-	-	7.22	9.07	10.78
7 yaş	Kabuklu	8.20	7.80	0.64	12.00	6.53	-	-	-
	İç	3.69	4.34	0.32	5.30	2.64	11.46	12.08	12.12

## SONUÇ

Nonpareil çeşidi, çok ince kabuklu olmasının yanı sıra tozlanma sorunları nedeniyle ülkemiz koşullarında yaygınlaşamayan çeşitlerden birisidir. Nonpareil çeşidinin en iyi adaptasyon gösterdiği ülkenin ABD (Kaliforniya) olduğu görülmektedir. Ülkemizde Nonpareil çeşidi çoğunlukla acı badem anacı üzerine aşılansarak yetiştirilmektedir. Yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar incelendiğinde Nonpareil badem çeşidinden, ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen Ferragnes çeşidi ile benzer verim alınabileceği görülmektedir. Nonpareil çeşidinin ülkemizde yetiştiriciliği düşünüldüğünde, tozlayıcı ve anaç seçimi önemli bir kriter oluşturmaktadır. Ülkemizde yıllardan beridir Nonpareil çeşidine tozlayıcı olarak Texas çeşidi kullanılmaktadır. Ancak yapılan çalışmalarda Texas'ın çiçeklenme tarihlerinde sarkmalar olması nedeniyle Nonpareil için tozlayıcı çeşit olarak kullanılmaması (Atlı, 2019; Atlı ve ark., 2008), bunun yerine Carmel, Fritz, Peerless gibi aynı dönemde çiçeklenen çeşitlerin tozlayıcı olarak kullanılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Bunun dışında, adaptasyonu yapılarak eş zamanlı çiçeklendiği tespit edilen ve aralarında uyumsuzluk bulunmayan Avrupa çeşitleri de Nonpareil ile karşılıklı tozlayıcı olarak kullanılabilir. Ayrıca, bu çeşidin ülkemizdeki yetiştiriciliğini engelleyen en önemli iki neden olan don ve kuş zararını önleyecek veya en aza indirecek çalışmalar yapıldığı ve aynı zamanda çeşide uygun anaç seçimi ve bakım koşullarının yapılması halinde, ülkemizdeki yetiştiriciliğinde artış görülebilecektir.

Ferragnes çeşidinde en yüksek verim Kahramanmaraş (6-6.5 kg ağaç<sup>-1</sup>) ve Gaziantep (2.6 kg ağaç<sup>-1</sup>) illerinden alınmıştır. İspanya'da Lleida ve İtalya'da Sicilya bölgelerinin, Ferragnes için en ideal bölgeler olduğu görülmektedir. Ferragnes, ülkemizde en yaygın yetiştirilen badem çeşidi olma özelliğine sahiptir. Yapılan çalışmalar, bu çeşitten daha fazla verim alınabileceğini (İspanya'da 7 yaşındaki ağaçtan 9 kg iç verim) göstermektedir. Bu çeşit ile kurulacak bahçelerde Ferraduel'e ilave olarak, çiçeklenme zamanı benzer olan ve kendine verimli Lauranne çeşidi ile birlikte verim arttırılabilir. 1990 yılında Fransa'daki INRA Enstitüsü tarafından yapılan çalışmalar sonucunda, Lauranne çeşidinin, Ferragnes'ten daha verimli olduğu bildirilmiştir. Ülkemizde de günümüzde Lauranne çeşidi ile kurulu bahçeler artmaktadır.

Atlı (2019) tarafından yapılan adaptasyon denemesine göre Guara çeşidi, Gaziantep ilinde Ferragnes ve Ferraduel'den daha iyi sonuçlar vermiştir. Bu çeşit iç randımanı ve kendine verimlilik özellikleri ile ön plana çıksa da son yıllarda İspanya'da amaca yönelik olarak hastalık ve zararlılara dayanıklı ve daha verimli çeşitler ıslah edildiğinden Guara çeşidinin ilerleyen yıllarda ülkemizde yaygınlaşması olası görülmemektedir. Çeşitlerin farklı ülkelerdeki denemelerinden elde edilen iç



randımanı ve ikiz iç oranları arasında önemli farklılıklar görülmektedir. Guara çeşidinin ikiz iç oluşturma potansiyelinin yetiştiği ortam ve bakım koşulları ile doğrudan ilgili olduğu söylenebilir.

Ülkemizde badem üretimi hızla artmaktadır. Bu artış ile klonal anaçların tercih edildiği ve günümüz ıslah hedeflerine uygun meyve özelliklerine sahip olan, standart verim alınabilen, kalite değerleri yüksek badem çeşitleri ile yeni bahçelerin tesis edilmesi gerekmektedir. Ülkemiz badem üretiminin gelecek 5 yıl içerisinde hızlı bir şekilde artması beklenmektedir. Nitekim, meyve vermeyen yaşta ve verim çağına gelmemiş ağaç sayısı oldukça fazladır. Yeni kurulacak bahçelerde, bölgenin toprak ve iklim yapısına en uygun anaç ve çeşitler seçilmelidir. Bademde karşılıklı tozlanmanın maksimum düzeye çıkarılması için kendine verimlilik düzeyi yüksek olan çeşitler veya aynı zamanda çiçeklenen ve aralarında uyumsuzluk bulunmayan 2-3 verimli çeşit ile bahçe kurulması gerekmektedir. Bu çeşitler seçildikten sonra bakım, sulama, gübreleme, hastalık ve zararlı kontrolleri düzenli bir biçimde yapıldığı takdirde, yeni kurulacak bahçelerden alınacak verimin maksimum düzeye çıkması ve bunun da badem yetiştiriciliğinde dışa bağımlılığımızın azalmasına katkıda bulunup daha kısa sürede badem ihraç eden ülke konumuna gelmemizi sağlayabileceği öngörülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Anonim, 2020. Food and Agriculture Organization. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (Erişim Tarihi: 17.02.2020).
- Atlı HS, Çağlar S, Kaşka N, Rastgeldi U, Soylu MK, Aydın Y, Arpacı S, Açar İ, Akgün A, Bilim C, Ak BE, 2008. Yerli ve yabancı badem çeşitlerinin GAP bölgesi sulu koşullarında gelişme, meyveye yatma, verim ve bazı kalite değerlerinin belirlenmesi. Sonuç Raporu, Antepfıstığı Araştırma Enstitüsü Gaziantep.
- Atlı HS, 2019. Bazı badem çeşitlerinin fenolojik ve pomolojik özelliklerinin belirlenmesi. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 6 (2): 222-229.
- Bilgin NA, 2020. Manisa ili Demirci ilçesinde yetiştirilen badem çeşitlerinin performanslarının belirlenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 23 (1): 44-48.
- Barbera G, Di Marco L, La Mantia T, Schirra M, 1993. Effect of rootstock on productive and qualitative response of two almond varieties. In: I International Congress on Almond, G. Barbera (eds.), Agrigento, May 17-19, 1993, pp:129-134.
- Cordeiro V, Alves C, Vieira J, Barroso MR, 2005. Evaluation of almond cultivar adaptation in Trás-os-Montesregion (Portugal). In: XIII GREMPA Meeting on Almonds and Pistachios, M.M. Oliveira, V. Cordeiro (eds.), Mirandela, June 1-5, 2005, pp: 113-116.
- Corina G, Mădălina M, Melania DL, Alexandru O, Liliana M, 2015. Productivity of some almond varieties in Dobrogea. Fruit Growing Research, 31: 58-62.
- Dicenta F, Sánchez-Pérez R, Rubio M, Egea J, Batlle I, Miarnau X, Palasciano M, Lipari E, Confolent C, Martínez-Gómez P, Duval H, 2015. The origin of the self-compatible almond 'Guara'. Scientia Horticulturae, 197 (2015): 1-4.
- Duval H, and Grasselly C, 1993. Behaviour of some self-fertile almond selections in the southeast of France. In: I International Congress on Almond, G. Barbera (eds.), Agrigento, May 17-19, 1993, pp: 69-74.
- Graselly C, Crossa-Raynaud P, 1980. L'Amandier. G.P. Maisonneuve et Larose, XII, Paris, 1980, pp: 446.
- Karaat F, 2019. Adıyaman'da ova koşullarında yetiştirilen farklı badem çeşitlerinin bazı pomolojik ve fizyolojik özelliklerinin incelenmesi. Adıyaman Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Arazi Yönetimi Uygulama ve Araştırma Merkez Dergisi, 7 (2): 69-76.
- Kester DE, Gradziel TM, Grasselly C, 1991. Almonds (Prunus). Genetic resources of temperate fruit and nut crops, 290: 701-760.
- Lampinen BD, Gradziel TM, Yeager JT, Thorpe MA, Micke WC, Connell JH, Verdegaal PS, Viveros M, 2001. Regional almond variety trials for cultivar evaluation in California. In: III International Symposium on Pistachios and Almonds, I. Battle, I. Hormaza, M.T. Espiau (eds.), Zaragoza, May 20-24, 2001, pp: 457-464.

- Lovicu G, Pala M, Pau L, Satta D, Farci M, 2002. Bioagronomical behaviour of some almond varieties in Sardinia. In: III International Symposium on Pistachios and Almonds. R. Socias i Company, I. Batlle, I. Hormaza, M.T. Espiau (eds.), Zaragoza, May 20-24, 2002, pp: 487-491.
- Miarnau X, Alegre S, Vargas F, 2010. Productive potential of six almond cultivars under regulated deficit irrigation. In: XIV GREMPA Meeting on Pistachios and Almonds. Zakyntinos G. (eds.), Athens, March 31-April 4, 2010, pp: 267-271.
- Oukabli A, Mamouni A, Lahlou M, 2005. Behaviour of some self-compatible almond selections in the Mediterranean South seaside (Morocco). In: XIII GREMPA Meeting on Almond and Pistachios, M.M. Oliveira, V. Cordeiro (eds.), Mirandela, June 1-5, 2005, 63: 153-158.
- Parlakçı H., (2008). Yabancı kökenli değişik badem çeşitlerinin bazı pomolojik ve kimyasal özellikleri ile bitki besin maddesi kapsamlarının belirlenmesi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Segura JA, i Company RS, Kodad O, Carbó JE, Lahoz JA, Santolaria JE, 2016. Performance of the CITA almond releases and some elite breeding selections. In: XVI GREMPA Meeting on Almonds and Pistachios, Kodad O. López-Francos A, Rovira M, Socias i Company R. (eds.), Meknes, May 12-14, 2016, 119: 33-36.
- Torre-Gros JP, Vaissière B, Rodet G, Botella L, Cousin M, 1993. 1. Besoins en pollinisation de la variété d'amandier autocompatible Lauranne. *Apidologie*, Springer Verlag, 24 (4), pp: 443-445.

## Effect of Deficit Irrigation and Rootstocks on Fruit Weight During Post-Harvest Controlled Storage of Watermelon

Musa SEYMEN<sup>1\*</sup>, Duran YAVUZ<sup>2</sup>, Ertan Sait KURTAR<sup>1</sup>, Önder TÜRKMEN<sup>1</sup>, Sinan SÜHERİ<sup>2</sup>,  
Nurcan YAVUZ<sup>2</sup>

**ABSTRACT:** Grafted seedlings are used not only for protection from soil-borne diseases but also to increase tolerance to abiotic stress conditions, improve fruit quality and increase nutrient uptake in the soil. In this study, it was aimed to determine the effect of different watermelon rootstocks on weight loss of watermelon fruits, which were obtained at deficit irrigation levels and they were stored under controlled conditions for different periods. For this purpose, 2 citron watermelons, 1 open bottle gourd and 1 hybrid TZ-148 which is widely used for watermelon in Turkey were used as rootstock. The "Crimson Tide" commercial cultivar was grafted onto these rootstocks and non-grafted applications were used as control lots. 5 different irrigation levels were applied according to the plant pan coefficient such as  $kcp1 = 1.00$  ( $I_{100}$ ),  $kcp2 = 0.75$  ( $I_{75}$ ),  $kcp3 = 0.50$  ( $I_{50}$ ),  $kcp4 = 0.33$  ( $I_{33}$ ) and  $kcp5 = 0.00$  ( $I_0$ ) non-irrigated. According to the results, all watermelon rootstocks caused by less fruit weight loss compared to non-grafted applications and it has been demonstrated that using grafted rootstocks is an advantage in watermelons to be stored. On the other hand, TZ-148 commercial rootstock and citron melon 1 rootstock determined as the best rootstock in post-harvest storage. The  $I_{100}$  and  $I_{75}$  irrigation levels have approximately the same weight loss.

**Keywords:** Citron melon, deficit irrigation, watermelon storage, bottle gourd, TZ-148

<sup>1</sup> Musa SEYMEN (Orcid ID: 0000-0002-2742-137X), Ertan Sait Kurtar (Orcid ID: 0000-0002-7203-7430), Önder TÜRKMEN (Orcid ID: 0000-0003-3218-6551), Selcuk University, Horticulture Department of Agriculture Faculty, Konya, Turkey

<sup>2</sup> Duran YAVUZ<sup>2</sup> (Orcid ID: 0000-0001-2345-6789), Sinan SÜHERİ (Orcid ID: 0000-0002-6163-0706), Nurcan YAVUZ (Orcid ID: 0000-0003-1833-0668), Selcuk University, Irrigation Department of Agriculture Faculty, Konya, Turkey

\*Corresponding author: mseymen@selcuk.edu.tr



## INTRODUCTION

Watermelon is an essential vegetable of summer with its high amount of water. In addition to consuming watermelon as a fruit, it is also used in the juice industry, and its peels in pickles and jams. Consumption of 100 g of watermelon provides 30 kcal energy and contains approximately 92% water, 7.55% carbohydrate; 6.2% of them are sugar and 0.4% are fibers. It does not contain fat and cholesterol, so it is considered to be low-calorie fruits (Leskovar et al., 2004; Bruton et al., 2009). Besides, watermelon is a rich source of  $\beta$ -carotene and acts as an antioxidant and vitamin A precursor (Naz et al., 2014). On the other hand, besides being rich in minerals such as potassium and magnesium, it is also rich in B vitamins, especially B1 and B6 (Huh et al., 2008). Lycopene, which is found in rare vegetables such as watermelon, is a powerful oxygen radical scavenger and a high-effective antioxidant (Gerster, 1997).

Lycopene has been explained to have important effects against many types of cancer, especially the prostate (Giovannucci, 2002; Naz et al., 2014). On the other hand, citrulline and arginine amino acids (Perkins-Veazie et al., 2007), which are abundant in watermelon, are known to have important effects in cell anemia, immune function, wound healing and cardiovascular diseases (Tong and Barbul, 2004). Watermelon is an economically grown vegetable with a production of 118 413 465 tons in an area of 3 477 285 ha in the world. At present, China is the first producer with 79.5 million tonnes, and Turkey and Iran are the second countries with 4 million tons of production. Turkey is a highly potential country per unit area with an average of 42 tons/ha yield (FAO, 2017).

The most important problems that restrict watermelon growing are soil-borne pathogens. The most effective and sustainable method to counteract these pathogens is to determine the resistant rootstocks and to grafted fertile varieties onto these rootstocks (Yetişir and Sarı, 2003). Oda (2004) reported that cucumber (*Cucumis sativus* L.), pumpkin (*Cucurbita* spp.), watermelon (*Citrullus lanatus* Matsum et Nakai), gourd (*Lagenaria siceraria* Standl.), melon (*Cucumis melo* L.) and white gourd (*Benincasa hispida* Cogn.) used as a rootstock for watermelon cultivation. The use of grafted seedlings is used not only for protection from soil-borne diseases but also for tolerance to abiotic stress conditions, improving fruit quality and increasing nutrient uptake in the soil. Today, drought stress is the most troubling issue in watermelon growing areas. Drought is one of the most important abiotic stress factors that limit agriculture. In arid and semi-arid regions, approximately 70% of the clean water sources in people's use are managed in agriculture (Wisser et al., 2008). On the other hand, as a result of global climate change and the increasing human population, water scarcity is observed in agriculture and many other areas (Bacon, 2004; Pachauri et al., 2015). Therefore, it has become imperative to use water economically in agriculture (Yavuz et al., 2015).

Otherwise, preservation of fruits and vegetables after the harvest and extending the consumption periods is an important issue. To reduce these losses, it is imperative to determine the storage conditions. It is also known that the storage period in fruit and vegetables affects the general characteristics and growing conditions of the species and cultivars. In recent years, determining the shelf life of grafted watermelons and revealing the effects of rootstock-scion compatibility on preservation have been studied (Aras et al., 2015; Ozdemir et al., 2018). The effect of limited irrigation on the storage of watermelon was not mentioned sufficiently.

In the present study; "Crimson Tide" cultivar which was grafted onto 2 *Citrullus lanatus* var. *citroides* (citron melon at S3 level), 1 standard variety *Lagenaria siceraria* (bottle gourd) and 1 *Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata* (TZ-148) hybrid commercial rootstock was grown at deficit

irrigation levels. The effects of irrigation and rootstock applications on weight loss of watermelon fruits were examined during post-harvest controlled storage.

## MATERIALS AND METHODS

The study was carried out at the research area and the controlled storage room of the Selçuk University Faculty of Agriculture Horticulture Department. 2 citron watermelon (*Citrullus lanatus* var. *citroides*), 1 open-pollinated bottle gourd (*Lagenaria siceraria*), and TZ-148 hybrid cultivar (*Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata* hybrid) which is widely used rootstock in Turkey were examined as rootstock. Citron watermelon rootstocks were selected from our gene pool at the S3 stage. "Crimson Tide" commercial varieties were grafted on these four different rootstocks. In the research, 5 different grafting applications (4 different rootstocks and 1 non-grafted control group) and 5 different irrigation levels kcp1 = 1.00 (I<sub>100</sub>), kcp2 = 0.75 (I<sub>75</sub>), kcp3 = 0.50 (I<sub>50</sub>), kcp4 = 0.33 (I<sub>33</sub>) and kcp5 = 0.00 (I<sub>0</sub>) non-irrigated according to the plant pan coefficient were studied. The research was established according to the factorial experimental design and was established at three replicates and 20 plants for each replicate. Seedlings were planted in the experimental area in May 2018 and harvest started in August 2018. Three fruit harvested from each parcel are reserved for storage experiments. Care has been taken to avoid injury and any disease-pest effects on the fruits to be stored. After, a total of 225 fruits were weighed and numbered, and they were stored in  $+ 5 \pm 0.5$  ° C and  $70 \pm 5\%$  humidity. During storage, they were weighed 3 times, on the 10<sup>th</sup>, 20<sup>th</sup> and 30<sup>th</sup> days. With the results obtained, we tried to reveal the weight losses of the fruit in the 1 month.

The final weights of fruits were subtracted from the first weights and weight losses (%) were determined. Values are subjected to the JMP statistics program and important differences between applications are interpreted.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Average fruit weight (g)

As a result of the study, it was observed that different rootstock and irrigation levels had statistically significant effects on the average fruit weight (LSD<sub>0,05</sub>) (Table 1). The heaviest fruits were obtained from TZ-148 (6239 g) and gourd (5964 g) rootstocks and statistically separated from other applications. On the other hand, the heaviest fruits were obtained from I<sub>100</sub> (6791 gr) and I<sub>75</sub> (6930 gr) irrigation levels and they were included in the same group statistically. When the rootstock x irrigation level interaction is examined, the I<sub>100</sub> and I<sub>75</sub> levels of all rootstocks are in the same group, while the fruit weights of 50% irrigation levels of the gourd and TZ-148 rootstocks are also included in the best group. Özmen et al. (2015) reported that different rootstocks and irrigation levels had no effect on fruit weight, and fruit weight was between 3.98-5.84 kg. Different gourd rootstocks had positive effects on fruit weight and average fruit weight was between 4018-9087 g (Yetişir and Sarı, 2018). The negative effects of deficit irrigation applications on fruit weight have also been clarified by many studies (Şensoy et al., 2007; Yavuz et al., 2015; Yoosefzadeh Najafabadi et al., 2018).

### Fruit weight loss at 10 days

It was observed that different rootstocks and irrigation levels had statistically significant effects on fruit weight losses at the end of 10-day storage (Table 2). When the fruit weight losses are examined, the most weight loss was obtained from citron watermelon 1 (1.33%) and non-grafted (1.21%) control lot. In terms of irrigation levels, the most weight loss was observed in I<sub>33</sub> (1.02%) and I<sub>0</sub> (1.45%) levels. According to the rootstock x irrigation level interaction, control x I<sub>50</sub>, citron watermelon 1 x I<sub>0</sub> and citron watermelon 2 x I<sub>0</sub> were the most weight loss applications.

**Table 1.** The effects of different irrigation levels and rootstocks on fruit weight (g)

Rootstock/wat.deficit	I <sub>100</sub>	I <sub>75</sub>	I <sub>50</sub>	I <sub>33</sub>	I <sub>0</sub>	Average
Control	6537 <sup>a-d</sup>	6391 <sup>a-d</sup>	5668 <sup>d</sup>	5517 <sup>d</sup>	2230 <sup>g</sup>	5269 <sup>C</sup>
Citron watermelon 1	6391 <sup>a-d</sup>	7046 <sup>abc</sup>	6113 <sup>bcd</sup>	5882 <sup>cd</sup>	2473 <sup>fg</sup>	5581 <sup>BC</sup>
Citron watermelon 2	6286 <sup>a-d</sup>	6426 <sup>a-d</sup>	6106 <sup>bcd</sup>	5451 <sup>d</sup>	3773 <sup>e</sup>	5608 <sup>BC</sup>
Bottle gourd	7262 <sup>ab</sup>	7232 <sup>ab</sup>	6682 <sup>a-d</sup>	5664 <sup>d</sup>	2983 <sup>efg</sup>	5964 <sup>AB</sup>
TZ-148	7482 <sup>a</sup>	7553 <sup>a</sup>	6366 <sup>a-d</sup>	6124 <sup>bcd</sup>	3673 <sup>ef</sup>	6239 <sup>A</sup>
<b>Average</b>	6791 <sup>A</sup>	6930 <sup>A</sup>	6187 <sup>B</sup>	5727 <sup>B</sup>	3026 <sup>C</sup>	
LSD <sub>0.05</sub>	Rootstock: 568		Water deficit: 568		Rootstock/water deficit: 1272	

**Table 2.** The effects of different irrigation levels and rootstocks on fruit weight loss at 10 days (%)

Rootstock/wat.deficit	I <sub>100</sub>	I <sub>75</sub>	I <sub>50</sub>	I <sub>33</sub>	I <sub>0</sub>	Average
Control	1.30 <sup>bcd</sup>	0.98 <sup>def</sup>	1.78 <sup>a</sup>	1.08 <sup>b-f</sup>	0.91 <sup>def</sup>	1.21 <sup>AB</sup>
Citron watermelon 1	1.18 <sup>b-f</sup>	1.42 <sup>abc</sup>	1.21 <sup>b-f</sup>	1.02 <sup>c-f</sup>	1.82 <sup>a</sup>	1.33 <sup>A</sup>
Citron watermelon 2	0.94 <sup>def</sup>	0.94 <sup>def</sup>	0.88 <sup>ef</sup>	1.10 <sup>b-f</sup>	1.75 <sup>a</sup>	1.12 <sup>BC</sup>
Bottle gourd	1.08 <sup>bf</sup>	1.14 <sup>b-f</sup>	1.2 <sup>b-e</sup>	0.98 <sup>def</sup>	0.84 <sup>f</sup>	1.06 <sup>BC</sup>
TZ-148	0.84 <sup>f</sup>	0.84 <sup>f</sup>	0.85 <sup>ef</sup>	1.02 <sup>c-f</sup>	1.45 <sup>ab</sup>	1.00 <sup>C</sup>
<b>Average</b>	1.06 <sup>B</sup>	1.06 <sup>B</sup>	1.04 <sup>B</sup>	1.19 <sup>AB</sup>	1.35 <sup>A</sup>	
LSD <sub>0.05</sub>	Rootstock: 0.18		Water deficit: 0.18		Rootstock/water deficit: 0.40	

### Fruit weight loss at 20 days

The effects of different rootstock and irrigation levels on fruit weight losses at the end of 20<sup>th</sup> day storage are presented in Table 3. At the end of 20 days the minimum fruit weight loss occurred at TZ-148 rootstock with 1.45%. At irrigation levels the minimum fruit weight loss was obtained from the I<sub>100</sub> irrigation level with 1.52%. When the interaction of the applications is examined the minimum weight loss was obtained from all irrigation levels except for the I<sub>0</sub> application of TZ-148 rootstock.

**Table 3.** The effects of different irrigation levels and rootstocks on fruit weight loss at 20 days (%)

Rootstock/wat.deficit	I <sub>100</sub>	I <sub>75</sub>	I <sub>50</sub>	I <sub>33</sub>	I <sub>0</sub>	Average
Control	1.69 <sup>bcd</sup>	1.99 <sup>abc</sup>	2.43 <sup>a</sup>	1.74 <sup>bcd</sup>	2.19 <sup>ab</sup>	2.01 <sup>A</sup>
Citron watermelon 1	1.72 <sup>bcd</sup>	1.60 <sup>bcd</sup>	1.98 <sup>abc</sup>	1.68 <sup>bcd</sup>	1.91 <sup>a-d</sup>	1.78 <sup>AB</sup>
Citron watermelon 2	1.42 <sup>cd</sup>	1.43 <sup>cd</sup>	1.33 <sup>d</sup>	1.61 <sup>bcd</sup>	1.80 <sup>a-d</sup>	1.52 <sup>BC</sup>
Bottle gourd	1.37 <sup>cd</sup>	1.62 <sup>bcd</sup>	1.48 <sup>cd</sup>	1.52 <sup>cd</sup>	1.61 <sup>bcd</sup>	1.52 <sup>BC</sup>
TZ-148	1.40 <sup>cd</sup>	1.34 <sup>d</sup>	1.31 <sup>d</sup>	1.49 <sup>cd</sup>	1.72 <sup>bcd</sup>	1.45 <sup>C</sup>
<b>Average</b>	1.52 <sup>B</sup>	1.59 <sup>AB</sup>	1.71 <sup>AB</sup>	1.61 <sup>AB</sup>	1.85 <sup>A</sup>	
LSD <sub>0.05</sub>	Rootstock: 0.28		Water deficit: 0.28		Rootstock/water deficit: 0.64	

### Fruit weight loss at 30 days

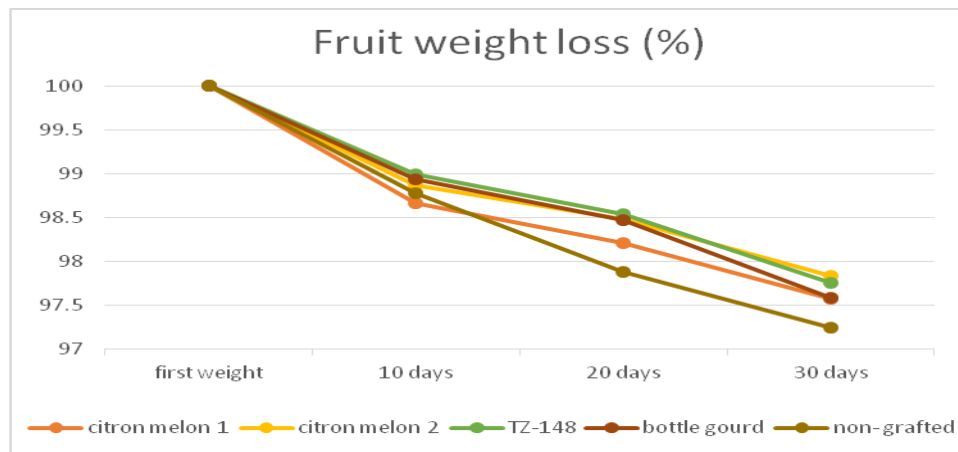
It was observed that different rootstock and irrigation levels had statistically significant effects on the final weights (30<sup>th</sup> day) of the watermelon fruits (Table 4). At the end of the 30<sup>th</sup> storage all rootstocks caused by less fruit weight loss compared to the non-grafted applications. I<sub>100</sub> (2.22%) and I<sub>75</sub> (2.23%) irrigation levels were determined as the least fruit loss levels.

Özdemir et al. (2018) reported that weight loss increased day by day in watermelon, but rootstocks had no effect on weight loss. Likewise, Aras et al. (2015) reported that rootstocks have no effect on fruit weight loss in the storage of crimson tide watermelon cultivars grafted onto different rootstocks under greenhouse conditions. Contrary to these findings, in our study, rootstocks have an important role in fruit weight loss in watermelon. It is possible to explain these different results by using different rootstocks and lower temperatures in the storage conditions.

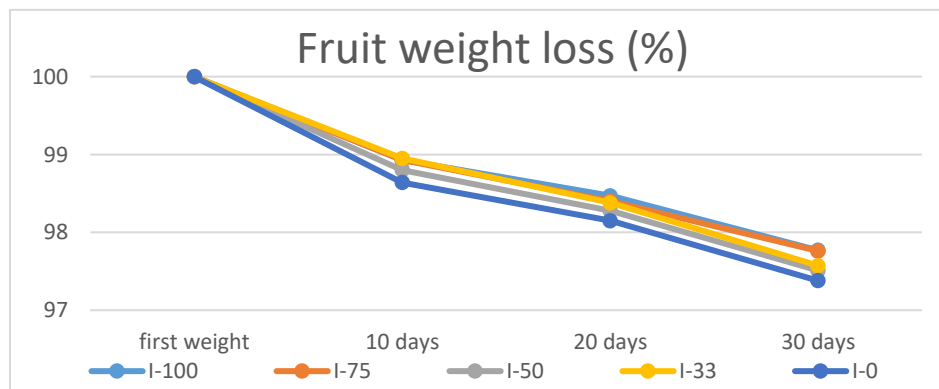
**Table 4.** The effects of different irrigation levels and rootstocks on fruit weight loss at 30 days (%)

Rootstock/wat.deficit	I <sub>100</sub>	I <sub>75</sub>	I <sub>50</sub>	I <sub>33</sub>	I <sub>0</sub>	Average
Control	2.44 <sup>e-h</sup>	2.98 <sup>a-d</sup>	2.80 <sup>a-e</sup>	2.35 <sup>c-h</sup>	3.19 <sup>ab</sup>	2.75 <sup>A</sup>
Citron watermelon 1	2.16 <sup>e-h</sup>	2.12 <sup>e-h</sup>	2.40 <sup>c-h</sup>	2.13 <sup>e-h</sup>	3.27 <sup>a</sup>	2.42 <sup>B</sup>
Citron watermelon 2	2.28 <sup>d-h</sup>	1.83 <sup>gh</sup>	1.98 <sup>fgh</sup>	2.47 <sup>b-g</sup>	2.25 <sup>d-h</sup>	2.16 <sup>B</sup>
Bottle gourd	2.07 <sup>e-h</sup>	2.26 <sup>d-h</sup>	3.09 <sup>abc</sup>	2.91 <sup>a-d</sup>	1.69 <sup>h</sup>	2.40 <sup>B</sup>
TZ-148	2.14 <sup>e-h</sup>	1.95 <sup>fgh</sup>	2.16 <sup>e-h</sup>	2.25 <sup>d-h</sup>	2.65 <sup>a-f</sup>	2.23 <sup>B</sup>
<b>Average</b>	2.22 <sup>B</sup>	2.23 <sup>B</sup>	2.42 <sup>AB</sup>	2.42 <sup>AB</sup>	2.61 <sup>A</sup>	
LSD <sub>0.05</sub>	Rootstock: 0.33		Water deficit: 0.33		Rootstock/water deficit: 0.74	

The effects of different irrigation levels and different watermelon rootstocks on the weight losses that occur in the fruit in 10-day intervals are evaluated with the figures (Figures 1 and 2). As seen in Figure 1, the effect of different watermelon rootstocks on fruit weight losses according to the non-grafted application, and all applications caused weight loss in the following days. The most weight loss occurred in non-grafted applications and all rootstocks had a positive effect on weight loss. TZ-148 and citron watermelon 2 were the least weight loss rootstocks. On the other hand, gourd and citron watermelon 1 showed approximately the same weight loss at the end of the 30<sup>th</sup> day.

**Figure 1.** The effect of different rootstocks on weight loss during the storage period in watermelon.

When Figure 2 is examined, it is seen that as the storage time increases, more weight loss occurs in applications with a high irrigation level. The most weight loss was determined in I<sub>0</sub> application. Considering the weight losses at the end of the 30<sup>th</sup> day, the I<sub>100</sub> and I<sub>75</sub> were the least fruit weight-loss applications and showed approximately the same effect. Similarly, I<sub>50</sub> and I<sub>33</sub> applications had approximately the same effect on fruit weight loss.

**Figure 2.** The effect of different irrigation levels on weight loss during the storage period in watermelon.

## CONCLUSION

The effect of different rootstocks and irrigation levels on the weight loss of watermelon fruits, which are preserved under controlled conditions has been determined. According to the results, at the end of the 30<sup>th</sup> day, all watermelon rootstocks caused by less fruit weight loss compared to non-grafted applications and it has been determined that it is an advantage to use grafted rootstocks in watermelons to be storage. Moreover, the TZ-148 commercial rootstock and citron watermelon 1 emerged as the best rootstocks for watermelon at the end of the storage period. Besides, citron watermelon 1 has been revealed to be a prominent rootstock for watermelon. As a result, as the irrigation level increases fruit weight loss increased during the storage period. As the most important result, approximately the same weight loss was observed in I<sub>100</sub> and I<sub>75</sub> irrigation levels. It is recommended in semi-arid areas, where the deficit level of I<sub>75</sub> in watermelon gives significant results.

## REFERENCES

- Aras V, Özdemir AE, Yetişir H, Çandır E, Güler Z, Aslan. ... & Ünlü M, 2015. Changes in quality parameters in varieties of 'Crimson Tide' grafted watermelons under exhibiting conditions. Horticulture Cultures Research Station. 9.
- Bacon MA, 2004. Water use efficiency in plant biology. Blackwell. pp. 1–26.
- Bruton BD, Fish WW, Roberts W, Popham TW, 2009. The influence of rootstock selection on fruit quality attributes of watermelon. Open Food Sci J. 3: 15-34.
- FAO, 2017. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Date of access: 13.12.2019.
- Gerster H, 1997. The potential role of lycopene for human health. J. Amer. College Nutr. 16: 109-126. <https://doi.org/10.1080/07315724.1997.10718661>
- Giovannucci E, 2002. A review of epidemiologic studies of tomatoes. lycopene. and prostate cancer. Exp. Biol. Med. (Maywood.) 227: 852-859.
- Huh YC, Solmaz I, Sari N, 2008. Morphological characterization of Korean and Turkish watermelon germplasm. In: Pitrat M (ed): *Cucurbitaceae* 2008. Proceedings of the IXth EUCARPIA meeting on genetics and breeding of Cucurbitaceae. Avignon (France). May 21-24th. 327-33.
- Leskovar DI, Bang H, Crosby KM, Maness N, Franco JA, Perkins-Veazie P, 2004. Lycopene. carbohydrates. ascorbic acid and yield components of diploid and triploid watermelon cultivars are affected by deficit irrigation. J Hortic Sci Biotechnol. 79: 75-81. <https://doi.org/10.1080/14620316.2004.11511739>
- Naz A, Butt MS, Sultan MT, Qayyum MMN, Niaz RS, 2014. Watermelon lycopene and allied health claims. EXCLI Journal. 13: 650.
- Oda M, 2004. Grafting of vegetable to improve greenhouse production. Bull. National.
- Özdemir AE, Çandır E, Yetişir H, Aras V, Arslan Ö, Baltaer Ö. ... & Ünlü M, 2018. Rootstocks Affected Postharvest Performance of Grafted 'Crisby' and 'Crimson Tide' Watermelon Cultivars. Journal of Agricultural Sciences. 24 (4): 453-462.
- Özmen S, Kanber R, Sarı N, Ünlü M, 2015. The effects of deficit irrigation on nitrogen consumption. yield. and quality in drip-irrigated grafted and ungrafted watermelon. Journal of Integrative Agriculture. 14 (5): 966-976. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60870-4](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60870-4)
- Pachauri RK, Meyer LA, Team CW, 2015. IPCC. 2014: climate change 2014: synthesis report. Contribution of working groups I. II and III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. J. Roman. Stud. Switz. 4: 85–88.

- Perkins-Veazie P, Collins JK, Clevidence B, Wu G, 2007. Watermelons and health. *Acta Horticulturae*: 731. 121.
- Sensoy S, Ertek A, Gedik I, Kucukyumuk C, 2007. Irrigation frequency and amount affect yield and quality of field-grown melon (*Cucumis melo* L.). *Agricultural Water Management*. 88: (1-3). 269-274. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2006.10.015>
- Tong BC, Barbul A, 2004. Cellular and physiological effects of arginine. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry*. 4: 823-832.
- Wisser D, Frolking S, Douglas EM, Fekete BM, Vörösmarty CJ, Schumann AH, 2008. Global irrigation water demand: variability and uncertainties arising from agricultural and climate data sets. *Geophys. Res. Lett.* 35: 1–5. <http://dx.doi.org/10.1029/2008GL035296>.
- Yavuz D, Seymen M, Yavuz N, Türkmen Ö, 2015. Effects of irrigation interval and quantity on the yield and quality of confectionary pumpkin grown under field conditions. *Agricultural Water Management*. 159: 290-298. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.06.025>
- Yetisir H, Sarı N. 2003. Effect of different rootstock on plant growth, yield and quality of watermelon. *Australian Journal of Exper. Agriculture*. 43: 1269-1274. <https://doi.org/10.1071/EA02095>
- Yetişir H, Sarı N, 2018. Fruit and Seed Yields of Watermelon [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. and Nakai] Grafted onto Different Bottle Gourd (*Lagenarai siceraria* Molina Standl.) Rootstocks. *Asian Journal of Research in Agriculture and Forestry*. 1-9. DOI: 10.9734/AJRAF/2018/41245
- Yoosefzadeh Najafabadi M, Soltani F, Noory H, Díaz-Pérez JC, 2018. Growth, yield and enzyme activity response of watermelon accessions exposed to irrigation water deficit. *International Journal of Vegetable Science*. 24 (4): 323-337. <https://doi.org/10.1080/19315260.2017.1419329>



**Granny Smith Elma Çeşidinin Depolama Performansı Üzerine Farklı 1-MCP Dozlarının Etkisi**Derya ERBAŞ<sup>1</sup>, Mehmet Ali KOYUNCU<sup>1\*</sup>

**ÖZET:** Çalışmada, farklı dozlardaki 1-Metilsiklopropan (1-MCP) uygulamalarının Granny Smith elma çeşidinin soğukta muhafaza ve raf ömrü süresince kalite değişimleri üzerine etkilerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla ticari derim döneminde toplanan elmalar, 3 farklı dozda 1-MCP (325 ppb, 475 ppb ve 625 ppb) uygulamasına tabi tutulmuştur. Bu dozların etkisini net olarak ortaya koymak için keşfinden bu yana ticari olarak kullanılan ve referans uygulama (RU) olarak adlandırılan 1-MCP (Smartfresh<sup>TM</sup>) dozu ile kontrol uygulaması denemeye dahil edilmiştir. Uygulamalardan sonra elmalar plastik kasalarda normal atmosferde  $0 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  ve % 90  $\pm 5$  oransal nem koşullarında 6 ay depolanmıştır. Raf ömrü çalışmaları için elmalar soğukta muhafazadan sonra 7 gün  $20^{\circ}\text{C}$ 'de % 60  $\pm 5$  oransal nem koşullarında bekletilmiştir. RU ve D3 uygulamaları ağırlık kaybının azaltılması, asitlik kaybının sınırlandırılması ve meyve eti sertliğinin korunmasında benzer sonuçlar vermiştir. Etilen üretiminin azaltılması ve solunum hızının baskılanmasında en etkili uygulamalar RU ve D3 uygulamaları olmuştur. Çalışmada tüm 1-MCP uygulamaları kontrole göre kalite kaybını sınırlandırmıştır. Tüm kalite parametreleri dikkate alındığında aynı dozu içeren D3 ve RU oldukça benzer sonuçlar ortaya çıkarmıştır. En iyi sonuçlar RU ve D3 uygulamalarından elde edilmiş ve bu uygulamalara tabi tutulan elmalar 6 ay+7 gün kaliteli olarak muhafaza edilmiştir. Diğer dozların uygulandığı meyveler 5 ay+7 ve kontrol uygulaması ise 4 ay+7 gün depolanabilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Elma, depolama, raf ömrü, kalite, 1-Metilsiklopropan

**Effect of Different Doses of 1-MCP on the Storage Performance of Apple cv. Granny Smith**

**ABSTRACT:** The aim of this study was to determine the effects of different 1-Methylcyclopropene (1-MCP) doses on the quality changes of apple cv. Granny Smith during cold storage and shelf life. Apples, harvested at commercial harvest stage, were treated with three different 1-MCP doses (325 ppb, 475 ppb and 625 ppb). Reference dose (RD) of 1-MCP (Smartfresh<sup>TM</sup>), used commercially since its discovery, and control treatments were also used in trials. After treatments, apples were packaged in plastic boxes and stored at  $0 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  and 90  $\pm 5$  % relative humidity (RH) for 6 months in normal atmosphere conditions. After cold storage, apples were kept at  $20^{\circ}\text{C}$  and 60  $\pm 5$  % RH during 7 days for shelf life studies. Similar results were obtained from D3 and RD treatments in terms of reducing weight loss, limiting acidity loss and maintaining flesh firmness. D3 and RD treatments were the most effective treatments for suppressing ethylene production and respiration rate of apples. All 1-MCP treatments retarded quality losses of apples compared to control group in both conditions. Reference dose and D3 gave similar and the best results according to all quality parameters. Apples treated with reference dose and D3 could be stored 6 months plus 7 days. Lower dose treated apples and control group could be stored 5 months +7 and 4 months +7 days, respectively.

**Keywords:** Apple, cold storage, shelf life, quality, 1-Methylcyclopropene

<sup>1</sup> Derya ERBAŞ (Orcid ID: 0000-0001-5675-3907), Mehmet Ali KOYUNCU (Orcid ID: 0000-0003-4449-6709), Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Isparta, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mehmet Ali KOYUNCU, e-mail: koyuncu.ma@gmail.com

Geliş tarihi / Received: 27-07-2020

Kabul tarihi / Accepted: 01-09-2020

## GİRİŞ

Elma, ülkemizde uzun yıllardan beri yetiştiriciliği yapılan ılıman iklim meyve türlerinden birisi olup, yetiştiriciliği ülkemizin neredeyse her bölgesinde yapılmaktadır (Koyuncu ve Eren, 2005). Türkiye dünya elma üretiminin (86.142.197 ton) % 4.21'ini (3.625.960 ton) tek başına karşılamaktadır (Anonim, 2020). Ülkemizde ağırlıklı olarak yetiştiriciliği yapılan elma çeşitleri Starking Delicious, Golden Delicious, Granny Smith ve Gala'dır. Bu çeşitlerin yanı sıra Pink Lady, Fuji ve Jeromine gibi çeşitlerin de yetiştiriciliği son zamanlarda hızla artmıştır (Batu ve Demirdöven, 2010; Kuzucu ve Aydın, 2014).

Klimakterik meyveler grubunda yer alan elma uzun depolama ömrüne sahip bir meyve türüdür. Ancak elmaların depolama süresinin, meyve eti sertliği, ağırlık kaybı, meyve asitliği, fizyolojik ve patojen kaynaklı bozukluklardan ileri gelen kayıplara göre belirlendiği bilinmektedir (Karaçalı, 2009). Bütün bu kayıpların ortamdaki etilen varlığı ile doğru orantılı olduğu ve etilen üretiminin bütün klimakterik meyvelerde olduğu gibi elmaların da olgunlaşmasında/yaşlanmasında en önemli faktör olduğu belirtilmiştir (Crouch, 2003).

Gaz halinde doğal bir bitki büyüme düzenleyicisi olan etilenin, klimakterik meyve türlerinde olgunlaşmayı hızlandırdığı ve olgunlaşma hızının ortamdaki etilen konsantrasyonu ile doğru orantılı olarak arttığı belirtilmiştir (Sakar ve ark., 2014). Bu yüzden etilenin etkilerinin kontrol edilmesi, bahçe ürünlerinde derim sonrası ömrünün uzatılmasında oldukça önemli olmaktadır. Etilenin olgunlaşma üzerine olan etkisinin kontrol edilmesinde, değişik uygulama ve yöntemler bulunmaktadır (Şen ve Türk, 2008). Ürünlerin etilen algılamasını geciktirmede ya da önlemede, ürünleri düşük sıcaklıklarda muhafaza etmek en çok kullanılan yöntemdir. Düşük sıcaklık uygulamalarının yanında derim sonrası 1-Methylcyclopropene (1-MCP) uygulaması da ürünlerin etilen algılamasını geciktirmede yaygın olarak kullanılmaktadır (Dongfang ve ark., 2003).

1-MCP, ticari olarak tanımlanması ilk olarak Sisler ve Blankeship tarafından yapılmış olup, pek çok meyve ve sebze türünde etilen bloke edici olarak kullanılan gaz formunda sentetik bir bitki gelişim düzenleyicidir (Blankeship ve Dole, 2003). 1-MCP'nin optimum koşullarda etilen reseptörlerine bağlanma oranı etilenden daha yüksektir. Etilen ile karşılaştırıldığında daha düşük konsantrasyonlarda 1-MCP'nin aktif olduğu görülmektedir (Sisler ve Serek, 1997). Etilen inhibitörü olan 1-MCP son yıllarda klimakterik meyve ve sebzelerde üzerinde en fazla çalışılan derim sonrası uygulamalardan biri olmuştur (Bayındır, 2011). 1-MCP'nin klimakterik ürünlerde etilen bloke edici özelliği sayesinde ürünlerin kalitesini ve raf ömrünü uzatmada etkili olduğu bildirilmiştir (Sakalıdaş ve ark., 2009; Sakar ve ark., 2014). Son yıllarda 1-MCP kullanımına yönelik çalışmalar yoğunluk kazanmış ve pratikte de oldukça yaygın kullanım alanı bulmuştur. Kayısı (Moradinezhad ve Jahani, 2019), armut (Kurubaş ve Erkan, 2018), erik (Erbaş ve Koyuncu, 2016), kavun (Sakalıdaş ve ark., 2009), şeftali (Huan ve ark., 2018) ve trabzonhurması (Wang ve ark., 2020) gibi meyvelerde 1-MCP'nin olumlu etkilerinin olduğu bildirilmiştir. Elmalarda da daha önce yürütülmüş çalışmalarda derim sonrası uygulanan 1-MCP'nin ağırlık kaybını azalttığı (Dongfang ve ark., 2003), meyve eti sertliğini ve asitliğini koruduğu (Huber ve ark., 2003), renk değişimini geciktirdiği ve solunum hızını azalttığı (Saftner ve ark., 2003) ve etilen üretimini baskıladığı (Fan ve ark., 1999) rapor edilmiştir. Ancak son yıllarda piyasaya farklı isimlerle sürülen 1-MCP içerikli maddelerin etkisi ile tür ve çeşitlere göre kullanılan dozlarla ilgili hala farklı görüşler ileri sürülmektedir. 1-MCP'nin keşfinden sonra uzun süre telif hakkı nedeni ile piyasada tek başına kullanım hakkı bulan Smartfresh<sup>TM</sup>'e alternatif ürünler çıktıkça yeni doz denemeleri de gündeme gelmiştir. Çünkü kullanılan ürünlerdeki etkili maddenin (1-MCP) saflığı ile ilgili endişeler oluşmaktadır. Bu durumda uzun süredir elmalar için kullanılan ve en etkili doz olduğu bilinen 625 ppb'lik uygulamanın yeni ürünler için referans alınarak yapılacak denemelere ihtiyaç duyulmaktadır.



Bütün bu bilgiler doğrultusunda çalışmanın amacı, 625 ppb (Smartfresh™)'lük uygulama referans olarak alınarak piyasaya yeni sürülen 1-MCP'nin farklı dozlarının derim sonrası Granny Smith elma çeşidinin depolanma süresi ve kalitesi üzerine etkilerini belirlemektir.

## MATERYAL VE METOT

### Bitkisel Materyal

Çalışmada bitkisel materyal olarak MM106 anacı üzerine aşılınmış 15 yaşlı Granny Smith (*Malus × domestica* Borkh) elma çeşidi kullanılmıştır. Meyveler, Isparta ili Aksu ilçesinde ticari olarak yetiştiricilik yapılan, sıra arası 5 m, sıra üzeri 2.5 m dikimi yapılmış, kültürel işlemleri (budama, sulama, gübreleme vb.) düzenli olarak yürütülen bir bahçeden 31.10.2019 tarihinde elle toplanmıştır. Derim tarihinin saptanmasında meyvelerin nişasta miktarı (Üstün, 2018) ve tam çiçeklenmeden sonra geçen gün sayısı (Şensoy ve Bostan, 2019) dikkate alınmıştır. Bahçede tozlayıcı çeşit olarak Golden Delicious kullanılmıştır.

### 1-MCP Uygulamaları

Derimden hemen sonra laboratuvara getirilen meyvelerden çeşide özgü zemin rengini almamış, mekanik zarara uğramış, herhangi bir fungal veya bakteriyel bulaşması olanlar seçilerek deneme dışı bırakılmıştır. Soğukta muhafazaya uygun meyveler, uygulamalar için 5 gruba ayrılmış ve plastik kasalara (365 × 528 × 310 mm) yerleştirilmiştir. Kasalar her uygulama için ayrı ayrı metal gaz sızdırmaz kabinlere (1 m<sup>3</sup>'lük hacimli) yerleştirilmiştir.

1. K (Kontrol): Hiçbir uygulama yapılmaksızın  $0 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta 24 h kabin içerisinde bekletilmiştir.
2. RU (Referans uygulama): Elmalara keşfinden günümüze kadar ticari olarak uygulanan 625 ppb'lik 1-MCP (Smartfresh™) dozu  $0 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 'de 24 h süreyle uygulanmıştır.
3. D1: Elmalara 325 ppb dozunda 1-MCP (% 3.3),  $0 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 'de 24 h süreyle uygulanmıştır.
4. D2: Elmalara 475 ppb dozunda 1-MCP (% 3.3),  $0 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 'de 24 h süreyle uygulanmıştır.
5. D3: Elmalara 625 ppb dozunda 1-MCP (% 3.3),  $0 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 'de 24 h süreyle uygulanmıştır.

Denemede RU ve D3'ün aynı doz (625 ppb) içermesinin nedeni piyasaya yeni sürülen 1-MCP ürünlerinin uzun yıllardan beri kullanılan ve etkinliği bilinen RU ile kıyaslanabilmesidir. Diğer dozlar (D1 ve D2) daha düşük seviyede seçilerek aynı etkiyi gösterip göstermeyeceği incelenmiştir.

Kabin içerisindeki havanın daha iyi karıştırılabilmesi için uygulama süresince (24 h) kabinlerin içerisinde küçük fanlar çalıştırılmıştır. Uygulama süresi ve sıcaklığı Yıldırım Kardeşin ve ark. (2012)'na göre seçilmiştir. Uygulama süresi sonunda havalandırılan kabinlerden alınan meyveler,  $0 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 'de % 90 ± 5 oransal nemde 6 ay boyunca normal atmosfer koşullarında (NA) muhafaza edilmiştir. Raf ömrü çalışmaları için meyveler soğukta muhafaza sonunda (her ay)  $20^{\circ}\text{C}$ 'de % 60 ± 5 oransal nem koşullarında 7 gün bekletilmiştir. Uygulamaların meyve kalitesi ve depolama süresi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla depolama başlangıcında ve aylık periyotlarla ağırlık kaybı, meyve eti sertliği, nişasta indeksi, suda çözünür kuru madde miktarı (SÇKM), titre edilebilir asitlik (TEA) miktarı, meyve kabuk rengi [ $L^*$ , kroma ( $C^*$ ) ve hue açısı ( $h^{\circ}$ )], etilen üretim miktarı ve solunum hızı ölçümleri ile duyu analizler (dış görünüş ve tat) yapılmıştır. Bütün analizler raf ömrü çalışmaları için tekrarlanmıştır.

### Ağırlık Kaybı ve Meyve Eti Sertliği

Ağırlık kaybının belirlenmesi için deneme başlangıcında her tekerrür için 10 adet meyve tartılarak etiketlenmiştir. Her ay soğukta muhafazadan alınan bu meyveler tek tek tartılarak ağırlık kayıpları belirlenmiş ve tekrar soğuk odalara yerleştirilmiştir. Raf ömrü çalışmalarında ise raf ömrü başlangıcında

tartılarak etiketlenen meyveler raf ömrü sonunda tekrar tartılarak ağırlık kayıpları hesaplanmıştır. Belirlenen ağırlık kayıpları % olarak hesaplanmıştır.

Meyve eti sertliği tekstür cihazı (Lloyd, LF-Plus) ile meyvenin ekvatorial bölgesinden yapılmıştır. 1 KN'luk load cell ile 100 mm dk<sup>-1</sup> değişmez hızda 11.1 mm çapındaki silindirik uç meyveye meyve kabuğu (1 cm<sup>2</sup>'lik alan) uzaklaştırılarak batırılmış (10 mm) ve elde edilen maksimum kuvvet Newton (N) cinsinden meyve eti sertliği olarak değerlendirilmiştir.

### SÇKM ve Titre Edilebilir Asitlik

SÇKM miktarını belirlemek amacı ile meyveler katı meyve sıkacağı yardımıyla sıkılmıştır. Elde edilen meyve suyunda SÇKM değeri digital refraktometre (Atago, Pal-1) ile % olarak belirlenmiştir. SÇKM analizleri için hazırlanan meyve suyundan mikropipet ile her tekerrür için 10 mL'lik meyve suyu 2 paralel olacak şekilde alınarak pH metre (WTW Inolab) ile pH 8.1 oluncaya kadar 0.1 N NaOH ile dijital büret yardımıyla titre edilmiştir. Sonuçlar harcanan baz üzerinden malik asit cinsinden hesaplanmış ve % olarak verilmiştir.

### Renk Özellikleri (L\*, kroma ve hue açısı )

Meyvelerin ekvator bölgesinden meyve kabuğunda meydana gelen renk değişimleri, renk cihazı (Minolta, CR 300) kullanılarak ölçülmüştür. Sonuçların değerlendirilmesinde Commission Internationale l'Eclairage (CIE) L\* ile a\* ve b\* değerlerine göre hesaplanan hue açısı (h°) ve kroma (C\*) değerleri kullanılmıştır (McGuire, 1992). Renk cihazı, ölçümlerden önce kalibrasyon plakası ile kalibre edilmiştir.

### Etilen Üretimi ve Solunum Hızı

Depolama boyunca aylık aralıklarla soğuk odadan çıkartılan meyveler 4 L'lik gaz sızdırmaz cam kavanozlara yaklaşık 750-800 g olacak şekilde tartılarak ağzı sıkıca kapatılmıştır. Meyveler oda koşullarında (20 ± 1°C) 1-1.5 s bekletilmiş ve bu süre sonunda kavanozlardan gaz kaçırmaz plastik şırınga ile 15-20 mL hava alınarak doğrudan gaz kromatografisine (Agilent, GC-6890N) enjekte edilmiştir (Jiang ve Joyce, 2002). Tek gaz örneğinde hem etilen üretim miktarı hem de solunum hızı tespit edilmiştir. Gaz kromatografisinden elde edilen sonuçlar hesaplanarak etilen üretim miktarı µL C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> ve solunum hızı mL CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> olarak verilmiştir.

### Nişasta İndeksi ve Duyusal Değerlendirme

Nişasta indeksi için elmalar ekvatorial bölgeden 2 eşit parçaya bölünmüş ve % 0.5'lik iyotlu potasyum iyodür (IKI) çözeltilisine 1 dk süre ile daldırılmıştır (Karaçalı, 2009). Daldırıldıktan sonra yaklaşık 5 dakika içerisinde nişasta içeren bölge koyu mavi renge boyanmış ve Blanpied ve Silsby (1992)'nin hazırlamış olduğu 1-10 aralığındaki skalaya göre (1: % 100 nişasta, 10: % 0 nişasta) değerlendirilmiştir.

Elmaların tat değerlendirmesi için 1-5 skalası (1 = çok kötü, 2 = kötü, 3 = orta, 4 = iyi, 5 = çok iyi) ve dış görünüş değerlendirmesi için 1-9 skalası (1-3 = pazarlanamaz, 5 = pazarlanabilir, 7 = iyi, 9 = çok iyi) kullanılmıştır. Değerlendirmeler flüoresan ışık altında ve kokusuz bir ortamda 7 kişilik panelist grubu tarafından ve her tekerrürde 10 adet meyve kullanılarak yapılmıştır (Erbaş ve ark., 2015).

Depolama boyunca elmalarda meydana gelen çürümelerin ve fizyolojik bozulmaların tespit edilmesinde her dönem soğuk odalardan ve raf ömrü sonunda oda koşullarından çıkartılan bütün meyveler dikkate alınarak belirlenmiş ve sonuçlar % olarak verilmiştir.

## İstatistiksel Değerlendirmeler

Deneme 4 tekerrürlü olarak tesadüf parselleri deneme desenine göre planlanmıştır. Çalışmadan elde edilen verilerin değerlendirilmesinde Minitab-16 paket programı kullanılarak varyans analizi (ANOVA) uygulanmış ve uygulamalar arasındaki farklılıklar Tukey çoklu karşılaştırma testi ( $p < 0.05$ ) uygulanarak belirlenmiştir.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Ağırlık Kaybı

Farklı dozlarda uygulanan 1-MCP'nin soğukta depolama ve raf ömrü süresince ağırlık kaybı (%) üzerine etkileri önemli olmuştur (Çizelge 1 ve 2). Soğukta muhafaza boyunca ağırlık kayıpları düzenli olarak artmıştır. Gerek RU gerekse 1-MCP'nin bütün dozları kontrol uygulamasına göre ağırlık kaybının azaltılmasında etkili olmuştur. Bu etki soğukta depolamada 4. aydan itibaren bariz olmaya başlarken, raf ömrü denemelerinde ilk ayda görünür olmaya başlamış ve depolama sonuna kadar sürmüştür. Ortalama veriler dikkate alındığında soğukta depolama sırasında, ağırlık kaybının azaltılmasında en etkili uygulama % 1.32'lik değerle D3 olmuş ve bunu oldukça yakın bir sonuçla (% 1.38) RU takip etmiştir. Benzer değişim raf ömrü sürecinde de görülmüş ve bu değerler sırasıyla % 2.52 (D3) ve % 2.59 (RU) olarak saptanmıştır. Her ne kadar ortalama değerler bakımından kontrol örneklerinde elmaların pazarlanmasında problem yaratmayacak oranda (% 1.95, % 3.54) sonuçlar elde edilse de, oda koşullarında 5. aydan sonra % 5'lik ağırlık kayıplarının (% 5.58) üzerine çıkılması önemlidir (Çizelge 2). Çünkü çeşide göre değişmekle beraber % 5'in üzerindeki ağırlık kayıpları elmada pazarlama sırasında fark edilebilir düzeyde buruşmalara neden olabilmektedir. Granny Smith çeşidi kabuk yapısı itibari ile buruşmanın en az gözlemlenebileceği çeşitler arasında sayılabilir. 1-MCP'nin kontrole göre depolama sırasında elmalarda ağırlık kayıplarını sınırlandırması önceki yıllarda yapılan çalışmalarda da rapor edilmiştir. Nitekim Yıldırım Karaşahin ve ark. (2012), Gago ve ark. (2015) ve Çalhan ve ark. (2016) 1-MCP uygulamalarının elmalarda hem soğukta depolama hem de raf ömrü çalışmalarında ağırlık kaybını bariz şekilde azalttığını bildirmişlerdir. 1-MCP'nin bu etkiyi elmalarda hem olgunlaşmayla ilişkili fizyolojik olayları hem de doğrudan meyvedeki doku sertliğini koruyarak etkili olduğu bilinmektedir. 1-MCP uygulaması elmalardaki etilen biyosentezi üzerinden solunumu baskılayarak su kaybını azaltmaktadır. Öte yandan bu uygulama olgunlaşma sürecinde meyve kabuğu ve etinde bulunan hücrelerin yapısını (bütünlüğünü) koruyarak ürün ile ortam arasındaki su buharı geçişini sınırlandırmaktadır. Nitekim 1-MCP'nin elmalarda etilen sentezi üzerinden solunum hızını baskılayarak ve doku bütünlüğünü koruyarak da meyve etinde meydana gelen yumuşamayı geciktirdiği rapor edilmiştir (Jung ve Watkins, 2011; Tatsuki ve ark., 2011; Bulens ve ark., 2012; Poyesh ve ark., 2017; Karagiannis ve ark., 2018).

### Meyve Eti Sertliği

Çizelge 1 ve 2'de farklı dozlardaki 1-MCP uygulamalarının soğukta depolama ve raf ömrü süresince elmaların meyve eti sertliği (N) üzerine olan etkileri gösterilmiştir. Uygulamalar, muhafaza süresi ve muhafaza süresi  $\times$  uygulama interaksyonunun etkisi istatistik olarak önemli ( $p < 0.05$ ) bulunmuştur. Uzayan muhafaza süresine paralel olarak tüm uygulamalarda meyve eti sertliği azalmıştır. Ancak kontrol uygulamasıyla diğer uygulamalar arasındaki farklılaşma hem soğukta hem de oda koşullarında denemenin ilk aylarında görülmeye başlanmıştır. Ağırlık kaybında olduğu gibi her iki ortamda da meyve eti sertliğinde en az değişim D3 uygulamasında olurken, bunu RU takip etmiştir. Yine ağırlık kaybına benzer şekilde en az meyve eti sertliği kontrol uygulamalarından elde edilmiştir. Bu

sonuçlar yukarıda yorumlandığı gibi ağırlık kaybı ile meyve eti sertliği arasındaki kuvvetli ilişkiyi ortaya koymaktadır. Yani beklendiği gibi meyve dokuları daha sert kalan elmalarda ağırlık kaybı da daha düşük seviyede olmuştur. En iyi sonuç D3 uygulamasından alınırken, azalan dozlarda (475 ppb ve 325 ppb), doz ile meyve sertliği değerleri arasında doğrusal bir ilişki saptanmamıştır. Dolayısıyla elmalar için oldukça önemli bir kalite kriteri olan meyve eti sertliğinin 625 ppb değerinden daha düşük dozlarda istendiği gibi korunamadığı söylenebilir. 1-MCP'nin meyve eti sertliği üzerine olumlu etkisinin daha çok hücre duvarı ve orta lamelin yapısını etkileyen enzimler üzerinden olduğu düşünülmektedir. Nitekim Both ve ark. (2018) elmalarda  $\beta$ -galaktosidaz ( $\beta$ -Gal),  $\alpha$ -L-arabinofuranosidaz ( $\alpha$ -L-Af) ve pektat liyaz gibi hücre duvarı yapısını etkileyen enzimlerin aktivitelerinin 1-MCP uygulamasıyla yavaşlatılarak meyve eti sertlik kaybının geciktirileceğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde Wei ve ark. (2010), elmalarda hücre duvarı yapısını etkileyen enzimlerin meyve yumuşamasında önemli bir rol oynadığını rapor etmişlerdir. Bu enzimlerden  $\beta$ -Gal ve  $\alpha$ -L-Af özellikle meyvede olgunlaşma ve yumuşama başladığında, elmanın depolanma süre ve kalitesi üzerine poligalakturonaz (PG) ve pektin metil esteraz (PME)'dan daha etkili olduğunu bildirmişlerdir. 1-MCP'nin meyve eti sertliği üzerine etkisiyle ilgili olarak önceki yıllarda elmalarda yürütülen çalışma (DeEll ve ark., 2002; Jung ve Watkins, 2011; Kuzucu ve Aydın, 2014; Weber ve ark., 2017; Kim ve ark., 2018) sonuçlarıyla araştırma bulgularımız büyük benzerlik göstermektedir.

#### Suda Çözünebilir Kuru Madde Miktarı

SÇKM değerleri tüm uygulamalarda soğukta depolama süresince genel olarak artış eğilimi göstermiştir. Bu artış raf ömrü sürecinde beklendiği gibi kısmen daha yüksek olmuştur. Bu durum oda koşullarında yüksek sıcaklığa bağlı olarak olgunlaşmanın hızlanması ve nişastanın suda çözünebilir şeker formuna dönüşümünün ivme kazanmasıyla açıklanabilir. Nitekim her iki koşulda da depolama süresinin etkisi istatistik olarak önemli bulunurken, uygulamaların etkisi sadece raf ömrü sürecinde önemli olmuştur (Çizelge 1 ve 2). Altı aylık depolama sonunda hem soğukta depolama hem de raf ömrü denemelerinde SÇKM değeri kontrol örneklerinde daha yüksek (% 12.43 ve % 13.10) bulunmuştur. Kontrol örneklerinde hem olgunlaşmanın hızlı hem de su kaybının yüksek olması (Çizelge 1 ve 2) bu sonuçları desteklemektedir. Aslında 1-MCP uygulanmamış örneklerde yüksek solunum hızına bağlı olarak SÇKM'nin kullanımı da söz konusudur. Zaten ortalama değerlerin (% 12.07 ve % 12.22) uygulama yapılan örneklere çok yakın olması ya da bazılarında kısmen düşük olması bu durumu doğrulamaktadır. Yani kontrol örneklerinde olgunlaşma ve su kaybına bağlı olarak oransal olarak yükselen SÇKM değerleri, diğer taraftan artan solunumla kullanılarak bir ölçüde dengelenmektedir. Bu durum önceki yıllarda yürütülen araştırma sonuçlarıyla uyum içerisindedir (Rupasinghe ve ark., 2005; Kuzucu ve Aydın, 2014; Çalhan ve ark., 2016). Çizelge 1 ve 2'de görüldüğü gibi depolama sonunda (6. ay) her iki ortamda da en düşük SÇKM değerleri RU ve D3 uygulamalarından elde edilmiş ve düşük dozlarda kısmen artmıştır. Aslında 1-MCP etilen üzerinden elmalarda olgunlaşmayı net bir şekilde etkilerken, soğukta depolama sırasında onun SÇKM üzerine etkisinin önemsiz çıkması SÇKM'nin diğer faktörlerden de (su kaybı ve solunum hızı) etkilenmesiyle açıklanabilir. Benzer şekilde Rupasinghe ve ark. (2000) ile DeEll ve ark. (2002) 1-MCP'nin elmalarda soğukta depolama sırasında olgunlaşmayı doğrudan geciktirdiğini ancak SÇKM üzerine etkisinin istatistik olarak önemsiz olduğunu kaydetmişlerdir.

**Çizelge 1.** Farklı 1-MCP dozlarının soğukta depolama boyunca Granny Smith elma çeşidinin ağırlık kaybı, meyve eti sertliği, suda çözümlü kuru madde miktarı, titre edilebilir asitlik miktarı, etilen üretim miktarı, solunum hızı ve meyve kabuk rengi (L\*, C\* ve h°) üzerine etkileri

MS (ay)	U	AK	MES	SÇKM	TEA	EÜM	SH	Meyve kabuk rengi		
								L*	C*	h°
0	-		96.51a	11.40c	0.64b-f	5.29c	5.39	62.50	48.65b-e	117.03
1	K	0.38mn	93.40ab	11.57bc	0.56h-m	76.51b	27.00	62.32	47.40e	116.89
	RU	0.35n	93.71ab	12.00a-c	0.60e-k	0.21c	18.86	62.17	47.02e	115.97
	D1	0.38mn	93.11ab	11.63bc	0.57g-m	0.31c	20.39	62.53	47.43e	116.43
	D2	0.44l-n	91.81a-c	12.60a-c	0.65b-f	0.36c	18.03	63.91	47.99b-e	116.96
	D3	0.33n	92.64a-c	11.60bc	0.67a-d	0.18c	16.15	63.10	47.38e	117.06
2	K	0.81j-m	82.03d-f	12.50a-c	0.56h-m	85.32ab	24.62	62.58	48.80b-e	116.31
	RU	0.77k-n	87.64a-e	12.47a-c	0.62d-h	0.35c	20.83	62.17	49.62a-e	116.58
	D1	0.77k-n	89.50a-d	11.67bc	0.59e-l	0.45c	21.87	63.01	48.66b-e	112.05
	D2	0.85j-l	86.62b-e	12.07a-c	0.61d-i	0.32c	19.78	64.70	49.02a-e	116.08
	D3	0.68l-n	94.14ab	12.67ab	0.65b-f	0.33c	17.4	63.97	48.93b-e	116.34
3	K	1.43g-1	71.13g-1	12.23a-c	0.64b-f	95.77a	25.11	61.97	46.91e	115.79
	RU	1.21-k	87.61a-e	12.07a-c	0.66a-e	0.18c	19.26	63.32	47.99b-e	116.70
	D1	1.37h1	86.30b-e	12.99a	0.58f-m	0.34c	20.93	63.85	47.51de	115.68
	D2	1.47g-1	87.68a-e	12.93a	0.59f-l	0.33c	20.42	63.79	48.38b-e	115.78
	D3	1.24j	89.38a-d	11.80a-c	0.60e-k	0.31c	17.96	65.09	47.73c-e	116.20
4	K	1.72f-h	68.45h1	11.90a-c	0.47n	78.72b	35.81	60.77	47.42e	113.90
	RU	1.45g-1	88.91a-d	12.23a-c	0.64b-f	0.27c	20.01	63.33	52.19a	115.37
	D1	1.62g-1	86.98b-e	12.20a-c	0.51mn	0.31c	22.68	63.28	50.94a-c	114.30
	D2	1.59g-1	87.51a-e	12.23a-c	0.60e-k	0.31c	25.35	62.53	51.11ab	114.47
	D3	1.44g-1	87.04b-e	12.77ab	0.53j-n	0.24c	24.28	64.79	50.71a-d	114.86
5	K	2.95b	66.69i	12.47a-c	0.54i-n	75.12b	32.44	63.39	47.54de	114.20
	RU	2.14d-f	86.57b-e	12.33a-c	0.62d-h	0.38c	22.43	64.44	48.20b-e	116.55
	D1	2.32c-e	84.05c-f	12.43a-c	0.52l-n	0.46c	25.16	63.76	47.72c-e	116.69
	D2	2.18de	79.73e-g	12.33a-c	0.59e-l	0.49c	26.08	62.92	47.93b-e	115.60
	D3	1.87e-g	86.91b-e	12.57a-c	0.61d-i	0.40c	23.11	64.85	48.05b-e	116.53
6	K	4.42a	63.88i	12.43a-c	0.52l-n	75.73b	31.15	61.20	47.02e	114.12
	RU	2.36cd	84.44c-f	12.33a-c	0.61d-i	0.37c	20.81	63.88	47.53de	117.57
	D1	3.00b	76.69f-h	12.40a-c	0.53i-m	0.54c	24.48	62.12	47.07e	115.03
	D2	2.64bc	75.88f-h	12.37a-c	0.54i-m	0.56c	24.83	60.82	47.89b-e	114.56
	D3	2.37cd	80.99d-f	12.33a-c	0.60e-k	0.43c	22.42	63.60	49.72a-e	115.80
U ort.	K	1.95a	77.44c	12.07	0.56c	70.35a	25.93a	62.10b	47.68b	115.46bc
	RU	1.38c	89.34ab	12.12	0.63a	1.01b	18.23b	63.12ab	48.74a	116.54a
	D1	1.58b	87.59ab	12.10	0.56c	1.10b	20.13b	63.01ab	48.28ab	115.32c
	D2	1.53b	86.53b	12.28	0.60b	1.09b	19.98b	63.02ab	48.71a	115.78a-c
	D3	1.32c	89.66a	12.16	0.61b	1.03b	18.10b	63.99a	48.74a	116.26ab
MS ort.	0	-	96.51a	11.40c	0.64a	5.29b	5.39c	62.50bc	48.65bc	117.03a
	1	0.38f	92.93b	11.88b	0.61b	15.51a	20.09b	62.81a-c	47.44d	116.66ab
	2	0.78e	87.99c	12.28ab	0.61b	17.35a	20.90b	63.29a-c	49.01b	115.47a-c
	3	1.34d	84.42d	12.40a	0.61b	19.39a	20.74b	63.60a	47.70cd	116.03a-c
	4	1.56c	83.78de	12.27ab	0.55c	15.97a	25.63a	62.94a-c	50.47a	114.58c
	5	2.29b	80.79e	12.43a	0.58c	15.37a	25.84a	63.87a	47.89cd	115.91a-c
	6	2.96a	76.37f	12.37a	0.56c	15.53a	24.74a	62.32c	47.85cd	115.42bc
P	MS	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	U	**	**	ÖD	**	**	**	**	**	*
	MS ×U	**	**	**	**	**	ÖD	ÖD	*	ÖD

AK: Ağırlık kaybı (%), MES: Meyve eti sertliği (N), SÇKM: Suda çözümlü kuru madde (%), TEA: Titre edilebilir asitlik (%), EÜM: Etilen üretim miktarı ( $\mu\text{L kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ ), SH: Solunum hızı ( $\text{mLCO}_2 \text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ ), C\*: Kroma, h°: Hue açısı, MS: Muhafaza süresi, U: Uygulamalar, Ort: Ortalamalar, ÖD: Önemli değil, \*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ . Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ( $p < 0.05$ ).



### **Titre Edilebilir Asitlik Miktarı**

Farklı 1-MCP dozlarının elmalarda depolama boyunca TEA miktarı üzerine etkileri önemli olmuştur (Çizelge 1 ve 2). Bütün uygulamalarda zamana bağlı olarak asitlik değerleri düzenli olarak azalmış, ancak RU ve D3 uygulamalarında değişim oldukça sınırlı kalmıştır. Depolama sonunda RU ve D3 uygulamalarında asitlik değerleri sırasıyla % 0.61 ve % 0.60 olurken, bunları azalan dozlara bağlı olarak D2 (% 0.54), D1 (% 0.53) ve kontrol (% 0.52) örnekleri izlemiştir. Raf ömrü sürecinde de uygulama dozları ile meyve asitlik değerleri arasında doğru orantılı bir ilişki gözlenmiş ve aynı sırayla bu değerler % 0.57 (RU), % 0.54 (D3), % 0.51 (D2), % 0.49 (D1) ve % 0.46 (K) olmuştur (Çizelge 2). Görüldüğü gibi meyve asitliğinin korunması bakımından en iyi sonucu RU ve D3 uygulamalarının vermesi 625 ppb'lik dozun en iyi seçenek olduğunu göstermekte olup, daha düşük dozlardan istenen sonuç alınamamıştır. Elmalarda tüketicinin aradığı temel kalite kriterlerinden birisi olan meyve asitliğinin korunmasında 1-MCP bariz şekilde etkili olmuştur. Bu olumlu etkinin yine solunum hızı üzerinden gerçekleştiği düşünülmektedir. 1-MCP ile azalan solunum hızına bağlı olarak meyvede daha az organik asit tüketilmiştir. Benzer şekilde 1-MCP uygulanmış elmalarda depolama süresince meyve asitliğinin kontrol örneklerine kıyasla daha iyi korunduğu rapor edilmiştir (Tatsuki ve ark., 2011; Karagiannis ve ark., 2018; Kim ve ark., 2018).

### **Etilen Üretimi ve Solunum Hızı**

Çizelge 1 ve 2'de görüldüğü gibi 1-MCP uygulamaları depolama boyunca meyvedeki etilen üretimini baskımlarken, solunum hızını da kontrole göre bariz bir şekilde yavaşlatmıştır. Hem uygulamaların hem de depolama süresinin bu değişimler üzerine etkisi önemli olmuştur (Çizelge 1 ve 2). Klimakterik meyvelerde derim sonrası dönemde metabolik aktivitenin takibinde meyve solunum hızı kullanılmaktadır. Elmanın da dahil olduğu bu meyve türlerinde solunum hızı, meyvenin içsel etilen üretimi ya da dışarıdan uygulanan etilenden doğrusal olarak etkilenmektedir (Türk ve ark., 2017). Her iki depolama koşulunda da meyve etilen üretimini ve solunum hızını 1-MCP uygulamaları dikkate değer oranda azaltmıştır. Önceki parametrelerde olduğu gibi RU ve D3 en iyi uygulamalar olmuş ve birbirlerine oldukça yakın değerler vermişlerdir. Bunları kontrole kıyasla oldukça iyi sonuçlar veren D2 ve D1 uygulamaları takip etmiştir. 1-MCP'nin elmalarda derim sonrası dönemde olgunlaşmayla ilgili fizyolojik olayları etilen üzerinden baskıladığı, kontrole göre yaklaşık 70 kat azalttığı etilen üretim miktarından anlaşılabilir (Çizelge 1 ve 2). Klimakterik meyvelerde olgunlaşmanın göstergesi olan solunum klimakteriği eğrisinin görünür bir şekilde oluşması için meyvede içsel etilen miktarının belirli bir seviyeye ulaşması gerekmektedir. Çizelge 2'de görüldüğü gibi 1-MCP uygulanmış elmalar oda koşuluna çıkartıldıktan 7 gün sonra etilen üretim hızı kontrol kadar olmasa da tekrar artmıştır. Bu durum artan ortam sıcaklığına bağlı olarak 1-MCP'nin etkinliğinin azaldığını göstermektedir. Nitekim Both ve ark. (2018) 1-MCP'nin soğuk koşullarda ve O<sub>2</sub>'nin düşük CO<sub>2</sub>'in yüksek olduğu kontrollü şartlarda etilen üretimi ve buna bağlı olarak solunum hızını daha iyi baskıladığını bildirmişlerdir. Ayrıca çalışmada, istenilen yönde değiştirilen gaz bileşimlerinden (düşük O<sub>2</sub>, yüksek CO<sub>2</sub>) faydalanılarak, 1-MCP uygulanmış elmaların normal atmosfere kıyasla kısmen yüksek sıcaklıklarda (0.5-1 °C) benzer kalitede depolanabileceğini rapor etmişlerdir. Öte yandan Bulens ve ark. (2012) özellikle geç derilmiş ve 1-MCP uygulanmış elmalarda, raf ömrü denemeleri için oda koşullarına kaldırıldıktan bir hafta sonra kontrol kadar olmasa da meyvelerin tekrar etilen üretim yeteneğini kazandıklarını belirtmişlerdir. Bu bulgu oda koşullarına aktardığımız meyvelerde etilen üretiminin tekrar arttığı sonucuyla örtüşmektedir.

**Çizelge 2.** Farklı 1-MCP dozlarının raf ömrü sürecinde Granny Smith elma çeşidinin ağırlık kaybı, meyve eti sertliği, suda çözünür kuru madde miktarı, titre edilebilir asitlik miktarı, etilen üretim miktarı, solunum hızı ve meyve kabuk rengi (L\*, C\* ve h°) üzerine etkileri

MS (ay+gün)	U	AK	MES	SÇKM	TEA	EÜM	SH	Meyve kabuk rengi		
								L*	C*	h°
0+7	K	1.05n	95.93a-d	11.80a-c	0.59c-f	72.22	56.80c-f	63.20a-c	47.17b-d	118.01
	RU	1.03n	103.05a	11.93a-c	0.58c-g	61.81	37.31f-h	62.84a-c	47.27b-d	118.25
	D1	0.90n	91.42a-g	12.27a-c	0.62cd	58.43	38.28e-h	63.77ab	44.59d	117.46
	D2	1.02n	95.57a-d	11.57bc	0.56c-ı	65.3	34.73gh	63.64ab	45.80cd	117.96
1+7	D3	0.99n	96.64ab	12.73a-c	0.63bc	65.12	33.84h	61.40bc	47.11b-d	119.06
	K	1.49k-n	85.55b-j	11.87a-c	0.55d-j	91.03	100.29a	64.80ab	46.47b-d	116.90
	RU	1.29mn	90.04b-h	11.43c	0.57c-h	26.87	44.55d-h	63.11a-c	47.05b-d	117.51
	D1	1.37l-n	92.05a-f	12.20a-c	0.56c-ı	95.68	56.58c-f	63.34a-c	47.34b-d	117.86
2+7	D2	1.37l-n	89.84b-h	11.60bc	0.56c-ı	55.10	47.15d-h	63.84ab	48.67a-c	118.00
	D3	1.30l-n	96.53a-c	12.03a-c	0.60c-e	53.60	45.76d-h	62.94a-c	47.63a-d	118.53
	K	2.44h-j	75.11j-n	11.63bc	0.53e-j	50.46	73.49bc	63.87ab	48.24a-c	115.28
	RU	2.16i-m	89.16b-ı	11.67bc	0.55d-j	29.38	45.98d-h	63.78ab	49.21a-c	117.42
3+7	D1	2.11j-m	94.08a-e	12.37a-c	0.56c-ı	30.09	42.32d-h	65.76ab	49.17a-c	116.62
	D2	2.20h-l	80.86f-l	12.13a-c	0.50g-j	14.01	47.01d-h	63.71ab	47.61a-d	116.23
	D3	2.07j-m	93.69a-e	12.24a-c	0.58c-g	19.67	46.01d-h	66.21ab	48.41a-c	115.90
	K	2.86g-j	69.10l-p	12.17a-c	0.46j	91.95	89.98ab	63.27a-c	47.42a-d	118.62
4+7	RU	2.38h-k	82.53e-k	12.10a-c	0.52e-j	66.45	55.07c-f	65.64ab	49.07a-c	112.75
	D1	2.64g-j	80.38f-l	12.37a-c	0.50f-j	60.97	51.15d-h	65.08ab	48.43a-c	116.04
	D2	2.72g-j	84.68c-j	12.10a-c	0.57c-h	69.29	58.80cd	63.79ab	49.01a-c	116.41
	D3	2.38h-k	87.31b-ı	12.73a-c	0.47ij	59.78	56.86c-f	64.65ab	49.49ab	113.80
5+7	K	3.47e-g	63.55n-p	12.23a-c	0.53e-j	29.78	90.64ab	62.68a-c	50.73a	111.04
	RU	2.61g-j	85.63b-j	12.83ab	0.57c-h	18.99	55.71c-f	65.24ab	48.82a-c	115.47
	D1	3.05f-ı	90.74b-g	13.07a	0.52e-j	33.22	55.34c-f	62.13a-c	49.60ab	115.28
	D2	3.09f-h	80.17g-m	12.07a-c	0.59c-f	20.81	54.12c-g	62.75a-c	48.31a-c	115.51
6+7	D3	2.65g-j	84.64d-j	12.17a-c	0.60c-e	10.39	55.49c-f	65.73ab	48.46a-c	115.69
	K	5.58b	61.57op	12.77ab	0.52e-j	58.76	89.09ab	58.06c	47.82a-c	112.47
	RU	4.18c-e	78.54h-m	12.40a-c	0.58c-g	26.68	53.47d-h	64.03ab	48.93a-c	115.13
	D1	4.77b-d	74.35j-n	12.60a-c	0.52e-j	34.74	55.50c-f	64.37ab	47.28b-d	115.06
MS ort.	D2	4.40cd	77.31ı-m	12.73a-c	0.56c-ı	35.25	57.23c-e	64.23ab	48.16a-c	114.78
	D3	3.92d-f	77.90ı-m	12.33a-c	0.59c-f	25.70	54.95c-f	65.30ab	49.80ab	115.80
	K	7.86a	57.73p	13.10a	0.46j	64.80	90.69ab	63.29a-c	46.85b-d	114.54
	RU	4.50cd	72.00k-o	12.37a-c	0.57c-h	23.66	52.94d-h	64.87ab	48.66a-c	115.96
U ort.	D1	5.57b	68.31m-p	12.60a-c	0.49h-j	28.83	54.63c-f	61.82bc	48.99a-c	114.58
	D2	5.04bc	70.88k-o	12.53a-c	0.51f-j	25.46	56.98c-e	64.44ab	48.07a-c	114.74
	D3	4.36c-e	75.39j-n	12.40a-c	0.54d-j	22.58	52.42d-h	64.78ab	47.70a-d	115.42
	K	3.54a	72.65c	12.22ab	0.52c	65.57a	84.43a	62.74	47.81	115.26
MS ort.	RU	2.59cd	85.85ab	12.10b	0.56a	36.26b	49.29b	64.22	48.43	116.07
	D1	2.92b	84.48ab	12.50a	0.54c	48.85ab	50.54b	63.75	47.91	116.13
	D2	2.83bc	82.76b	12.11b	0.55b	40.75b	50.86b	63.77	47.95	116.23
	D3	2.52d	87.44a	12.38ab	0.57a	36.69b	49.33b	64.43	48.37	116.31
MS ort.	0+7	1.00g	96.52a	12.06b-d	0.60a	64.58a	40.19c	62.97d	46.39c	118.15a
	1+7	1.36f	90.80b	11.83d	0.57ab	64.46a	58.87a	63.61cd	47.43bc	117.76a
	2+7	2.20e	86.58c	12.01cd	0.54c	28.72b	50.96b	64.67a-d	48.53ab	116.29ab
	3+7	2.60d	80.80d	12.29a-c	0.50d	69.69a	62.37a	64.49a-c	48.68ab	115.52b
	4+7	2.97c	80.95d	12.47ab	0.56bc	22.64b	62.26a	63.71cd	49.18a	114.60b
	5+7	4.57b	73.93e	12.57a	0.55c	36.32b	62.05a	63.20d	48.40ab	114.65b
	6+7	5.47a	68.86f	12.60a	0.51d	33.06b	61.53a	63.84b-d	48.05b	115.05b
P	MS	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	U	**	**	**	**	**	**	ÖD	ÖD	ÖD
	MS×U	**	**	*	**	ÖD	*	**	**	ÖD

AK: Ağırlık kaybı (%), MES: Meyve eti sertliği (N), SÇKM: Suda çözünebilir kuru madde (%), TEA: Titre edilebilir asitlik (%), EÜM: Etilen üretim miktarı ( $\mu\text{L kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ ), SH: Solunum hızı ( $\text{mLCO}_2 \text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ ), C\*: Kroma, h°: Hue açısı, MS: Muhafaza süresi, U: Uygulamalar, Ort: Ortalamalar, ÖD: Önemli değil, \*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ . Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ( $p < 0.05$ ).

## Meyve Kabuk Rengi

Renkte parlaklığı gösteren L\*, canlılığı gösteren C\* ve algılanan rengi gösteren h° değerleri, Çizelge 1'den görülebileceği gibi soğukta depolama boyunca RU ve D3 uygulamalarında en yüksek olarak saptanmıştır. Benzer eğilim (h° değeri hariç) raf ömrü sürecinde de görülmüştür (Çizelge 2). 1-MCP dozları azaldıkça genel olarak her iki depolama koşulunda da renk değerleri üzerine uygulamaların etkisi azalmıştır. Tüm renk parametreleri kontrole kıyasla düşük doz 1-MCP uygulamalarında yüksek

bulunmuştur. Bu durum 1-MCP'nin diğer kalite kriterlerinde olduğu gibi meyve kabuk renginin depolama boyunca korunması bakımından doza bağlı olarak etkili olduğunu göstermektedir. Beklendiği gibi oda koşullarında uygulamaların renk değerleri üzerine olan etkilerinin azalması artan sıcaklığa bağlı olarak olgunlaşmanın hızlanmasıyla açıklanabilir. 1-MCP'nin elmalarda kabuk rengi üzerine olumlu etkiler yaptığıyla ilgili bulgular önceki yıllarda yürütülen çalışmalarda da (Yıldırım Kardeşin ve ark., 2012; Gago ve ark., 2015) saptanmıştır. Uygulamaların kabuk rengi üzerine pozitif etkisi 1-MCP'nin meyve olgunlaşmasını geciktirmesiyle açıklanabilir.

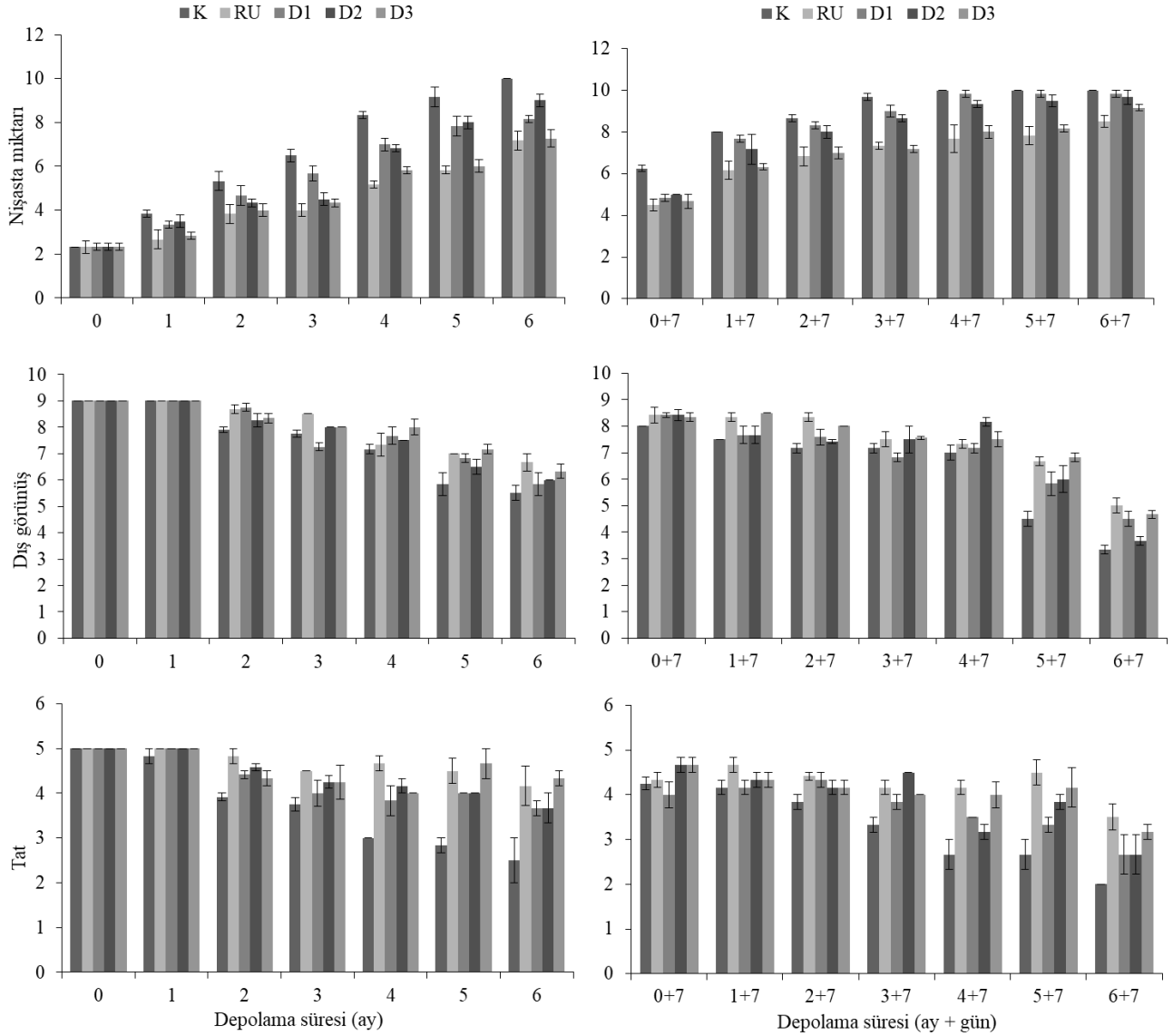
### **Nişasta Miktarı**

Soğukta muhafaza boyunca elmaların nişasta skala değerleri tüm uygulamalarda düzenli olarak artmıştır. Diğer bir deyişle elmaların nişasta içeriği azalmıştır. Altı aylık depolama sonunda dozlarla nişasta içeriği arasında doğrusal bir ilişki görülmüştür. Gerek soğukta depolamada gerekse raf ömrü sürecinde doz miktarı arttıkça meyvedeki nişasta içeriğinin de yüksek olduğu belirlenmiştir. Soğukta depolanan elmalarda RU en yüksek nişasta içeriğine (4.38) sahipken, bunu sırasıyla D3 (4.63), D2 (5.50) ve D1 (5.55) uygulamaları takip etmiştir. Aynı eğilim raf ömrü sürecinde de belirlenmiş olup, skala değerleri sırasıyla 6.98, 7.21, 8.19 ve 8.48 olarak saptanmıştır. Her iki depolama koşulunda da en düşük nişasta değerleri kontrol örneklerinde (6.52 ve 8.94) bulunmuştur (Şekil 1). Hem derim öncesi ağaç üzerinde hem de derim sonrası depoda elmalarda olgunlaşma ile nişasta değerleri arasında kuvvetli bir ilişki olduğu bilinmektedir (Türk ve ark., 2017). Nitekim elmalarda optimum derim tarihinin belirlenmesinde en kararlı sonuç veren kriterlerden birisi belki de en önemlisi nişasta değeridir. Elmalarda derim sonrası dönemde ortam sıcaklığındaki artışa bağlı olarak nişasta parçalanarak suda çözünebilir şekerlere dönüşmektedir. Keza mevcut denemede de bu durum net bir şekilde görülmüş olup, kontrol örnekleri soğuk odada 6. ayda tam puan (10 = nişasta hiç yok) alırken, oda koşullarında 4. ayda bu değere ulaşmıştır. Öte yandan 1-MCP uygulamalarının hiçbirinde 10 tam puan görülmemiştir. Bu durum 1-MCP'nin etilen sentezini ve etilenin etkilerini baskılayarak elmalarda net bir şekilde olgunlaşmayı geciktirmesiyle açıklanabilir. Elmalarda olgunlaşma sırasında 1-MCP uygulamasının nişastanın suda çözünebilir şekerlere dönüşümünü yavaşlattığını bildiren pek çok çalışma bulunmaktadır (Yuan ve Carbaugh, 2007; Nock ve Watkins, 2013; Gago ve ark., 2015; Weber ve ark., 2017; Both ve ark., 2018). Diğer bir deyişle bilindiği kadarıyla elmalarda şu ana kadar bu konuda aksi bir görüş rapor edilmemiştir. Bu görüşler çalışmamızda elde edilen bulgularla uyum içerisindedir.

### **Duyusal Değerlendirmeler**

Panelistlerin dış görünüş ve tat için verdikleri puanlar 1-MCP uygulamaların olumlu etkilerini net bir şekilde göstermekte olup, objektif yöntemlerle belirlenen kalite analizleriyle büyük uyum içerisindedir. Her iki depo koşulunda da yine RU ile D3 uygulaması ön plana çıkmış, bunları D2 ve D1 dozları takip etmiştir. Diğer kalite kriterlerinde olduğu gibi duysal değerlendirmelerde de en düşük puanlar kontrol örneklerinde belirlenmiştir. Soğukta depolama sonunda kontrol ve en düşük 1-MCP dozu (D1) uygulanan elmalar dış görünüşte 6 puanın altında kalırken, diğer uygulamalardan 6 ve üzeri puanlar alınmıştır. Bu dönemde 1-MCP uygulanmış tüm örnekler tadım testinde orta ve iyi puan alırken, kontrol grubu 3 (orta) puanın altında (2.50) kalmıştır. Benzer eğilim raf ömrü sürecinde de görülmüş, kontrol grubu 5+7. günde dış görünüş bakımından pazarlanabilir seviyenin (5 puan) ve tat testinde de orta (3) derecenin altında puanlar almıştır (Şekil 1). 1-MCP'nin elmalarda olgunlaşmayı tetikleyen etilen üretimini baskılayarak şeker ve organik asitler üzerinden tadı ve bazı enzimler üzerinden ürün sertliğini korumada etkili olduğu bilinmektedir. Benzer görüşler önceki yıllarda yürütülen çalışmalarda da rapor edilmiştir (Rupasinghe ve ark., 2000; Wei ve ark., 2010; Both ve ark., 2018).

Depolama boyunca elmalarda herhangi bir çürümeye ve fizyolojik bozukluğa rastlanmamıştır.



**Şekil 1.** Farklı 1-MCP dozlarının soğukta depolama ve raf ömrü süresince Granny Smith elma çeşidinin nişasta miktarı (1-10 skalası: 1: % 100 nişasta, 10: % 0 nişasta), dış görünüş (1-9 skalası: 1- 3: pazarlanamaz, 5: pazarlanabilir, 7: iyi, 9: çok iyi) ve (1-5 skalası: 1: çok kötü, 2: kötü, 3: orta, 4: iyi, 5: çok iyi) puanları üzerine etkileri

Hata barları: Ortalamalar  $\pm$  standart hata (n = 4)

## SONUÇ

Tüm kalite parametreleri bakımından 1-MCP uygulamaları kontrole kıyasla Granny Smith elma çeşidinin hem soğukta muhafaza hem de raf ömrü koşullarında kalitesinin korunmasında daha etkili olmuştur. D3 uygulaması, ağırlık kaybının azaltılması ve meyve eti sertliğinin korunması bakımından en etkili uygulama olmuştur. Depolama süresince D3 ile RU'nun incelenen kalite parametreleri bakımından beklendiği gibi genellikle benzer ve yakın sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Sonuç olarak D3 ile aynı dozu (625 ppb) içeren RU (SmartFresh™) belirtilen koşullarda Granny Smith elma çeşidinin muhafazasında en iyi sonucu vermiştir. Bu uygulamalara tabi tutulan meyveler ağırlık kaybı ve duyusal analiz sonuçları dikkate alındığında, belirtilen koşullarda 6 ay soğukta muhafazadan sonra kaliteli olarak 7 gün oda koşullarında muhafaza edilebilmiştir. Diğer dozların (D1 ve D2) uygulandığı meyveler 5 ay+7 gün ve kontrol uygulaması ise ancak 4 ay+7 gün kaliteli olarak depolanabilmiştir.

**KAYNAKLAR**

- Anonim, 2020. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (Erişim Tarihi: 30.03.2020).
- Batu A, Demirdöven A, 2010. Modifiye Atmosferde Paketleme ve Soğukta Depolamanın Elmanın Duyusal Kalitesi Üzerine Etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 20 (2): 58-67.
- Bayındır D, 2011. Angeleno Erik Çeşidinin Normal, Modifiye ve Kontrollü Atmosfer Koşullarında Depolanması, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tez (Basılmış).
- Blankenship SM, Dole JM, 2003. 1-Methylcyclopropene: A Review. *Postharvest Biology and Technology*, 28: 1-25.
- Blanpied GD, Silsby KJ, 1992. Prediction of Harvest Date Windows for Apples. *Cornell Cooperative Extension Bulletin*, 221: 1-12.
- Both V, Brackmann A, Thewes FR, Weber A, Schultz EE, Ludwig V, 2018. The Influence of Temperature and 1-MCP on Quality Attributes of 'Galaxy' Apples Stored in Controlled Atmosphere and Dynamic Controlled Atmosphere. *Food Packaging and Shelf Life*, 16: 168-177.
- Bulens I, Van de Poel B, Hertog MLATM, De Proft MP, Geeraerd AH, Nicolai BM, 2012. Influence of Harvest Time and 1-MCP Application on Postharvest Ripening and Ethylene Biosynthesis of 'Jonagold' Apple. *Postharvest Biology and Technology*, 72: 11-19.
- Crouch I, 2003. 1-Methylcyclopropene (SmartFresh™) as an Alternative to Modified Atmosphere and Controlled Atmosphere Storage of Apples and Pears. *Acta Horticulturae*, 600: 433-439.
- Çalhan Ö, Onursal CE, Seçmen T, Güneyli A, Eren İ, 2016. Galaxy Gala Elma Çeşidinde Muhafaza Öncesi SencyFresh™ Uygulamasının Depolama Süresince Meyve Kalitesi Üzerine Etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 53 (1): 51-59.
- DeEll JR, Murr DP, Porteous MD, Rupasinghe HV, 2002. Influence of Temperature and Duration of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) Treatment on Apple Quality. *Postharvest Biology and Technology*, 24 (3): 349-353.
- Dongfang HMA, Shushang W, Ying DX, Aoying W, 2003. Effect of 1-MCP Treatment on Ethylene Production and Quality Retention of 'Delicious' Apples. *Acta Horticulturae Sinica*, 30 (1): 11-14.
- Erbaş D, Koyuncu MA, 2016. 1-metilsiklopropen Uygulamasının Angeleno Erik Çeşidinin Depolanma Süresi ve Kalitesi Üzerine Etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 53 (1): 43-50.
- Erbaş D, Onursal CE, Koyuncu MA, 2015. Derim Sonrası Salisilik Asit Uygulamasının Aprikoz Kayısı Çeşidinin Soğukta Depolanması Üzerine Etkileri. *Meyve Bilimi*, 2 (2): 50-57.
- Fan X, Mattheis JP, 1999. Impact of 1-Methylcyclopropene and Methyljasmonate on Apple Volatile Production. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47 (7): 2847-2853.
- Gago CM, Guerreiro AC, Miguel G, Panagopoulos T, Sánchez C, Antunes MD, 2015. Effect of Harvest Date and 1-MCP (SmartFresh™) Treatment on 'Golden Delicious' Apple Cold Storage Physiological Disorders. *Postharvest Biology and Technology*, 110: 77-85.
- Huan C, An X, Yu M, Jiang L, Ma R, Tu M, Yu Z, 2018. Effect of Combined Heat and 1-MCP Treatment on the Quality and Antioxidant Level of Peach Fruit during Storage. *Postharvest Biology and Technology*, 145: 193-202.
- Huber DJ, Jeong J, Mao LC, 2003. Softening of Ripening Fruits in Response to 1-Methylcyclopropene Applications. *Acta Horticulturae*, 628: 193-202.
- Jiang Y, Joyce DC, 2002. 1-Methylcyclopropene Treatment Effects on Intact and Fresh-cut Apple. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 77 (1): 19-21.
- Jung SK, Watkins CB, 2011. Involvement of Ethylene in Browning Development of Controlled Atmosphere-Stored 'Empire' Apple Fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 59 (3): 219-226.
- Karaçalı İ, 2009. Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama. Ege Üniversitesi Yayın No: 494, İzmir-Türkiye.
- Karagiannis E, Michailidis M, Tanou G, Samiotaki M, Karamanolis K, Avramidou E, Ganopoulos I, Madesis P, Molassiotis A, 2018. Ethylene-Dependent and -Independent Superficial Scald Resistance Mechanisms in 'Granny Smith' apple Fruit. *Scientific Reports*, 8 (1): 1-16.



- Kim KO, Yoo J, Lee J, Win NM, Ryu S, Han JS, Jung HY, Choung MG, Kwon YD, Lee DH, Kang IK, 2018. Effects of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) and Polyethylene (PE) Film Liner Treatments on the Fruit Quality of Cold-stored 'Gamhong' Apples. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 59 (1): 51-57.
- Koyuncu MA, Eren İ, 2005. Bazı Elma Çeşitlerinin Soğukta Depolanma Koşullarının Belirlenmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2 (1): 45-52.
- Kurubaş MS, Erkan M, 2018. Impacts of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) on Postharvest Quality of 'Ankara' Pears during Long-term Storage. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 42 (2): 88-96.
- Kuzucu FC, Aydın MN, 2014. 1-Methylcyclopropene Uygulamalarının ve Farklı Depolama Sıcaklıklarının Fuji Kiku Elma Çeşidinin Meyve Kalitesine Etkileri. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2 (1): 101-108.
- McGuire RG, 1992. Reporting of Objective Color Measurements. *HortScience*, 27: 1254-1255.
- Moradinezhad F, Jahani M, 2019. Effect of Potassium Permanganate, 1-Methylcyclopropene and Modified Atmosphere Packaging on Postharvest Losses and Quality of Fresh Apricot cv. Shahroudi. *Journal of Horticulture and Postharvest Research*, 2: 39-48.
- Nock JF, Watkins CB, 2013. Repeated Treatment of Apple Fruit with 1-Methylcyclopropene (1-MCP) Prior to Controlled Atmosphere Storage. *Postharvest Biology and Technology*, 79: 73-79.
- Poyesh DS, Terada N, Sanada A, Gemma H, Koshio K, 2017. Effect of 1-MCP on Ethylene Regulation and Quality of Apple, Apricot and Asparagus. *Journal of International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences*, 23 (1): 90-102.
- Rupasinghe HPV, Murr DP, DeEll JR, Odumeru J, 2005. Influence of 1-Methylcyclopropene and Natureseal on the Quality of Fresh-cut "Empire" and "Crispin" Apples. *Journal of Food Quality*, 28 (3): 289-307.
- Rupasinghe HPV, Murr DP, Paliyath G, Skog L, 2000. Inhibitory Effect of 1-MCP on Ripening and Superficial Scald Development in 'McIntosh' and 'Delicious' Apples. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 75 (3): 271-276.
- Saftner RA, Abbott JA, Conway WS, Barden CL, 2003. Effects of 1-Methylcyclopropene and Heat Treatments on Ripening and Postharvest Decay in Golden Delicious' Apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 128 (1): 120-127.
- Sakaldaş M, Kuzucu CÖ, Kaynaş K, 2009. Hasat sonrası 1-Methylcyclopropene Uygulamalarının Farklı Sıcaklık Derecelerinde Depolanan Kavunlarda (*Cucumis melo* L. cv. Dellteks F1) Meyve Kalitesi Üzerine Olan Etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4 (1): 1-9.
- Sakar E, Ünver H, Akgül TAŞ, Bekir AK, 2014. Meyvelerde 1-MCP (1-methylcyclopropene)'nin Kullanım Olanakları. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 18 (1): 47-54.
- Sisler, EC, Serek M, 1997. Inhibitors of Ethylene Responses in Plants at the Receptor Level: Recent Developments. *Plant Physiology*, 100 (3): 577-582.
- Şen F, Türk EF, 2008. Bahçe Ürünlerde 1-Metilsiklopropen (1-MCP) Kullanımı. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 45 (3): 221-228.
- Şensoy M, Bostan SZ, 2019. Ulubey ilçesinde (Ordu) MM 106 ve M 9 Anaçları Üzerindeki 'Granny Smith' Elma Çeşidinin İlk Yıllar Verim ve Pomolojik Özellikleri. *Akademik Ziraat Dergisi*, 8 (1): 9-12.
- Tatsuki M, Hayama H, Yoshioka H, Nakamura Y, 2011. Cold Pre-treatment is Effective for 1-MCP Efficacy in 'tsugaru' Apple Fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 62 (3): 282-287.
- Türk R, Erkan M, Güneş NT, Koyuncu MA, 2017. Bahçe Ürünlerinin Muhafazası ve Pazara Hazırlanması. *Somtaç Yayınları Ders Kitabı No: 1, 542 s, Türkiye.*
- Üstün H, 2018. Adi Depo Koşullarında Muhafaza Edilen 'Starkrimson' ve 'Granny Smith' Elma Çeşitlerinin Kaliteleri Üzerine Modifiye Atmosfer ve 1-Metilsiklopropen (1-MCP) Uygulamalarının Etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).*
- Wang H, Chen Y, Lin H, Lin M, Chen Y, Lin Y, 2020. 1-Methylcyclopropene Containing-Papers Suppress the Disassembly of Cell Wall Polysaccharides in Anxi Persimmon Fruit during Storage. *International Journal of Biological Macromolecules*, 151: 723-729.

- Weber A, Thewes FR, de Oliveira Anese R, Both V, Pavanello EP, Brackmann A, 2017. Dynamic Controlled Atmosphere (DCA): Interaction between DCA Methods and 1-Methylcyclopropene on 'Fuji Suprema' Apple Quality. *Food Chemistry*, 235: 136-144.
- Wei J, Ma F, Shi S, Qi X, Zhu X, Yuan J, 2010. Changes and Postharvest Regulation of Activity and Gene Expression of Enzymes Related to Cell Wall Degradation in Ripening Apple Fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 56 (2): 147-154.
- Yıldırım Kardeşin I, Erkan M, Şahin G, 2012. 1-Methylcyclopropene (1-MCP) Uygulaması ile 'Golden Delicious' Elmalarının Derim Sonrası Kalitelerinin Korunması. *Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu*, 18-21 Eylül, s: 273-279. İzmir.
- Yuan R, Carbaugh DH, 2007. Effects of NAA, AVG, and 1-MCP on Ethylene Biosynthesis, Preharvest Fruit Drop, Fruit Maturity, and Quality of 'Golden Supreme' and 'Golden Delicious' Apples. *HortScience*, 42 (1): 101-105.

## Fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) Farklı Tuz ve Putresin Uygulamalarının Çimlenme ve Fide Gelişimi Üzerine Etkileri

Beyhan KİBAR<sup>1\*</sup>, Bilgehan ŞAHİN<sup>1</sup>, Ousseini KIEMDE<sup>1</sup>

**ÖZET:** Bu çalışma, dünyada ve ülkemizde yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan ve tuzluluğa hassas sebze türleri içerisinde yer alan fasulyede farklı tuz ve putresin uygulamalarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bitkisel materyal olarak Öz Ayşe sırk taze fasulye çeşidi kullanılmıştır. Çalışmada, 3 farklı tuz (NaCl) seviyesi (50, 100 ve 200 mM) ve 3 farklı putresin dozunun (0.1, 1 ve 2 mM) kullanıldığı toplam 16 farklı uygulama ele alınmış olup, tuz ve putresinin ayrı ayrı ve birlikte etkileri incelenmiştir. Çimlendirme ve fide denemesi şeklinde yürütülen çalışmada; çimlenme oranı, radikula ve plumula uzunluğu, radikula yaş ve kuru ağırlığı, plumula yaş ve kuru ağırlığı, fide boyu, gövde çapı, kök uzunluğu, fide yaş ve kuru ağırlığı, kök yaş ve kuru ağırlığı, yaprak sayısı, klorofil, renk (L\*, a\*, b\*, C\* ve h°), pH, elektriksel iletkenlik ve kuru madde miktarı belirlenmiştir. Araştırma sonucunda uygulamalar arasında incelenen özellikler bakımından önemli farklılıklar bulunmuştur. Tuzluluğun fasulye tohumlarında çimlenmeyi büyük ölçüde engellediği tespit edilmiştir. Tuzluluk şiddetinin artması ile çimlenme oranında ve fide büyümesinde önemli derecede azalma görülmüştür. Tuz stresi altında putresin uygulamaları çimlenme özellikleri ve fide gelişim parametrelerinde artış sağlamıştır. Genel olarak putresin uygulamalarının tuz stresinin çimlenme ve fide gelişimi üzerinde meydana getirdiği olumsuz etkileri azalttığı belirlenmiştir. Sonuç olarak, putresinin 0.1 ve 1 mM'lık dozlarının 2 mM'lık doza göre hem tuzlu şartlarda hem de normal şartlarda çimlenme ve fide büyümesi üzerinde daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Fasulye, tuz stresi, poliaminler, büyüme.

### Effects of Different Salt and Putrescine Applications on Germination and Seedling Growth in Bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

**ABSTRACT:** This study was conducted to determine effects of different salt and putrescine applications on germination and seedling growth in bean, which is widely cultivated in the world and in our country and is one of the vegetable species sensitive to salinity. Öz Ayşe pole fresh bean variety was used as herbal material. In the study, a total of 16 different applications using 3 different levels of salt (50, 100 and 200 mM) and 3 different doses of putrescine (0.1, 1 and 2 mM) were investigated. The effects of salt and putrescine separately and together were examined. In the study carried out in the form of germination and seedling experiment; germination rate, radicle and plumule length, radicle fresh and dry weight, plumule fresh and dry weight, seedling height, stem diameter, root length, seedling fresh and dry weight, root fresh and dry weight, number of leaves, chlorophyll, color (L\*, a\*, b\*, C\* and h°), pH, electrical conductivity and dry matter amount were determined. As a result of research, significant differences were found among the applications in terms of properties examined. It was determined that salinity greatly prevented germination in bean seeds. A significant decrease was observed in germination rate and seedling growth with increasing of salinity severity. The putrescine applications under salt stress provided an increase in germination properties and seedling growth parameters. In general, it was detected that putrescine applications reduced negative effects of salt stress on germination and seedling growth. As a result, it was determined that 0.1 and 1 mM doses of putrescine were more effective on germination and seedling growth under both saline and normal conditions compared to 2 mM dose.

**Keywords:** Bean, salt stress, polyamines, growth.

<sup>1</sup>Beyhan KİBAR (Orcid ID: 0000-0001-9253-5747), Bilgehan ŞAHİN (Orcid ID: 0000-0003-2809-390X), Ousseini KIEMDE (Orcid ID: 0000-0002-3837-8645), Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bolu, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Beyhan KİBAR, e-mail: beyhan.kibar@ibu.edu.tr

Geliş tarihi / Received: 30-07-2020

Kabul tarihi / Accepted: 09-09-2020

## GİRİŞ

Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.), *Leguminosae* (*Fabaceae*) familyasında yer almaktadır. Tüm dünyada yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan fasulye Orta ve Güney Amerika kökenli bir sebzedir. Baklagil grubu sebzeler içerisinde yer alan fasulye, insan beslenmesi ve sağlığı açısından oldukça önemlidir. Protein, karbonhidrat, mineral maddeler (fosfor, kalsiyum, potasyum, demir ve çinko), diyet lifi, A, B1, B2 ve C vitamini açısından oldukça zengindir (Blair, 2013). Ayrıca fasulye bitkisi yetiştirildiği toprağa da olumlu etkilerde bulunmaktadır. Fasulye, köklerinde bulunan nodüller içerisindeki *Rhizobium* bakterileri vasıtası ile havanın serbest azotundan yararlanıp toprağı azotça zenginleştirmesi, toprağın yapısını düzeltmesi, toprağın organik madde miktarını artırması, ekim nöbetine girmesi ve çapa bitkisi olması sebebiyle kendinden sonra ekilecek bitkilere temiz ve verimli bir toprak bırakmaktadır (Sprent, 2001; Direk ve ark., 2002). Dünyada olduğu gibi ülkemizde de yetiştirme alanı ve üretim miktarı bakımından önemli bir yere sahip olan taze fasulye genel olarak bütün bölgelerimizde yetiştirilmektedir. Ülkemizde 2019 yılında 45.326 ha alanda 596.074 ton taze fasulye üretimi yapılmıştır (TÜİK, 2020). Dünya taze fasulye üretimi bakımından ülkemiz Çin ve Endonezya'dan sonra 3. sırada yer almaktadır (FAOSTAT, 2020). Fasulye tuzluluğa en hassas sebze türlerinden birisidir (Yaşar ve ark., 2008).

Tuzluluk, halofit bitkiler hariç, bitki büyüme ve gelişmesini olumsuz yönde etkileyen ve ürün kaybına neden olan abiyotik stres faktörlerinin en önemlilerinden biridir. Dünya genelinde ekili alanların yaklaşık %20'si ve sulanan alanların %50'si tuzluluktan etkilenmektedir (Flowers ve Yeo, 1995). Tarımsal açıdan önemli bitkilerde ürün potansiyelinin yaklaşık yarısının tuzluluktan dolayı kaybedildiği tahmin edilmektedir (Kreps ve ark., 2002). Özellikle gelişmekte olan ülkelerde tuzluluğun tarımsal üretimi sınırlayan önemli bir stres faktörü olduğu bildirilmektedir (El-Tayeb, 2005). Kurak ve yarı kurak bölgelerde yağışın yetersiz ya da dağılımının çok dengesiz olduğu alanlarda tuzluluk problemi doğal olarak bulunmaktadır. Buna ilave olarak, sulama yapılan arazilerde aşırı ve bilinçsiz sulama, sulama suyu kalitesinin düşük olması ve aşırı gübre kullanımı gibi faktörler toprakta tuzluluğa neden olmaktadır. Tuz stresinin bitki üzerinde meydana getirdiği negatif etkiler tohum çimlenme aşamasından itibaren etkisini göstermeye başlamaktadır. Tohum çimlenmesi, bitki büyüme ve gelişmesi üzerinde tuzluluğun etkisi oldukça önemlidir (Çavuşoğlu ve Kabar, 2008). Tuzlu koşullarda genellikle çimlenme engellenmekte, büyüme hızı yavaşlamakta, verim ve kalite azalmaktadır (Dölarlan ve Gül, 2012). Tuz stresinin şiddeti arttıkça bitkinin ölmesine dahi neden olabilmektedir. Bitkiler üzerinde tuzluluğun birinci (primer) etkisi osmotik ve iyon stresi olarak meydana gelirken, ikinci (sekonder) etkisi bitkide meydana gelen yapısal bozulmalar ve toksik bileşiklerin sentezlenmesi ile oluşmaktadır. Tuz stresi altında bitkilerde osmotik basınç, hücre zarı geçirgenliği, protein sentezi, enzim aktivitesi, fotosentez gibi bazı fizyolojik olaylar olumsuz olarak etkilenmekte ve sonuçta verimlilik önemli oranda düşmektedir. Tuz stresinin bitkilerde kök büyümesinde gerileme, bodurlaşma, tomurcuk oluşumunda azalma, nekrotik lekelerin oluşumu, yaprakların küçük kalması, yaprakların sararması ve bitkinin tamamının kurummasına neden olduğu belirlenmiştir. Bütün bu etkiler bitki tür ve çeşidine, gelişim aşamasına, maruz kalınan tuzun miktarı ve süresine bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir (Çulha ve Çakırlar, 2011). Ekonomik öneme sahip bitkilerin birçoğu tuzluluğa karşı duyarlıdır. Bitkilerin tuza tolerans ve hassasiyetinin belirlenmesi, bitkilerin olumsuz şartlarda yetiştiriciliğinin yapılması durumunda faydalı olacaktır. Sodyum klorür (NaCl) en yaygın toprak tuzudur (Zhu, 2003). Çoğu bitki türünde, tuzluluk ile ilgili fizyolojik çalışmalar genç bitki aşaması temel alınarak gerçekleştirilmektedir (Alian ve ark., 2000). Fide aşamasındaki sonuçlar ile olgun bitki aşamasındaki sonuçlar arasında önemli korelasyonların olduğu, fide aşamasında çalışmanın daha az işçilik, daha az zaman aldığı ve daha ucuz

olduğu belirtilmiştir (Qureshi ve ark., 1990). Tuzluluk, Türkiye topraklarının önemli problemlerinden biridir. Son yıllarda iklimdeki değişimler, sulama sistemlerine bağlı drenaj sorunu, sulama amacıyla kullanılan suyun kalitesi ve miktarındaki azalma nedeniyle giderek olumsuz bir hale gelmektedir (Taban ve ark., 1999). Türkiye’de, yaklaşık 1.5 milyon hektarlık alanda tuzluluk ve alkalilik sorunu bulunmaktadır. Bu alan, sulamaya uygun arazilerin yaklaşık %32.5’ine denktir (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005).

Tuzlu toprakların ıslahı zaman alıcı ve pahalı olduğundan, artan nüfusun besin ihtiyacının karşılanması için tuzluluğa toleranslı çeşitler geliştirilmelidir. Tuz stresine toleranslı çeşitlerin geliştirilmesi geleneksel ıslah yöntemleri veya modern moleküler biyoloji yaklaşımları ile sağlanabilmektedir. Diğer taraftan, tuza tolerans bakımından tarımsal bitkilerin ıslahı karmaşıklık ve kalıtsal zorluklardan dolayı sınırlanmaktadır (Vinocur ve Altman, 2005). Geleneksel ıslah yöntemleri çok zaman almakta ve elde edilen başarı, genetik olarak değiştirilmiş ürünler için garanti edilememektedir. Bu durumda, tarımsal açıdan önemli bitkilerde tuzluluk stresinin olumsuz etkilerini azaltmak ve tuz toleransının artırılması için poliaminler gibi dışsal uygulamaların kullanımı hızlı ve alternatif yaklaşımlar olarak görülmektedir.

Bitkilerde doğal olarak meydana gelen ve bitki büyüme düzenleyicileri arasında yer alan poliaminlerin bitki büyüme ve gelişme olaylarında önemli fonksiyonlara sahip olduğu bildirilmektedir (Galston ve Kaur-Sawhney, 1995). Poliaminler tuzluluk, kuraklık, sıcaklık ve ağır metaller gibi birçok abiyotik strese dayanıklılıkta önemli rol oynamaktadır (Hussain ve ark., 2011). Poliaminlerin dışsal uygulamasının farklı stres koşullarında bitki büyüme ve gelişmesini önemli ölçüde iyileştirdiği belirtilmektedir (Xu ve ark., 2011; Shi ve ark., 2013). Bitkilerde poliaminler çimlenme, kök büyümesi, çiçeklenme, sap ve gövde kalınlaşması, yumru gelişimi, meyve olgunlaşması, yaşlanma, embriyogenez, farklılaşma, hücre bölünmesi ve uzaması, nükleik asit ve protein sentezi gibi pek çok fizyolojik olayda etkili olabilmektedir (Kusano ve ark., 2008). Poliaminlerin tuzluluk, kuraklık, ekstrem sıcaklık gibi birçok abiyotik stres koşullarında bitkilerde strese karşı yanıt olarak içsel olarak biriktiği saptanmıştır (Xu ve ark., 2011). Dıştan uygulanan poliaminlerin çeşitli stres koşullarına karşı koruyucu rollerinin olduğu bildirilmektedir (Prakash ve Prathapasenan, 1988). Yüksek bitkilerde bulunan en yaygın poliaminlerin putresin, spermin ve spermidin olduğu ifade edilmiştir (Takahashi ve Kakehi, 2010). Putresin, poliaminler içerisinde genellikle en yüksek oranda bulunandır (Bekircan, 2012). Son yıllarda, poliaminlerin bitkilerde tuz toleransının artırılmasında kullanılabileceği fikri ortaya konulmuştur (Singh ve Gautam, 2013). Tuzlu koşulların çimlenme ve büyüme üzerinde meydana getirdiği olumsuz etkinin poliaminlerle ortadan kaldırılabilmesi belirtilmektedir (Prakash ve Prathapasenan, 1988; Tekin ve Bozcuk, 1998). Tuz stresinde poliaminlerin birçok sebze türünde etkileri üzerine çalışmalar yapılmıştır (Zeid, 2004, Khan ve ark., 2012; Shu ve ark., 2012; Koç ve ark., 2014; Sang ve ark., 2016; Mohamedsrajen, 2019). Bununla birlikte, farklı bitki türlerinin çimlenme ve erken büyüme aşamasında dışsal poliamin uygulamasına cevapları değişmektedir. Tuz stresi koşullarında bitki verimliliğini artırmak için poliaminlerin optimum konsantrasyonları tür ve çeşide göre değişmektedir. Ayrıca dışsal poliamin uygulamasının etkinliği bitki gelişim evresiyle değişebilir. Bu nedenle, her bir tür ya da çeşit için ilgili bulgular net olarak elde edildikten sonra ticari tavsiyelerde bulunulabilir.

Bu çalışma fasulyede tuz stresi ve dışsal putresin uygulamalarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Çalışma neticesinde fasulyenin ilk gelişim aşamasında tuzluluğun olumsuz etkilerini azaltan en uygun putresin dozunun belirlenmesi tuzluluk sorunu olan alanlarda fasulye tarımının güvenle yapılabilmesi için oldukça önem taşımaktadır.



## MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma 2019 yılında Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümüne ait laboratuvarlarda ve iklim odasında yürütülmüştür. Çalışmada bitkisel materyal olarak Öz Ayşe sırik taze fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) çeşidinin tohumları kullanılmıştır.

Çalışmada, 3 farklı tuz (NaCl) seviyesi (50, 100 ve 200 mM) ve 3 farklı putresin dozunun (0.1, 1 ve 2 mM) kullanıldığı toplam 16 farklı uygulama ele alınmış olup, tuz ve putresinin ayrı ayrı ve birlikte etkileri incelenmiştir. Çalışmada kullanılan uygulamalar ve dozları Çizelge 1’de verilmiştir. Çalışmada 1 no’lu uygulama kontrol olarak kullanılmıştır. Kontrol uygulamasında herhangi bir tuz ve putresin ilavesi yapılmamış ve distile su ile sulanmıştır.

**Çizelge 1.** Çalışmada ele alınan uygulamalar ve içerikleri

Uygulama No	İçerik
1	Kontrol
2	50 mM NaCl
3	100 mM NaCl
4	200 mM NaCl
5	0.1 mM Putresin
6	1 mM Putresin
7	2 mM Putresin
8	0.1 mM Putresin + 50 mM NaCl
9	0.1 mM Putresin + 100 mM NaCl
10	0.1 mM Putresin + 200 mM NaCl
11	1 mM Putresin + 50 mM NaCl
12	1 mM Putresin + 100 mM NaCl
13	1 mM Putresin + 200 mM NaCl
14	2 mM Putresin + 50 mM NaCl
15	2 mM Putresin + 100 mM NaCl
16	2 mM Putresin + 200 mM NaCl

### Çimlendirme Çalışması

Çalışmada öncelikle fasulye tohumlarında tuz stresi ve putresin uygulamalarının çimlenme özelliklerine etkisinin belirlenmesi amacıyla laboratuvarında çimlendirme denemesi yapılmıştır. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Deneme 20 °C sıcaklığa sahip çimlendirme kabininde karanlık koşullarda 10 gün süreyle yürütülmüştür. Çimlenme öncesinde tohumların %3'lük sodyum hipoklorit (NaClO) ile yüzeysel sterilizasyonu yapılmış ve daha sonra tohumlar distile su ile yıkanmıştır. Çimlendirme için 12 cm çapındaki petri kapları kullanılmıştır. Petri kapları kullanılmadan önce etüvde 170 °C’de 4 saat steril edilmiştir (Muhammad ve Hussain, 2010). Petri kapları içerisindeki filtre kağıtları üzerine her bir petride 25 tohum olacak şekilde tohumlar yerleştirilmiştir. Daha sonra her bir petri kabına çalışmada yer alan uygulamalara ait hazırlanan çözeltilerden 15 ml ilave edilmiş ve petrilerin kapağı kapatılarak tohumlar çimlendirme kabininde çimlenmeye bırakılmıştır (Asgharipour ve Rafiei, 2011). Kuruyan petri kaplarına eşit miktarda aynı dozlarda çözeltilerden ilave edilmiştir. Çimlenen tohumlar her gün aynı saatte sayılmıştır. Kökçük uzunluğu 10 mm'ye ulaştığında tohum çimlenmiş olarak kabul edilmiş ve ortamdan uzaklaştırılmıştır (Goertz ve Coons, 1989). Çimlendirme denemesinin sonunda (10. gün) çimlenme oranı (%), radikula ve plumula uzunluğu (cm), radikula yaş ve kuru ağırlığı (g), plumula yaş ve kuru ağırlığı (g) belirlenmiştir. Çalışmada çimlenme oranı çimlenme testi süresi sonunda çimlenen tohumların sayısı çimlenme denemesine konulan toplam tohum sayısına oranlanarak (Cokkizgin ve Cokkizgin, 2010); radikula ve

plumula uzunluğu kumpas yardımıyla ölçülerek; radikula yaş ve kuru ağırlığı ile plumula yaş ve kuru ağırlığı hassas terazide tartılarak tespit edilmiştir.

### Fide Çalışması

Fide denemesi,  $23\pm 1^{\circ}\text{C}$  ortam sıcaklığı, %50-55 nem ve 14 saat ışık / 10 saat karanlık periyoda sahip iklim odasında yürütülmüştür. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Her tekerrürde 4 bitki olacak şekilde toplam (16 x 3 x 4) 192 bitki yetiştirilmiştir. Fasulye tohumları torf:perlit (3:1) yetiştirme ortamı içeren 200 ml'lik plastik bardaklara ekilmiştir. Tohum ekiminden sonra gerekli görüldüğünde tüm bitkiler eşit miktarda distile su ile sulanmıştır. Putresin uygulaması gerçek yapraklar çıktıktan sonra 4 gün aralıklarla 4 kez tekrarlanmıştır. Hazırlanan putresin solüsyonları her bitkiye 5 ml olacak şekilde yaprakların altına ve üstüne iyice ıslanacak şekilde püskürtülerek uygulanmıştır. Tuz uygulamalarında sulamalar tuz stresi oluşturmak amacıyla çalışmada ele alınan dozlarda hazırlanan solüsyonlar ile yapılmıştır. Tuz uygulamaları gerçek yapraklar çıktıktan sonra her bitkiye 15 ml olacak şekilde 4 gün aralıklarla 4 kez tekrarlanmıştır. Kontrol uygulamasında yer alan bitkiler distile su ile sulanmıştır. Tohum ekiminden 28 gün sonra deneme sonlandırılmış ve uygulamaların etkilerini belirlemek amacıyla fideler topraktan kökleriyle birlikte sökülerek fide büyüme parametreleri belirlenmiştir. Fide çalışmasında fide boyu (cm), gövde çapı (mm), fide yaş ağırlığı (g), fide kuru ağırlığı (g), kök uzunluğu (cm), kök yaş ağırlığı (g), kök kuru ağırlığı (g), yaprak sayısı (adet bitki<sup>-1</sup>), kuru madde miktarı (%), klorofil değeri (spad), renk (L\*, a\*, b\*, C\* ve h°), pH ve elektriksel iletkenlik (EC,  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) tespit edilmiştir. Çalışmada fide boyu ve kök uzunluğu cetvel yardımıyla ölçülerek; fide yaş ve kuru ağırlığı ile kök yaş ve kuru ağırlığı hassas terazide tartılarak; gövde çapı dijital kumpasla ölçülerek; yaprak sayısı fidelerde oluşan yapraklar sayılarak; kuru madde oranı Kılıç ve ark. (1991)'e göre; klorofil miktarı yapraklarda klorofil ölçer (Apogee Chlorophyll Concentration Meter, MC-100) ile; renk (L\*, a\*, b\*, C\* ve h°) yapraklarda renk ölçer cihazı (3NH NR60CP) ile; pH ve elektriksel iletkenlik değerleri bitkinin toprak üstü kısımlarında pH metre (Thermo Scientific, Orion Star A111) ve EC metre (Thermo Scientific, Orion Star A212) kullanılarak belirlenmiştir.

### Verilerin Değerlendirilmesi

Araştırma sonucunda elde edilen veriler JMP 13.2 istatistik programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuştur. İncelenen özellikler bakımından istatistiki olarak önemli bulunan ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey HSD (Tukey's Honestly Significant Difference Test) çoklu karşılaştırma testi ile tespit edilmiştir.

### BULGULAR VE TARTIŞMA

Tuz stresi ve putresin uygulamalarının fasulyede çimlenme özellikleri üzerine etkileri Çizelge 2'de verilmiştir. İncelenen tüm çimlenme özellikleri bakımından çalışmada ele alınan uygulamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli ( $P<0.01$ ) bulunmuştur. En yüksek çimlenme oranı 1 nolu uygulamada (kontrol, %88.16) belirlenmiş olup, onu istatistiksel olarak aralarında fark olmayan 5 nolu uygulama (%86.67) yakından takip etmiştir. En düşük çimlenme oranı ise 4 nolu uygulamada (%31.11) saptanmıştır. Tuzluluğun fasulye tohumlarında çimlenmeyi büyük ölçüde engellediği tespit edilmiştir. Tuzluluk şiddetinin artması ile fasulye tohumlarında çimlenme oranında önemli derecede azalma görülmüş, 200 mM tuzluluk seviyesinde (4 nolu uygulama) çimlenme oranı en düşük seviyede olmuştur. Çalışmada, 4 nolu uygulamada çimlenme oranında herhangi bir uygulamanın yapılmadığı kontrole (1 nolu uygulama) göre %183.38 oranında azalma meydana gelmiştir. Tuz stresi altında putresin uygulamaları çimlenme oranında artış sağlamıştır. Örneğin tuz ve putresinin birlikte kullanıldığı 10 nolu uygulama (0.1 mM Putresin + 200 mM NaCl) sadece 200 mM tuzun kullanıldığı 4 nolu uygulamaya

göre çimlenme oranında %92.86'lık bir artış sağlamıştır. Radikula uzunluğu, plumula uzunluğu, radikula yaş ağırlığı, plumula yaş ağırlığı, radikula kuru ağırlığı ve plumula kuru ağırlığı çalışmada ele alınan uygulamalara bağlı olarak sırasıyla 2.07-11.72 cm, 1.63-7.92 cm, 0.08-0.32 g, 0.18-0.98 g, 0.01-0.05 g ve 0.02-0.09 g arasında değişiklik göstermiştir. Bahsedilen bu çimlenme özellikleri bakımından en düşük değerler 4 nolu uygulamada (200 mM NaCl) tespit edilmiştir. En yüksek radikula uzunluğu 5, 6 ve 8 nolu uygulamalarda, en yüksek plumula uzunluğu 6 nolu uygulamada, en yüksek radikula yaş ağırlığı 1, 6 ve 14 nolu uygulamalarda, en yüksek plumula yaş ağırlığı 8 nolu uygulamada, en yüksek radikula kuru ağırlığı 1, 5, 6 ve 11 nolu uygulamalarda ve en yüksek plumula kuru ağırlığı 6, 8 ve 11 nolu uygulamalarda saptanmıştır. Tuz stresinin artan seviyeleri ile birlikte radikula uzunluğu, plumula uzunluğu, radikula yaş ağırlığı, plumula yaş ağırlığı, radikula kuru ağırlığı ve plumula kuru ağırlığı azalma göstermiştir. Diğer taraftan, bazı tuz+putresin kombinasyonlarının çimlenme parametreleri üzerinde önemli artışlar sağladığı tespit edilmiştir. Tuz ve putresinin birlikte kullanıldığı 8 nolu uygulamada (0.1 mM Putresin + 50 mM NaCl) radikula uzunluğu, plumula yaş ağırlığı ve plumula kuru ağırlığı kontrole (1 nolu uygulama) göre daha yüksek bulunmuştur. Nitekim, 8 nolu uygulama hiç tuz verilmeyen kontrole göre radikula uzunluğunu %22.08 oranında, plumula yaş ağırlığını %44.12 oranında ve plumula kuru ağırlığını %12.50 oranında artırmıştır. Aynı şekilde, radikula yaş ağırlığı bakımından 14 nolu uygulama (2 mM Putresin + 50 mM NaCl) ile plumula kuru ağırlığı bakımından 11 nolu uygulamanın (1 mM Putresin + 50 mM NaCl) kontrolden daha yüksek değerlere sahip olduğu gözlenmiştir. Tuz stresi olmadan tek başına putresinin kullanıldığı uygulamalarda (5, 6 ve 7 nolu uygulamalar) da bazı çimlenme özellikleri yönünden kontrole göre daha yüksek değerler elde edilmiştir. Genel olarak putresin uygulamaları ile tuzluluğun çimlenme parametreleri üzerine olan olumsuz etkisi azalmıştır. Putresinin üç dozu kendi arasında değerlendirildiğinde, 0.1 ve 1 mM'lık dozların 2 mM'lık doza göre hem tuzlu şartlarda hem de normal şartlarda çimlenme özellikleri üzerinde daha etkili olduğu ve çimlenme oranını artırdığı belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çalışmamıza benzer olarak daha önce yapılan çalışmalarda domateste (Rus ve ark., 2000; Mohamedsraajaden, 2019), biberde (Koç ve ark., 2014), turpta (Çavuşoğlu, 2006), börülcede (Taffouo ve ark., 2010) ve fasulyede (Zeid, 2004; Mena ve ark., 2015) tuz stresinin çimlenme üzerine yaptığı olumsuz etkiler bildirilmiştir. Tuzlu şartlarda çimlenmenin engellenmesinin osmotik stres ile sodyum ve klor iyonlarının toksik etkisi yüzünden olduğu belirtilmiştir (Zeid, 2004). Ayrıca tuzluluğun çimlenmeyi engelleyici etkisinin tuzun tohum içine suyun alımını engellemesinden kaynaklandığı (Mansour, 1994), çimlenme için gerekli depo maddelerinin çözünmesi ve taşınmasının artan tuzluluk ile engellendiği (Prakash ve Prathapasenan, 1988) bilinmektedir. Bu çalışmanın sonuçlarına benzer olarak, fasulyede yapılan diğer çalışmalarda da tuz stresinin şiddeti arttıkça çimlenmenin engellendiği, çimlenme oranının azaldığı ve çimlenme parametrelerinde (radikula ve plumula uzunluğu, radikula ve plumula yaş ağırlığı, radikula ve plumula kuru ağırlığı) kontrole göre düşüşlerin olduğu tespit edilmiştir (Elkoca ve ark., 2003; Cokkızgın, 2012; Dadaşoğlu ve Ekinci, 2013). Putresinin bitkilerde abiotik strese dayanıklılık mekanizmasında önemli etkilere sahip olduğu belirtilmektedir (Gupta ve ark., 2013). Putresin belki tohumların su alımını hızlandırarak ve tuzluluk stresinde tohumların çimlenebilmesi için gereksinim duyduğu su miktarını azaltarak ve belki de tuzlu koşullarda hücre bölünmesini artırarak tuzluluğun çimlenme üzerinde meydana getirdiği olumsuz etkileri ortadan kaldırmaktadır (Tekin ve Bozcuk, 1998). Khan ve ark. (2012) acı biberde tuz stresi olmadan tek başına putresin uygulamasının çimlenmeyi teşvik ettiğini, çimlenmede erkencilik ve senkronizasyon sağladığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca putresinin özellikle düşük konsantrasyonlarda daha etkili olduğunu tespit etmişlerdir. Zeid (2004) fasulyede yaptığı çalışmada tuzlu şartlarda dışsal putresin uygulaması ile çimlenme oranının arttığını ve bunun nedeninin çimlenme sırasındaki amilaz ve proteaz aktivitesinden kaynaklanabildiğini belirtmiştir.

Benzer şekilde, Mohamedsrajen (2019) tarafından domateste, Çavuşoğlu (2006) tarafından turpta, Koç ve ark. (2014) tarafından biberde yapılan çalışmalarda da tuzluluk ile çimlenmenin engellendiği ve tuz stresinin çimlenme parametreleri üzerine olan zararlı etkilerinin putresin ile azaltılabildiği belirtilmiştir. Bulgularımız daha önce yapılan çalışmalarla paralellik göstermektedir.

**Çizelge 2.** Tuz stresi ve putresin uygulamalarının fasulyede çimlenme oranı, radikula ve plumula uzunluğu, radikula ve plumula yaş ağırlığı, radikula ve plumula kuru ağırlığı üzerine etkileri

Uygulamalar	Özellik						
	Çimlenme oranı (%)	Radikula uzunluğu (cm)	Plumula uzunluğu (cm)	Radikula yaş ağırlığı (g)	Plumula yaş ağırlığı (g)	Radikula kuru ağırlığı (g)	Plumula kuru ağırlığı (g)
1	88.16a**	9.60ab **	7.87ab **	0.29a **	0.68ef **	0.05a **	0.08ab **
2	56.71a-d	8.39abc	6.39a-d	0.23cd	0.62f	0.03abc	0.06bc
3	48.89cd	4.06de	4.11def	0.15f	0.49gh	0.02bc	0.04cd
4	31.11d	2.07e	1.63f	0.08g	0.18i	0.01c	0.02d
5	86.67ab	10.89a	6.94abc	0.18ef	0.72de	0.05a	0.08ab
6	71.11abc	10.50a	7.92a	0.32a	0.90b	0.05a	0.09a
7	68.89abc	8.39abc	7.66ab	0.16f	0.83bc	0.03abc	0.08ab
8	57.86a-d	11.72a	7.81ab	0.24bcd	0.98a	0.04ab	0.09a
9	55.66bcd	8.33abc	3.83def	0.28ab	0.44h	0.04ab	0.05cd
10	60.00a-d	6.61bcd	5.31a-e	0.27abc	0.63f	0.03abc	0.06bc
11	66.67abc	9.97ab	7.02ab	0.16f	0.77cd	0.05a	0.09a
12	59.08a-d	5.61cde	5.17b-e	0.19ef	0.61f	0.03abc	0.06bc
13	57.78a-d	5.08cde	3.63ef	0.22de	0.43h	0.03abc	0.05cd
14	57.78a-d	5.28cde	5.72a-e	0.32a	0.68ef	0.04ab	0.06bc
15	51.72cd	3.53de	3.37ef	0.16f	0.45h	0.02bc	0.04cd
16	50.24cd	3.84de	4.22c-f	0.21de	0.53g	0.02bc	0.05cd

\*\* : P<0.01 düzeyinde önemli, Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir.

Çizelge 3'te görüldüğü gibi, EC ve pH ile renk özelliklerinden a\*, b\* ve C\* değerleri bakımından uygulamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli (P<0.01) bulunmuştur. Buna karşılık, klorofil değeri ile L\* ve h° renk değerleri yönünden uygulamalar arasındaki farklılıkların önemsiz (P>0.05) olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada klorofil değeri 35.90-42.06 spad arasında değişmiştir. İstatistiki olarak farklılık gözlenmemekle beraber, tuzluluk arttıkça klorofil değeri azalmıştır ve putresin uygulamaları klorofil içeriğini artırmıştır. Çalışmada ele alınan uygulamalar incelendiğinde, EC seviyesi bakımından 13 nolu uygulama 1075.08  $\mu\text{S cm}^{-1}$  ile ilk sırada yer almıştır. En düşük EC değerleri ise istatistiksel olarak aynı grupta yer alan 1, 5 ve 6 nolu uygulamalarda (sırasıyla 285.33, 332.79 ve 443.73  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) gözlenmiştir. EC seviyesi 13 nolu uygulamada (1 mM Putresin + 200 mM NaCl) hiç tuz verilmeyen kontrole göre (1 nolu uygulama) yaklaşık 3.7 kat artış göstermiştir. Fasulye fidelerindeki EC değerlerinde uygulamaların etkisinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Artan tuz seviyesine paralel olarak EC değerleri de artış göstermiş olup, tuz içeren uygulamalarda EC değerinin kontrol (1 nolu uygulama) ve tuz stresi olmadan yalnızca putresinin kullanıldığı uygulamalardan (5, 6 ve 7 nolu uygulamalar) önemli derecede daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Fasulye fidelerinde pH değeri 4.77-5.77 arasında değişmiştir. Tuz stresi olmadan yalnızca putresinin kullanıldığı uygulamalarda (5, 6 ve 7 nolu uygulamalar) pH değerinin diğer uygulamalardan daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Buna karşılık, en düşük pH değerleri aralarında istatistiksel olarak fark bulunmayan 4, 10 ve 13 nolu uygulamalarda bulunmuştur. Genel olarak tuz konsantrasyonu arttıkça pH değerlerinde bir düşüş meydana gelmiştir. Çalışmada ele alınan uygulamalara bağlı olarak fasulye fidelerinde a\* değeri (-11.74) - (-8.60) arasında değişmiş olup, en yüksek 10 ve 16 nolu uygulamalarda, en düşük ise 2 nolu uygulamada gözlenmiştir. Renk parametrelerinden a\* değeri kırmızıdan (pozitif) yeşile (negatif) renk değişimlerini ifade etmektedir. Çalışmada b\* değeri 16.62-23.22 arasında ve Kroma (C\*) değeri 18.71-25.62 arasında

bulunmuştur. b\* ve C\* renk değerleri bakımından 2 nolu uygulama ilk sırada yer alırken, 10 nolu uygulamanın ise en düşük b\* ve C\* renk değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Renk parametrelerinden b\* değeri sarıdan (pozitif) maviye (negatif) renk değişimlerini belirtmektedir. C\* değeri büyüdükçe rengin doygunluğu artmaktadır. Tuz stresi ve putresin uygulamalarının fasulye fidelerinde L\* ve h° renk değerlerinde meydana getirdiği değişiklik istatistiki olarak önemli görülmemiş olup, L\* ve h° renk değerleri sırasıyla 39.15-41.92 ve 116.83-118.29 arasında bulunmuştur (Çizelge 3).

Çalışmamıza benzer şekilde Zeid (2004) fasulyede tuz stresi ile klorofil içeriğinin azaldığını ve dışsal putresin uygulaması ile klorofil içeriğinin arttığını bildirmiştir. Aynı şekilde domateste (Mohamedsrajen, 2019) ve hıyarda (Shu ve ark., 2012) tuzluluk ile klorofil içeriğinin önemli derecede azaldığı, putresinin klorofil miktarını artırdığı tespit edilmiştir. Tuz stresi altında bitkide EC değerlerinin artış gösterdiği Eraslan ve ark. (2007) tarafından marulda yapılan çalışmada da belirlenmiş, bulgularımız bu anlamda paralellik göstermiştir. Mohamedsrajen (2019) tarafından domateste yapılan çalışmada tuz konsantrasyonundaki artış ile EC içeriğinin de önemli ölçüde arttığı, putresin uygulamalarının hem tuzlu hemde tuzsuz koşullarda kontrole göre EC içeriğini azalttığı ifade edilmiştir. Bizim çalışmamızda ise putresin uygulamalarında EC içeriği kontrole göre daha yüksek bulunmuştur. Yapılan bir çalışmada alternatif yeşilliklerde (mibuna, mizuna ve komatsuna) tuz stresinin renk değerleri üzerindeki etkisi incelenmiş, tuz seviyesi arttıkça L\*, a\* ve b\* renk değerlerinin arttığı belirlenmiştir (Furkan, 2019).

**Çizelge 3.** Tuz stresi ve putresin uygulamalarının fasulyede klorofil, elektriksel iletkenlik, pH ve renk özellikleri (L\*, a\*, b\*, C\* ve h°) üzerine etkileri

Uygulamalar	Özellik							
	Klorofil (spad)	EC (µS cm <sup>-1</sup> )	pH	L*	a*	b*	C*	h°
1	38.70öd	285.33f **	5.32bc**	40.80öd	-10.90bcd **	20.47abc**	23.39abc**	117.99öd
2	37.60	615.98de	5.14cde	41.52	-11.74d	23.22a	25.62a	116.83
3	36.90	691.47cd	4.86de	40.93	-10.96cd	20.94abc	23.63ab	117.65
4	35.90	803.14c	4.81e	39.94	-10.28a-d	19.31abc	21.89abc	118.13
5	38.34	332.79f	5.56ab	41.70	-11.11cd	21.13ab	23.88ab	117.81
6	39.36	443.73f	5.66ab	39.15	-10.34a-d	19.23abc	21.83abc	118.29
7	38.90	455.62ef	5.77a	40.50	-10.93bcd	20.54abc	23.27abc	118.07
8	39.92	687.98cd	5.24bcd	40.39	-9.51abc	17.82bc	20.20bc	118.09
9	39.68	767.79cd	5.11cde	40.37	-9.40abc	17.86bc	20.18bc	117.73
10	38.70	840.60bc	4.83e	39.75	-8.60a	16.62c	18.71c	117.50
11	40.90	687.79cd	5.11cde	40.29	-9.33abc	17.64bc	19.96bc	117.91
12	38.14	814.82bc	4.88de	40.27	-9.45abc	17.64bc	20.01bc	118.23
13	37.80	1075.08a	4.77e	41.71	-9.81abc	19.44abc	21.78abc	117.38
14	42.06	732.18cd	5.06cde	41.03	-9.08ab	17.79bc	19.98bc	117.05
15	37.84	818.35bc	5.01cde	41.92	-10.43a-d	19.92abc	22.49abc	117.76
16	37.74	985.45ab	4.92cde	40.14	-9.01a	17.11bc	19.35bc	117.79

\*\* : P<0.01 düzeyinde önemli, öd: önemli değil P>0.05, Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir.

Tuz stresi ve putresin uygulamalarının fasulyede fide gelişim parametreleri üzerine etkileri Çizelge 4'te verilmiştir. Fide kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı ve kuru madde oranı bakımından uygulamalar arasındaki farklılıklar P<0.01 düzeyinde önemli; fide boyu ve fide yaş ağırlığı bakımından ise uygulamalar arasındaki farklılıklar P<0.05 düzeyinde önemli bulunmuştur. Diğer taraftan, gövde çapı, kök uzunluğu, kök yaş ağırlığı ve yaprak sayısı yönünden uygulamalar arasındaki farklılıklar önemsiz (P>0.05) bulunmuştur. Fide boyu çalışmada ele alınan uygulamalara bağlı olarak 20.86-42.13 cm arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek fide boyu istatistiksel olarak aralarında fark bulunmayan 1 (kontrol) ve 6 nolu uygulamalarda tespit edilmiştir. Buna karşılık, en düşük fide boyu 4 nolu uygulamada (200 mM tuz stresinde) gözlenmiştir. Artan tuzluluk seviyesine paralel olarak fasulyede fide boyunda önemli seviyede azalma meydana gelmiş ve çalışmada kullandığımız en yüksek tuz seviyesi olan 200



mM tuz stresinde fide boyu en düşük bulunmuştur. Çalışmada, 4 nolu uygulamada fide boyu kontrole (1 nolu uygulama) göre %101.97 oranında azalmıştır. Tuz stresi altında putresin uygulamaları fide boyunda artış sağlamıştır. Örneğin tuz ve putresinin birlikte kullanıldığı 10 nolu uygulama (0.1 mM Putresin + 200 mM NaCl) sadece 200 mM tuzun kullanıldığı 4 nolu uygulamaya göre fide boyunda %45.54'lük bir artış sağlamıştır. Fide boyunda olduğu gibi fide yaş ağırlığı yönünden de en yüksek değerler 1 ve 6 nolu uygulamalarda (sırasıyla 4.92 ve 4.91 g) belirlenmiştir. Buna karşılık, en düşük fide yaş ağırlığı 4 nolu uygulamada (3.79 g) tespit edilmiştir. Fide yaş ağırlığı da tuz konsantrasyonunun artması ile birlikte azalmıştır. Tuz stresi altında putresin uygulamaları fide yaş ağırlığını artırmıştır. Fide kuru ağırlığı incelendiğinde, en yüksek değerler istatistiksel olarak aralarında fark olmayan 6 ve 7 nolu uygulamalarda (0.55 g) gözlenmiş, en düşük değerler ise 4 ve 16 nolu uygulamalarda (0.45 g) tespit edilmiştir. Tuzluluk arttıkça fide kuru ağırlığı azalmış, tuz stresi altında putresin uygulamaları fide kuru ağırlığında artış sağlamıştır. Tuz ve putresinin birlikte kullanıldığı 8, 11 ve 12 nolu uygulamalarda fide kuru ağırlığı kontrole göre (1 nolu uygulama) daha yüksek bulunmuştur. Çalışmada en yüksek kök kuru ağırlığı istatistiksel olarak aynı grupta yer alan 6 ve 9 nolu uygulamalarda (0.21 g) belirlenirken, en düşük kök kuru ağırlığı 2 nolu uygulamada (0.14 g) gözlenmiştir. Fasulye fidelerinde kuru madde miktarının 9 nolu uygulamada (%12.66) en yüksek olduğu, en düşük değerlerin ise istatistiksel olarak aralarında fark bulunmayan 4 ve 3 nolu uygulamalarda (sırasıyla %9.64 ve %9.67) olduğu tespit edilmiştir. Tuzluluk ile fasulye fidelerinde kuru madde oranı etkilenmiş, sadece tuzun kullanıldığı uygulamalarda (2, 3 ve 4 nolu uygulamalar) kuru madde miktarının diğer uygulamalara göre önemli derecede düştüğü tespit edilmiştir. Tuz stresinde putresin uygulamaları ile kuru madde oranında artış sağlanmıştır. Çalışmada 9 nolu uygulama (0.1 mM Putresin + 100 mM NaCl) sadece 100 mM tuzun kullanıldığı 3 nolu uygulamaya göre kuru madde miktarını %30.92 oranında artırmıştır. Çalışmada gövde çapı, kök uzunluğu, kök yaş ağırlığı ve yaprak sayısı yönünden uygulamalar arasında fark bulunmamıştır. Fasulye fidelerinde gövde çapının 3.55-4.06 mm, kök uzunluğunun 17.79-24.36 cm, kök yaş ağırlığının 1.56-2.64 g ve yaprak sayısının 4.71-5.86 arasında değiştiği tespit edilmiştir. İstatistiksel olarak farklılık göstermemekle birlikte yukarıda bahsedilen fide gelişim parametreleri yönünden yalnızca tuz içeren uygulamalardan (2, 3 ve 4 nolu uygulamalar) diğer uygulamalara göre daha düşük değerler elde edilmiştir. Çalışmada, tuz stresi altında putresin uygulamalarında fide gelişim parametrelerinin yalnızca tuz içeren uygulamalara (2, 3 ve 4 nolu uygulamalar) göre daha iyi olduğu ve putresin uygulamalarının tuz stresinin fide gelişimi üzerinde meydana getirdiği olumsuz etkiyi azalttığı belirlenmiştir. Putresin dozları içerisinde 0.1 ve 1 mM'lık dozların 2 mM'lık doza göre hem tuzlu şartlarda hem de normal şartlarda fide büyümesi üzerinde daha etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4).

Tuzluluk fide ve bitki gelişimini önemli derecede etkilemektedir. Bitkilerin tuza hassasiyetlik dereceleri farklılık göstermekte olup, fasulye tuza hassas bitkiler içerisinde yer almaktadır (Yaşar ve ark., 2008). Tuzluluk, ortamda bitkinin suyu kolaylıkla almasını engelleyerek, bitkinin su alabilmek için fazla enerji harcamasına, dolayısıyla bitki gelişiminin yavaşlamasına ve durmasına neden olmaktadır (Ekmeççi ve ark., 2005). Ayrıca, yüksek tuz konsantrasyonlarında iyon birikimi ve stomaların açılıp kapanmasındaki düzensizlikler nedeniyle toplam klorofil miktarında azalmalar olduğu ve sonuç olarak fotosentez etkinliğinin azalarak bitki gelişiminin olumsuz yönde etkilendiği ifade edilmiştir (Aranda ve Syvertsen, 1996). Çalışmamıza benzer şekilde, daha önce yapılan çalışmalarda kavunda (Kuşvuran, 2010), biberde (Rastgeldi, 2010), bamyada (Kuşvuran, 2011), hıyarda (Zhang ve ark., 2009) ve fasulyede (Elkoca ve ark., 2003; Mena ve ark., 2015; Seymen ve Önder, 2015) tuz stresinin fide gelişimi üzerine olumsuz etkileri olduğu tespit edilmiştir. Poliaminlerin dışsal uygulamasının bitkilerdeki hücre iyon dengesinin ve hücre membran stabilitesinin devamlılığını sağlayarak, klorofil kaybını önleyerek, protein, nükleik asit ve koruyucu alkaloidlerin sentezini artırarak farklı stres koşullarında bitki büyüme ve

gelişmesini önemli ölçüde iyileştirdiği bildirilmiştir (Xu ve ark., 2011; Shi ve ark., 2013). Stressiz koşullarda fasulyede (Abdel-Azem ve ark., 2015), soğanda (Amin ve ark., 2011) ve acı biberde (Khan ve ark., 2012) putresin uygulamasının fide gelişimini olumlu yönde etkilediği saptanmıştır. Hıyar bitkisinde tuz stresinin fotosentetik aktiviteyi önemli derecede azalttığı, bununla birlikte yapraklardan bitkiye uygulanan putresinin tuz stresinin fotosentez üzerindeki olumsuz etkisini önlediği ifade edilmiştir (Shu ve ark., 2012). Zeid (2004) fasulyede yaptığı çalışmada hem tuzlu şartlarda hem de normal şartlarda putresin uygulamasının fide büyümesini artırdığını ve ayrıca putresinin tuzun zararlı etkisini azalttığını ifade etmiştir. Benzer şekilde, Mohamedsrajen (2019) tarafından domateste ve Yuan ve ark. (2019) tarafından hıyarda yapılan çalışmalarda da tuzluluk ile fide büyümesinin engellendiği ve putresin uygulamasının fide gelişimi üzerindeki tuzun olumsuz etkisini azalttığı bildirilmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar daha önce yapılan çalışmalarla uyum göstermektedir.

**Çizelge 4.** Tuz stresi ve putresin uygulamalarının fasulyede fide boyu, gövde çapı, kök uzunluğu, fide yaş ağırlığı, kök yaş ağırlığı, fide kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı, yaprak sayısı ve kuru madde oranı üzerine etkileri

Uygulamalar	Özellik								
	Fide boyu (cm)	Gövde çapı (mm)	Kök uzunluğu (cm)	Fide yaş ağırlığı (g bitki <sup>-1</sup> )	Kök yaş ağırlığı (g bitki <sup>-1</sup> )	Fide kuru ağırlığı (g bitki <sup>-1</sup> )	Kök kuru ağırlığı (g bitki <sup>-1</sup> )	Yaprak sayısı	Kuru madde oranı (%)
1	42.13a*	4.06öd	24.36öd	4.92a*	2.04öd	0.50a-d**	0.18bcd **	5.43öd	10.91 **
2	29.59ab	3.56	20.43	4.29ab	1.56	0.47bcd	0.14f	5.00	9.78l
3	26.21ab	3.55	19.86	4.01ab	1.83	0.46cd	0.16def	5.00	9.67m
4	20.86b	3.57	17.79	3.79b	1.61	0.45d	0.15ef	4.71	9.64m
5	35.21ab	3.66	23.71	4.66ab	1.95	0.48bcd	0.16def	5.86	11.29g
6	39.73a	3.72	21.50	4.91a	2.21	0.55a	0.21a	5.43	12.53b
7	32.79ab	3.69	20.86	4.63ab	1.74	0.55a	0.20ab	5.29	11.16h
8	32.57ab	3.59	20.79	4.51ab	1.84	0.52ab	0.17cde	5.00	12.42c
9	31.07ab	3.58	22.86	4.53ab	2.64	0.49a-d	0.21a	5.43	12.66a
10	30.36ab	3.57	20.57	4.50ab	1.83	0.48bcd	0.16def	5.14	11.49f
11	32.84ab	3.69	20.93	4.57ab	1.86	0.51abc	0.17cde	5.29	11.33g
12	31.36ab	3.59	21.07	4.51ab	2.11	0.51abc	0.19abc	5.00	10.11k
13	29.93ab	3.58	22.07	4.51ab	2.00	0.48bcd	0.19abc	5.14	12.18d
14	30.56ab	3.62	20.71	4.52ab	1.75	0.48bcd	0.16def	5.29	10.49j
15	30.00ab	3.60	20.57	4.48ab	1.85	0.47bcd	0.15ef	5.29	10.12k
16	29.50ab	3.58	20.21	4.47ab	1.74	0.45d	0.15ef	5.00	12.00e

\*\* : P<0.01 düzeyinde önemli, \* : P<0.05 düzeyinde önemli, öd: önemli değil P>0.05, Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir.

## SONUÇ

Tuzluluk, bitki gelişimi ve verimliliğini olumsuz etkileyen, bunun sonucunda tarımsal üretimi sınırlayan abiyotik stres faktörlerinin en önemlilerinden biridir. Gerek dünyada gerekse ülkemizde üretim ve tüketim bakımından önemli bir yere sahip olan fasulye, tuzluluğa en hassas sebze türleri içerisinde yer almaktadır. Bu çalışmada, fasulyede tuz stresi ve putresin uygulamalarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkileri incelenmiştir. Araştırma sonucunda tuzluluğun fasulye tohumlarında çimlenmeyi büyük ölçüde engellediği tespit edilmiştir. Tuz konsantrasyonu arttıkça çimlenme oranında ve fide büyümesinde önemli derecede azalma görülmüştür. Özellikle en yüksek tuz seviyesi olan 200 mM NaCl dozunda (4 nolu uygulama) tuz stresinin tohum çimlenme ve fide aşamasında oluşturduğu zarar düzeyi en yüksek seviyede gerçekleşmiştir. Çalışmada tuz stresi altında putresin uygulamalarının çimlenme özellikleri ve fide gelişim parametrelerini artırdığı saptanmıştır. Tuz stresi olmadan tek başına putresinin kullanıldığı uygulamalarda (5, 6 ve 7 nolu uygulamalar) da bazı çimlenme özellikleri ve fide gelişim parametreleri yönünden kontrole göre daha yüksek değerler elde edilmiştir. Genel olarak

putresin uygulamalarının tohum çimlenmesi ve fide büyümesinde olumlu etkileri olduğu, tuz stresinin çimlenme ve fide gelişimi üzerinde meydana getirdiği olumsuz etkileri önemli ölçüde azalttığı belirlenmiştir. Putresinin üç dozu kendi arasında değerlendirildiğinde, 0.1 ve 1 mM'lık dozların 2 mM'lık doza göre hem tuzlu şartlarda hem de normal şartlarda çimlenme ve fide büyümesi üzerinde daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak, tuzluluk sorunu olan alanlarda fasulye yetiştiriciliğinde tuz stresinin olumsuz etkilerini azaltmak için putresin alternatif bir uygulama yöntemi olarak önerilebilir. Bununla birlikte, iklim odası koşullarında yapılan bu denemenin arazi koşullarında da yapılmasının daha sonra yapılacak çalışmalara ışık tutması açısından gerekli olduğu düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Abdel-Azem HS, Shehata SM, El-Gizawy AM, El-Yazied AA, Adam SM, 2015. Snap Bean Response to Salicylic Acid and Putrescine Used Separately and Jointly Under Two Sowing Dates. Middle East Journal of Applied Sciences, 5 (4): 1211-1221.
- Alian A, Altman A, Heuer B, 2000. Genotypic Difference in Salinity and Water Stress Tolerance of Fresh Market Tomato Cultivars. Plant Science, 152: 59-65.
- Amin AA, Gharib FAE, El-Awadi M, El-Sherbeny MR, 2011. Physiological Response of Onion to Foliar Application of Putrescine and Glutamine. Scientia Horticulturae, 129: 353-360.
- Aranda RR, Syvertsen JP, 1996. The Influence of Foliar Applied Urea Nitrogen and Salina Solutions on Net Gas Exchange of *Citrus* Leaves. Journal of American Society for Horticultural Science, 12: 501-506.
- Asgharipour MR, Rafiei M, 2011. Effect of Salinity on Germination and Seedling Growth of Lentils. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 5 (11): 2002-2004.
- Bekircan T, 2012. Poliaminlerin Oksidatif Strese Etkisinin Biyokimyasal Seviyede Araştırılması. Rize Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Blair MW, 2013. Mineral Biofortification Strategies for Food Staples: The Example of Common Bean. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 61: 8287-8294.
- Cokkızgın A, 2012. Salinity Stress in Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Seed Germination. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 40 (1): 177-182.
- Cokkızgın A, Cokkızgın H, 2010. Effects of Lead (PbCl<sub>2</sub>) Stress on Germination of Lentil (*Lens culinaris* Medic.) Lines. African Journal of Biotechnology, 9 (50): 8608-8612.
- Çavuşoğlu K, 2006. Arpa ve Turp Tohumlarının Normal Şartlar Altındaki Çimlenme ve Fide Büyümesine Bazı Bitki Büyüme Düzenleyicilerinin Etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi, 1 (1-2): 1-13.
- Çavuşoğlu K, Kabar K, 2008. Bazı Bitki Büyüme Düzenleyicilerinin Tuzlu Koşullar Altındaki Arpa Tohumlarının Çimlenmesi Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 20 (1): 43-55.
- Çulha Ş, Çakırlar H, 2011. Tuzluluğun Bitkiler Üzerine Etkileri ve Tuz Tolerans Mekanizmaları. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 11: 11-34.
- Dadaşoğlu E, Ekinci M, 2013. Farklı Sıcaklık Dereceleri, Tuz ve Salisilik Asit Uygulamalarının Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Tohumlarında Çimlenme Üzerine Etkisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 44 (2): 145-150.
- Direk M, Bayramoğlu Z, Paksoy M, 2002. Konya İlinde Fasulye Üretiminde Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 16 (30): 21-27.
- Dölarıslan M, Gül E, 2012. Toprak Bitki İlişkileri Açısından Tuzluluk. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 5 (2): 56-59.
- Ekmekçi E, Apan M, Kara T, 2005. Tuzluluğun Bitki Gelişimine Etkisi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20 (3): 118-125.
- Elkoca E, Kantar F, Güvenç İ, 2003. Değişik NaCl Konsantrasyonlarının Kuru Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotiplerinin Çimlenme ve Fide Gelişmesine Etkileri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34 (1): 1-8.

- El-Tayeb MA, 2005. Response of Barley Grains to the Interactive Effect of Salinity and Salicylic Acid. *Plant Growth Regulation*, 45: 215-224.
- Eraslan F, Inal A, Savasturk O, Gunes A, 2007. Changes in Antioxidative System and Membrane Damage of Lettuce in Response to Salinity and Boron Toxicity. *Scientia Horticulturae*, 114 (1): 5-10.
- FAOSTAT, 2020. Statistical databases. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://faostat.fao.org> (Date of access: 13 July 2020).
- Flowers TJ, Yeo AR, 1995. Breeding for Salinity Resistance in Crop Plants Where Next. *Australian Journal of Plant Physiology*, 22: 875-884.
- Furkan ZE, 2019. Alternatif Yeşilliklerde (Mibuna, Mizuna ve Komatsuna) Tuz Stresinin Meydana Getirdiği Bazı Fizyolojik, Morfolojik ve Kimyasal Değişikliklerin Belirlenmesi. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Galston AW, Kaur-Sawhney R, 1995. Polyamines as Endogenous Growth Regulators. In: *Plant Hormones and their Role in Plant Growth and Development*. Ed: P.J. Davies, pp. 280-295.
- Goertz SH, Coons JM, 1989. Germination Response of Tepary and Navy Beans to Sodium Chloride and Temperature. *HortScience*, 24 (6): 923-925.
- Gupta K, Dey A, Gupta B, 2013. Plant Polyamines in Abiotic Stress Responses. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35: 2015-2036.
- Hussain SS, Ali M, Ahmad M, Siddique KHM, 2011. Polyamines: Natural and Engineered Abiotic and Biotic Stress Tolerance in Plants. *Biotechnology Advances*, 29: 300-311.
- Kalefetoğlu T, Ekmekçi Y, 2005. The effects of Drought on Plants and Tolerance Mechanisms. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 18 (4): 723-740.
- Khan HA, Ziaf K, Amjad M, Iqbal Q, 2012. Exogenous Application of Polyamines Improves Germination and Early Seedling Growth of Hot Pepper. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 72 (3): 429-433.
- Kılıç O, Çapur U, Görtay Ş, 1991. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi Uygulama Kılavuzu. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları, Bursa.
- Koç E, Üstün AS, İşlek C, Kaşko Arıcı Y, 2014. Effect of Exogenously Applied Spermine and Putrescine on Germination and *In Vitro* Growth of Pepper (*Capsicum annuum* L.) Seeds under Salt Stress. *Bilim ve Teknoloji Dergisi C –Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji*, 3 (2): 63-71.
- Kreps JA, Wu Y, Chang H, Zhu T, Wang X, Harper JF, 2002. Transcriptome Changes for *Arabidopsis* in Response to Salt, Osmotic, and Cold Stress. *Plant Physiology*, 130: 2129-2141.
- Kuşvuran Ş, 2010. Kavunlarda Kuraklık ve Tuzluluğa Toleransın Fizyolojik Mekanizmaları Arasındaki Bağlantılar. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Kuşvuran Ş, 2011. Bamyada (*Abelmoschus esculentus* L.) da Tuz Stresine Tolerans Bakımından Genotipsel Farklılıklar ve Tarama Parametrelerinin Araştırılması. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi, 28 (2): 55-70.
- Mansour MMF, 1994. Changes in Growth, Osmotic Potential and Cell Permeability of Wheat Cultivars under Salt Stress. *Biological Plant*, 36: 429-434.
- Mena E, Leiva-Mora M, Jayawardana EKD, García L, Veitía N, Bermúdez-Carabaloso I, Collado R, Ortíz RC, 2015. Effect of Salt Stress on Seed Germination and Seedlings Growth of *Phaseolus vulgaris* L. *Cultivos Tropicales*, 36 (3): 71-74.
- Mohamedsrajaaden NS, 2019. Poliaminlerin Tuzlu Şartlarda Domateste Çimlenme, Fide Gelişimi, Antioksidan Enzim Aktivitesi ve Mineral Madde İçeriği Üzerine Etkisi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Muhammad Z, Hussain F, 2010. Effect of NaCl Salinity on the Germination and Seedling Growth of Some Medicinal Plants. *Pakistan Journal of Botany*, 42 (2): 889-897.
- Prakash L, Prathapasenan G, 1988. Putrescine Reduces NaCl-Induced Inhibition of Germination and Early Seeding Growth of Rice (*Oryza sativa* L.). *Australian Journal of Plant Physiology*, 15: 761-767.
- Qureshi RH, Rashid A, Ahmad N, 1990. A Procedure for Quick Screening of Wheat Cultivars for Salt Tolerance. In: N. El Bassam et al. (eds.), *Genetics Aspects of Plant Mineral Nutrition*. Kluwer Academic Publishers in the Netherlands, pp. 315-324.



- Rastgeldi ZHA, 2010. Biberde Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Bazı Fizyolojik Parametreler ile Mineral Madde İçeriği Üzerine Etkisi. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Rus MA, Rios S, Olmos E, Santa-Cruz A, Bolarin CM, 2000. Long-Term Culture Modifies the Salt Responses of Callus Lines of Salt-Tolerant and Salt Sensitive Tomato Species. *Journal Plant Physiology*, 157: 413-420.
- Sang T, Shan X, Li B, Shu S, Sun S, Guo S, 2016. Comparative Proteomic Analysis Reveals the Positive Effect of Exogenous Spermidine on Photosynthesis and Salinity Tolerance in Cucumber Seedlings. *Plant Cell Report*, 35: 1769-1782.
- Seymen B, Önder M, 2015. Kuru Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotiplerinde Tuzluluğun Fide Gelişimi Üzerine Etkisi. *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*, 2 (2): 109-115.
- Shi H, Ye T, Chan Z, 2013. Comparative Proteomic and Physiological Analyses Reveal the Protective Effect of Exogenous Polyamines in the Bermuda Grass (*Cynodon dactylon*) Response to Salt and Drought Stresses. *Journal of Proteome Research*, 12: 4807-4829.
- Shu S, Gua SR, Sun J, Yuan LY, 2012. Effects of Salt Stress on the Structure and Function of the Photosynthetic Apparatus in *Cucumis sativus* and its Protection by Exogenous Putrescine. *Physiologia Plantarum*, 146: 285-296.
- Singh P, Gautam S, 2013. Role of Salicylic Acid on Physiological and Biochemical Mechanism of Salinity Stress Tolerance in Plants. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35: 2345-2353.
- Sprent JI, 2001. Nodulation in Legumes, Royal Botanic Gardens, Kew, U.K. 14-25.
- Taban S, Gunes A, Alpaslan M, Özcan H, 1999. Değişik Mısır (*Zea mays* L. cvs.) Çeşitlerinin Tuz Stresine Duyarlılıkları. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23: 625-633.
- Taffouo VD, Wamba OF, Youmbi E, Nono GV, Akoa A, 2010. Growth, Yield, Water Status and Ionic Distribution Response of Three Bambara Groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) Landraces Grown under Saline Conditions. *International Journal Botany*, 6 (1): 53-58.
- Takahashi T, Kakehi J, 2010. Polyamines: Ubiquitous Polycations with Unique Roles in Growth and Stress Responses. *Annals of Botany*, 105: 1-6.
- Tekin F, Bozcuk S, 1998. *Helianthus annuus* L. var. Santafe (Ayçiçeği) Tohumlarının Çimlenmesi ve Erken Büyüme Üzerine Tuz ve Dışsal Putresin'in Etkileri. *Turkish Journal of Biology*, 22: 331-340.
- TÜİK, 2020. Türkiye İstatistik Kurumu. Bitkisel Üretim İstatistikleri. [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr) (Erişim tarihi: 10 Temmuz 2020).
- Vinocur B, Altman A, 2005. Recent Advances in Engineering Plant Tolerance to Abiotic Stress: Achievements and Limitations. *Current Opinion in Biotechnology*, 16: 123-132.
- Xu X, Shi G, Ding C, Xu Y, 2011. Regulation of Exogenous Spermidine on the Reactive Oxygen Species Level and Polyamine Metabolism in *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb under Copper Stress. *Plant Growth Regulation*, 63: 251-258.
- Yaşar F, Ellialtıoğlu Ş, Yıldız K, 2008. Effect of Salt Stress on Antioxidant Defense Systems, Lipid Peroxidation, and Chlorophyll Content in Green Bean. *Russian Journal of Plant Physiology*, 55 (6): 782-786.
- Yuan Y, Zhong M, Du N, Shu S, Sun J, Guo S, 2019. Putrescine Enhances Salt Tolerance of Cucumber Seedlings by Regulating Ion Homeostasis. *Environmental and Experimental Botany*, 165: 70-82.
- Zeid IM, 2004. Response of Bean (*Phaseolus vulgaris*) to Exogenous Putrescine Treatment under Salinity Stress. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7 (2): 219-225.
- Zhang W, Jiang B, Li W, Song H, Yu Y, Chen J, 2009. Polyamines Enhance Chilling Tolerance of Cucumber (*Cucumis sativus* L.) Through Modulating Antioxidative System. *Scientia Horticulture*, 122: 200-208.
- Zhu JK, 2003. Salt and Drought Stress Signal Transduction in Plants. *Annual Review of Plant Biology*, 53: 247-273.



**Optik Karakter Tanımda Hata Yayılım Algoritmalarının Performans Kıyaslaması**Ahmet ÇELİK<sup>1\*</sup>

**ÖZET:** Görüntü formatındaki belgelerin içinden karakterlerin veya verilerinin tekrar metin biçimine dönüştürülmesi büyük zaman ve iş gücü kaybı demektir. Günümüzde doküman işlemlerinde, işlem maliyetlerini düşürmek ve verimlilik oranlarını arttırmak istenilmektedir. Okutulacak belgeler üzerinde farklı yazı stilleri, yazı boyutları ve yazı biçimleri olabilmektedir. Ayrıca el yazısı notları da olabilmektedir. Bilgisayar ortamında hazırlanan ve bilinen yazı stilleriyle oluşturulan karakter değerlerinin tekrar düzenlenebilir metin formatına dönüştürme başarısı daha yüksektir ancak el yazısı karakterlerinin dönüştürme başarısı daha düşüktür. Tesseract kütüphanesinin eğitim verilerinin yeterli olmaması sebebiyle bazı yazı biçimlerinde başarı oranı düşük olabilmektedir. Bu çalışmada; OCR teknolojisi için kullanılan Tesseract kütüphanesi yardımıyla farklı yazı stilleri üzerinde, farklı yazı biçimleri uygulanarak, alfabetik karakter ve rakam okutulması gerçekleştirilmiş ve okuma başarı kıyaslaması yapılmıştır. Times New Roman, Calibri ve Arial yazı stilleri üzerinde normal, kalın ve eğik yazı biçimleri uygulanan örnekler kullanılmıştır. Ayrıca Tesseract kütüphanesi kullanımı öncesi, görüntü üzerinde Error Diffusion (Hata Yayılımı) algoritmaları ile iyileştirmeler yapılarak okuma oranları karşılaştırılmıştır. Böylece OCR tanıma yönteminin başarısını arttıran, ön işlem algoritmasının bulunması amaçlanmıştır. Elde edilen değerlere göre; belge üzerinde ön işlem olarak, Floyd Steinberg hata dağılım algoritması kullanımından sonra Tesseract kütüphanesinin daha doğru okuma yaptığı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Optik karakter tanıma, Tesseract, hata yayılımı, görüntü işleme, makine öğrenmesi

**Performance Comparison of Error Diffusion Algorithms in Optical Character Recognition**

**ABSTRACT:** Converting characters or data to text through image formats means loss of time and labor. Today, It is desired to reduce transaction costs and increase efficiency rates in document transactions. For reading have been different writing styles, font sizes and writing formats on the documents. Computer-generated prepared character conversion and known writing style with success back into editable text format, the success of the conversion value higher than handwritten characters. The biggest step for reading in character, separating of characters from background. Due to the lack training data of the Tesseract library, the success rate, lows in some writing formats. In this study, reading alphabetical character and numbers was performed with the help of Tesseract library used for OCR technology and was made on different writing styles by applying different writing styles reading success comparison. Samples using normal, bold and italic writing formats were used on Times New Roman, Calibri and Arial font styles. Also on the image before using Tesseract library, Error Diffusion algorithms were compared with read rates by making improvements. Thus, it is aimed to find a pre-processing algorithm that increases the success of the OCR recognition method. According to the obtained values; As a pretreatment on the document, it was observed that the Tesseract library made a more accurate reading after using the Floyd Steinberg error distribution algorithm.

**Keywords:** Optical character recognition, Tesseract, error diffusion, image processing, machine learning

<sup>1</sup> Ahmet ÇELİK (Orcid ID: 0000-0002-6288-3182), Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Tavşanlı Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Kütahya, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ahmet ÇELİK, e-mail: ahmet.celik@dpu.edu.tr

Geliş tarihi / Received: 05-04-2020

Kabul tarihi / Accepted: 27-05-2020

## GİRİŞ

Optik karakter tanımlama(Optical Character Recognition:OCR) yöntemi, 1955 yılında ilk olarak satış raporlarının, bilgisayar sistemine aktarılmasında kullanılmaya başlanmıştır (Patel ve ark., 2012). Günümüzde birçok uygulamada kullanılan popüler bir yöntemdir. OCR karakter tanımadaki başarısı ön işlemlere ve sınıflama algoritmalarına bağlıdır. Bazı durumlarda görüntü içinden karakterleri almak zor olabilmektedir çünkü karakter farklı boyutlarda, stillerde, konumlarda ve karışık arka planı olan görüntülerde olabilmektedir.

El yazısı ile oluşturulan evrakların OCR yöntemi kullanılarak düzenlenebilir sayısal ortama dönüştürülmesi ileride daha da geliştirilmesi gerekir. OCR yöntemleri makinelerin yani mobil ya da bilgisayar sistemli cihazların metinleri otomatik tanımasını sağlamaktadır. Bu yöntemin çalışması insanın göz ve beyninin beraber işleyişine benzemektedir. Göz görüntü üzerindeki metni görmektedir aslında beyin de göz tarafından okunan metinleri yorumlar. Bilgisayarlı OCR sistemlerinde birkaç problemle karşılaşmaktadır. Birinci olarak harf ve sayı değerleri arasında çok küçük farklılıklar olduğunda örneğin sıfır (0) ile O harfi çoğunlukla karıştırılmaktadır. İkinci olarak; koyu arka planı olan veya altında başka bir görüntü olan karakterlerin okunması zor olabilmektedir (Patel ve ark., 2012).

OCR yöntemleri, taranmış ya da bir kamera yardımıyla görüntüsü alınmış belgelerin elektronik ortama aktarılmasında ya da istenildiğinde bu kayıtlar içindeki metinlerin bulunmasında kullanılabilir. Bu yöntem makine öğrenmesi yöntemlerini kullanarak kendi eğitim setini geliştirmektedir. Yapay sinir ağları, OCR yöntemlerinde kullanılabilir. El yazısını tanımak zor olduğundan Akıllı Karakter Tanıma(Intelligent Character Recognition:ICR) yöntemi üzerinde çalışmalar devam etmektedir(Koyun ve ark., 2017).

OCR yöntemi kullanılırken eski kitaplar, kalitesiz fotokopi kağıtları ve faks gibi kaynaklardan okuma yapıldığında, bazı tanıma hatalarıyla karşılaşmaktadır. Ofis uygulamalarında gerçekten faydalı olan OCR yöntemlerinin geliştirilmesi ve okunan bilgilerin tekrar kontrol edilmesi güvenilirliği sağlayacaktır. Otomatik doğrulamanın OCR hataları üzerinde yapılması faydalı olacaktır. Kelimeler üzerinde aslında iki tip hatalarla karşılaşmaktadır. Birinci kelime olmayan hatalı okumaların yapılması, ikinci olarak gerçek kelime hatalarıdır. “Bu” kelimesinin “8u”gibi tanınması; kelime olmayan hatalı okumadır. “Bir” kelimesinin “Bin” gibi tanınması; gerçek kelime hatasıdır(Patel ve ark., 2012; Tong ve ark.,1996).

OCR en çok PDF dosyaları üzerinden metin okuma amacıyla kullanılmaktadır. Kamera ya da tarayıcı yardımıyla sayısal ortama alınan görüntü formatındaki dosyaların çarpık/eğik olması ya da bulanık olması, OCR yönteminin kullanılmasının en zor olduğu durumlardır. OCR de ilk adım sınıflandırma ikinci adım ise özellik çıkarmadır. OCR hem mobil hem de bilgisayar ortamlarında kullanılabilir(Mithe ve ark.,2013).

Bilgisayar donanımların iyileşmesi ile görüntü alma birimlerin gelişmesiyle görüntü işlemleri teknikleri de büyük oranda gelişme göstermiştir. Optik karakter tanıma teknolojisi de bu tekniklerden biridir. Optik karakter tanımlama(OCR) görüntü üzerindeki karakterleri okuyarak üzerinde değişiklik yapılabilen metin verilerine dönüştürmektedir. Optik karakter tanıma işlemleri genelde iki bölüme ayrılmaktadır. Bunlar; Otomatik Karakter Tanıma (Automatic Character Recognition: ADC) ve de Metin Tanıma (TR: Text Recognition) bölümleridir. Otomatik karakter tanımda sisteminde tanınan her karakter doğru kabul edilmektedir ve karşılık olarak bir Amerikan Standart Kodlama Sistemi (American Standard Code for Information Interchange: ASCII ) kodu oluşturulmaktadır. Metin tanıma ise karakterlerin oluşturduğu kelimelerin tanınmasında kullanılmaktadır(Saray ve ark.,2017).

OCR teknolojisi birçok alanlarda kullanılmaktadır; Özellikle; üretim sektöründe sipariş, arıza, kayıt formlarının okunmasında, personel takip sistemlerinin digital(sayısal) ortama aktarılmasında, banka dekont, çek belgelerinin kayıt edilmesinde, faks evraklarının sayısal ortamına aktarılmasında, mahkeme, proje çıktı evraklarının tekrar bilgisayar ortamına aktarılmasında, basılmış gazete yada dergilerin kayıtlarının oluşturularak kütüphane ortamlarında sunulmasında, vergi, ceza yada bilgilendirme belgelerinin kayıt altına alınmasında çok kolaylık sağlamaktadır. Günümüzde yaygın kullanılan OCR uygulamaları ise Tesseract(GitHub,2020), Abbyy Fine Reader(ABBYY, 2020) ve GOCR(GOCR, 2020) yazılımlarıdır. Ayrıca genelde yüksek hız ve doğruluk oranına sahip, makine öğrenmesi yöntemlerinden biri olan, derin öğrenme tabanlı OCR tanıma uygulamaları da kullanılmaktadır. Bu uygulamaların bazılarında Keras ve Tensorflow kütüphaneleri kullanılarak Evrişimsel sinir ağı (Convolutional Neural Network :CNN) yapısında bir yapay sinir ağı kullanılmıştır (Gider ve ark., 2018; Koyun ve ark., 2017).

Bu çalışmada, OCR için yaygın kullanılan Tesseract kütüphanesinden yararlanılmıştır. Karakterlerin verilerin okutulması gerçekleştirilmektedir. Tesseract kütüphanesi eğitim verilerinin yeterli olmaması sebebiyle Error Diffusion (Hata Yayılımı) algoritmaları ile iyileştirmeler yapılmıştır ve algoritmaların okuma oranları karşılaştırılmıştır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Yapılan çalışma, Microsoft Visual Studio 2012 yazılım paketi geliştirme ortamı kullanılarak, Visual C# program dili ile geliştirilmiştir. Karakter tanımlama için Tesseract kütüphanesinden yararlanılmıştır. Kütüphane eğitim verileri tek başına okuma gerçekleştirmek için yeterli değildir. Bu tür kütüphaneleri başarısını atırmak için ya eğitim veri sayısını çoğaltmak ya da algoritma kullanım öncesi ön işlemler uygulamak gerekmektedir. Tesseract kütüphanesinde de başarı oranı yüksek bir okuma yapabilmek için karakter içeren gerekli ön işlemlerden geçmesi gerekmektedir bu sebeple hata yayılım (Error diffusion) algoritmalarından yararlanılmıştır. Hata yayılım algoritmaları komşu piksel değerleri ile hesaplamalar yapıp, piksel gürültülerini diğer piksellere aktarır, belirgin hataları yumuşatmaktadır. Bu algoritmalarda kullanılan matrisler resmin üzerinde yukarıdan aşağıya, soldan sağa doğru gezdirilmektedir

Hata yayılım matrislerde hedef Piksel olarak gösterilen piksel, o anda taranmakta olan pikseli belirtir. Algoritmalar görüntüyü soldan sağa, yukarıdan aşağıya tarar, hedef piksel değerlerini komşu pikseller üzerinde belirtilen katsayıları uygular ve hedef piksel değerleri birer birer hesaplanmaktadır.

Yapılan çalışma İngilizce alfabe ve rakam içeren görüntüler üzerinde uygulanmıştır. Yazı boyutu(punto) 24 seçilmiştir. Elde edilen görüntüler 600x100 piksel çözünürlüğe sahip PNG dosya formatındadır. Bu karakter değerleri Arial, Calibri ve Times New Roman yazı stilleriyle oluşturularak ve bu yazı stilleri üzerinde kalın(bold), eğik(italic) biçimlendirme uygulayarak sonuçları test edilmiştir. Şekil 1 üzerinde Times New Roman(kalın) örneği görülmektedir.

Şekil 1. Örnek metin görüntüsü(600x100 çözünürlük-Kalın-Times New Roman yazı stili).

## Tesseract Kütüphanesi

Tesseract kütüphanesi, çeşitli işletim sistemleri için geliştirilen optik karakter tanıma yazılımıdır(GitHub,2020). İlk olarak 1985 - 1995 yılları arasında Hewlett-Packard şirketi tarafından

kapalı kaynak bir yazılım olarak geliştirilmiştir. 2005 yılındaysa Hewlett Packard şirketi ve University of Nevada Las Vegas (UNLV) tarafından özgür yazılım olarak yayınlanmıştır. Birçok programlama ara yüz dilini desteklemektedir. Tesseract piyasada mevcut en doğru ve açık kaynak kodlu OCR motoru olarak kabul edilmektedir. Tesseract kütüphanesinde ilk olarak Otsu eşik yöntemiyle karakterler ayrılır, sonra metin satırı tespit edilir daha sonra ise her karakter birbirinden ayrılır. Son adımda ise kelimetahmini gerçekleştirilir. Bu kütüphanede örnek sayısı eğitim amaçla artarsa başarı oranının artacağı görülmektedir. Tesseract kütüphanesinin web platform desteğinin olmaması, emsallerine göre daha yavaş gelişmesi ve dezavantajları arasında gösterilmektedir (Kutlu ve ark., 2014; Smith ve ark. 2007).

### Abby Fine Reader

189 dili tanıma özelliği bulunan ABBYY Fine Reader uygulaması, görüntü formatındaki dosyaları oldukça doğru bir şekilde okuyarak Microsoft dosya biçimlerine (Word, Excel, PowerPoint) dönüştürebilmekte veya arama yapılabilir. Firmaların günlük olarak alınan ve işlemde geçirilen raporlarını, mektuplarını, sözleşmelerini, faturalarını yani kağıt belge üzerinde çalışma imkanı sağlar (Oki Electric Industry, 2020).

ABBYY Fine Reader uygulaması, en son yapay zeka tabanlı OCR teknolojisine sahip olarak her tür belgeyi elektronik ortama alarak dijitalleştirmeyi, veriyi geri almayı, düzenlemeyi, korumayı, paylaşmayı ve ortak çalışmayı kolaylaştırmaktadır (ABBYY, 2020).

### GOOCR

GOOCR bir Optik Karakter Okuma uygulamasıdır. Genel Kamu lisansına sahiptir (GNU) yani açık kaynak kodludur. C programlama diliyle yazılmış ve Linux tabanlı platformlarda çalıştığı gibi Windows platformunda çalışabilmektedir. 2001 yılında Joerg Schulenburg tarafından yazılmış 2010 yılından sonra proje takımı oluşturulmuş ve yazılım daha geliştirilerek çok kısa sürede karakter tanıma görevini yapabilmektedir. PNG, TIFF, JPG gibi birçok görüntü dosyası içinde tarama yapabilmektedir (GOOCR, 2020).

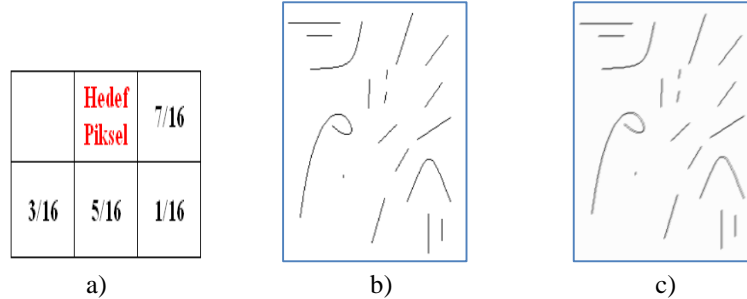
### Error Diffusion (Hata Yayılım) Algoritmaları

Son yirmi yılda birçok dağılım tekniği geliştirilmiştir ancak Hata Yayılım (Error-Diffusion Algorithm) basitliği ve kalitesiyle diğerlerinden ayrılmış bir algoritmadır. Hata difüzyon renk taklidi, yazıcı, bilgisayar monitörü veya diğer iki seviyeli ekranlarda gri tonlamalı bir görüntüyü temsil etmek için kullanılan bir tekniktir. Ayrıca özel donanıma kolayca uygulanabilir. Algoritmamızın avantajlarından biri, düşük uygulama maliyeti, ölçeklenebilirliği ve standart hataya dayanıklılık yeteneğidir. Hata yayılım algoritması gri tonlamalı görüntüyü temsil etmektedir (Misra ve ark., 2011). Ancak hata dağılımı algoritması renkli RGB (Red, Green, Blue) görüntüler üzerinde de gürültüleri (istenmeyen pikselleri) yok etmek için kullanılabilir (Fung ve ark., 2009). Hata yayılım algoritmaları ile ayrıca orijinal görüntülerde bulunan ince ayrıntıları ve görsel olarak tanımlanabilir yapıları korurken görsel olarak güzel, hoş yarı ton görüntüler elde edilebilir (Bakshi ve ark., 2018).

Hata dağılım algoritmaları gri ve bitmap (binary: iki renkli) görüntüler üzerinde de uygulanabilir. İki renkli (siyah-beyaz) görüntüler üzerinde sonuçlar orijinal görüntüyle daha kolay kıyaslanabilir. Bir pikselin sekiz tane komşu pikseli vardır. Hata dağılım algoritmasında temeli komşu piksellere hatanın dağıtılmasıdır. Ancak bu dağılım belirli katsayı oranında dağıtılmasıyla gerçekleşir. Sonuçta hedef pikselin renginde değişim olur (Gupta ve ark., 2009; Panda ve ark., 2015). Gerçekleştirdiğimiz bu çalışmada görüntü üzerinde bulunan karakterlerin daha belirgin olması amaçlanmıştır. Bu algoritmalar ilk olarak Floyd ve Steinberg tarafından önerilmiştir.

### Floyd Steinberg hata yayılım algoritması

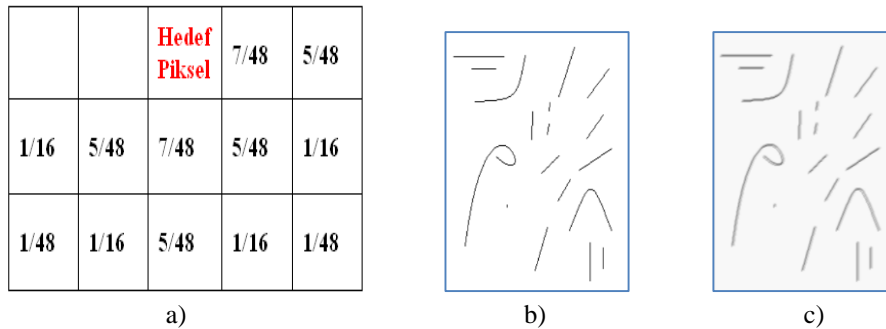
En yaygın kullanılan hata dağılım yöntemi Floyd ve Steinberg algoritmasıdır. Sağ komşu 1 piksel ve alttaki 3 piksel hedef pikselin değeri oluşturur. Şekil 1 üzerinde hata dağılım matrisi ve görüntü üzerindeki etkisi gösterilmiştir(Floyd ve ark., 1976; Caca Labs,2020).



Şekil 1. a-)Yayılım Matrisi, b) Yalın Görüntü ve c)İşlenmiş Görüntü Sonuç

### Jarvis Judice ve Ninke (JaJuNi) hata yayılım algoritması

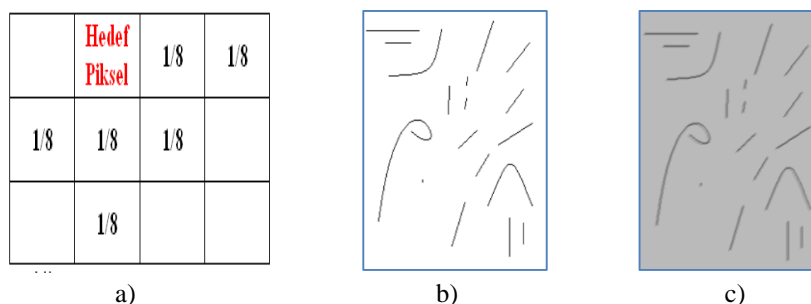
Bu algoritma, Floyd ve Steinberg ile aynı zamanda yayınlanmıştır. Çok daha karmaşık bir hata dağılım matrisi kullanmaktadır. Hedef pikselin sağ tarafından 2 piksel ve altındaki toplam 10 piksel, hedef pikselin değeri oluşturur. Şekil 2 üzerinde hata dağılım matrisi ve görüntü üzerindeki etkisi görülmektedir(Caca Labs,2020;Jarvis ve ark.,1976).



Şekil 2. a-)Yayılım Matrisi, b) Yalın Görüntü ve c)İşlenmiş Görüntü Sonuç

### Atkinson hata yayılım algoritması

Atkinson algoritması, hatanın sadece% 75'ini yayabilir, bu da çok karanlık ve çok açık alanlarda, kontrast(karşıtlık, zıtlık) kaybına neden olur. Ancak bu algoritma orta tonlarda daha iyi karşıtlık oluşturur. Hedef pikselin sağ tarafından 2 piksel ve alttaki toplam 4 piksel, hedef pikselin değeri oluşturur. Şekil 3 üzerinde hata dağılım matrisi ve görüntü üzerindeki etkisi görülmektedir(Caca Labs,2020).

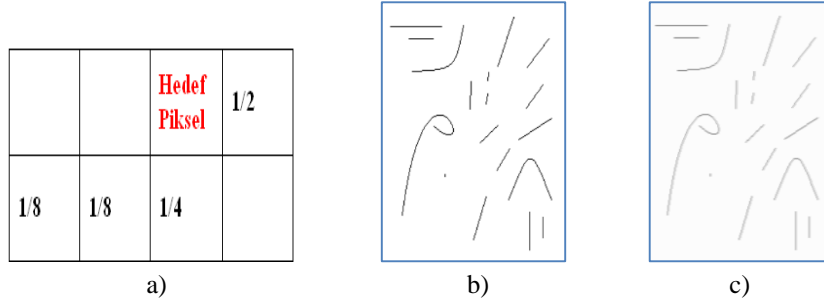


Şekil 3. a-)Yayılım Matrisi, b) Yalın Görüntü ve c)İşlenmiş Görüntü Sonuç



### Shaiu-Fan hata yayılım algoritması

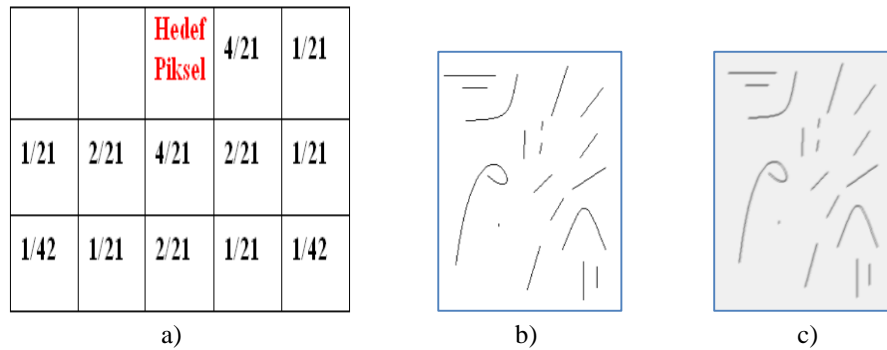
Shaiu-Fan algoritması, Floyd-Steinberg'de işlenen görüntülerden daha az yayılım gösteren bir algoritmadır. Sağ taraftan 1 piksel, sol ve alttan 3 hedef pikselin değeri oluşturur. Şekil 4 üzerinde hata dağılım matrisi ve görüntü üzerindeki etkisi gösterilmektedir(Caca Labs,2020; Shiau ve ark.,1994).



Şekil 4. a-)Yayılm Matrisi, b) Yalın Görüntü ve c)İşlenmiş Görüntü Sonuç

### Stucki hata yayılım algoritması

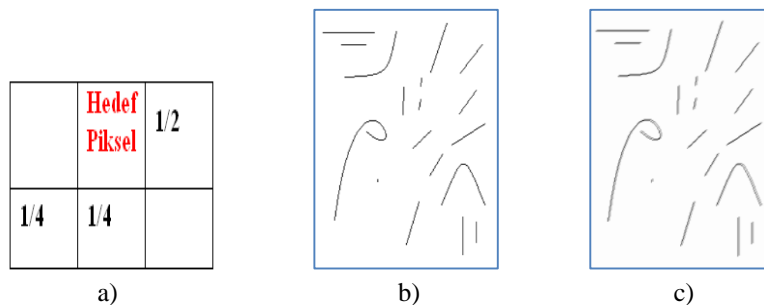
Stucki algoritması, Jarvis-Judice-Ninke(JaJuNi) hata dağılım algoritmasının daha hafif bir varyasyonudur. Bu algoritmada da sağ taraftan 2 piksel, alt taraftan 10 piksel hedef pikselin değerini oluşturur. Şekil 5 üzerinde hata dağılım matrisi ve görüntü üzerindeki etkisi gösterilmektedir(Caca Labs,2020; Stucki,2012).



Şekil 5. a-)Yayılm Matrisi, b) Yalın Görüntü ve c)İşlenmiş Görüntü Sonuç

### Frankie Sierra hata yayılım algoritması

Frankie Sierra hata dağılım algoritması, daha az piksele yayıldığı için biraz daha hızlı varyasyondur. Hedef pikselin değeri sağ taraftaki piksel, alttaki ve sol alt köşedeki pikseller kullanılarak hesaplanır. Şekil 6 üzerinde dağılım matrisi ve görüntü üzerindeki etkisi gösterilmektedir(Caca Labs,2020).



Şekil 6. a-)Yayılm Matrisi, b) Yalın Görüntü ve c)İşlenmiş Görüntü Sonuç

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Yapılan çalışmada gerçekleştirilen yazılım içerisinde karakter barındıran görüntüler üzerinde ayrı ayrı uygulanmış ve çizelge 1 değerleri elde edilmiştir. Çizelge 1 görüldüğü üzere kullanılan algoritmalar, yazı stilleri(Times New Roman, Arial, Calibri), yazı biçimleri(Normal, Kalın, Eğik) ve karakterlerin özellikleri(Büyük Harf, Küçük Harf ve Rakamlar) alanları mevcuttur. Ayrıca algoritmalar uygulandığında tespit performanslarını gösteren başarı(%) alanı mevcuttur. Başarı alanı yazı biçimlerinin sağ tarafında olup sonuçları göstermektedir. Test için 26 tane büyük harfli İngilizce alfabe karakteri, 26 tane küçük harfli İngilizce alfabe karakteri ve 10 tane rakam(nümerik) değerinin okunması başarı oranı tespit edilmiştir.

Elde edilen sonuçlarda en çok “Q” karakteri “O” karakteriyle, “B” karakteri “8” rakamıyla, “0” rakamı “O” karakteriyle ve “1” rakamı “I” karakteriyle bazı durumlarda da “u” karakteri “v” karakteriyle karıştırıldığı ve yanlış okuma yapıldığı görülmüştür.

Kullanılan görüntü her yazı stili ve biçimi için ayrı ayrı oluşturulmuştur. Yani Times New Roman yazı stili için Normal, Kalın ve Eğik olarak, Calibri yazı stili için Normal, Kalın ve Eğik olarak ayrıca Arial yazı stili için Normal, Kalın ve Eğik örnekleri üzerinde belirtilen bütün algoritmalar uygulanmış ve sonuçları çizelgeye işlenmiştir.

Çizelgeden görüldüğü üzere görüntü üzerinde önce hata yayılım algoritması içermeyen Tesseract kütüphanesi hiçbir ön işlem yapılmadan kullanılmış elde kıyaslama amaçlı değerler kaydedilmiştir. Sonra diğer 6 hata yayılım algoritması, ön işlem olarak kullanılmış ve Tesseract kütüphanesi bu ön işlemde sonra uygulanmıştır.

Elde edilen değerlere göre bazı yazı biçimlerinde hata yayılım algoritmalarının yüksek oranda başarı sağladığı görülmüştür. Ayrıca en çok Times New Roman yazı stilinde başarı oranı düşük değer elde edilmiş ancak Calibri ile Arial yazı tiplerinde başarı oranı yüksek değerler elde edilmiştir.

Ön işlem uygulanmayan Tesseract kütüphanesinin Times New Roman yazı stilinin Kalın ve Eğik yazı biçimleri için %11,54 değeri gibi düşük başarı oranları elde edilmiştir. Ancak bu yazı biçimleri için Floyd Steinberg hata dağılım algoritması kullanıldığında %90 gibi yüksek başarı oranlarına ulaşılabilmektedir. Ayrıca Times New Roman yazı stili ve Kalın biçimleri için Frankie Sierra Matrisi ve Stucki hata yayılım algoritmaları daha yüksek doğrulukta tespit gerçekleştirmiştir.

Ancak bu algoritmaların aynı yazı stili için eğik yazı biçimi üzerindeki doğru tespit oranları daha düşüktür. Calibri yazı stili ve eğik yazı biçimli örnek üzerinde de Floyd Steinberg hata yayılım algoritmasının(ortalama 98,6 başarı oranıyla), ön işlem uygulanmayan Tesseract algoritmasından(ortalama %92,6 başarı oranı) daha iyi sonuç verdiği görülmektedir.

Rakamlar üzerindeki yüksek doğruluk tespit oranı, bazı hata yayılım algoritmalarında, özellikle Calibri yazı stili ve eğik yazı biçimli testler üzerinde görülmektedir. Rakamla üzerinde en çok karşılaşılan hatalar “1” rakamıyla “0” rakamının yanlış okunması durumlarıdır. Özellikle Times New Roman Yazı stilinde en çok bu hatalarla karşılaşılmıştır.

Shaiu Fan Matrisi algoritması hata yayılım algoritmaları içinde değerlendirme yapıldığında en başarısız algoritma sonucuna ulaşılabilir. Çünkü özellikle Normal yani özerinde hiçbir biçimlendirme kullanılmayan örneklerinde ve eğik biçimlendirme kullanılan örneklerde okuma yapılamamıştır.

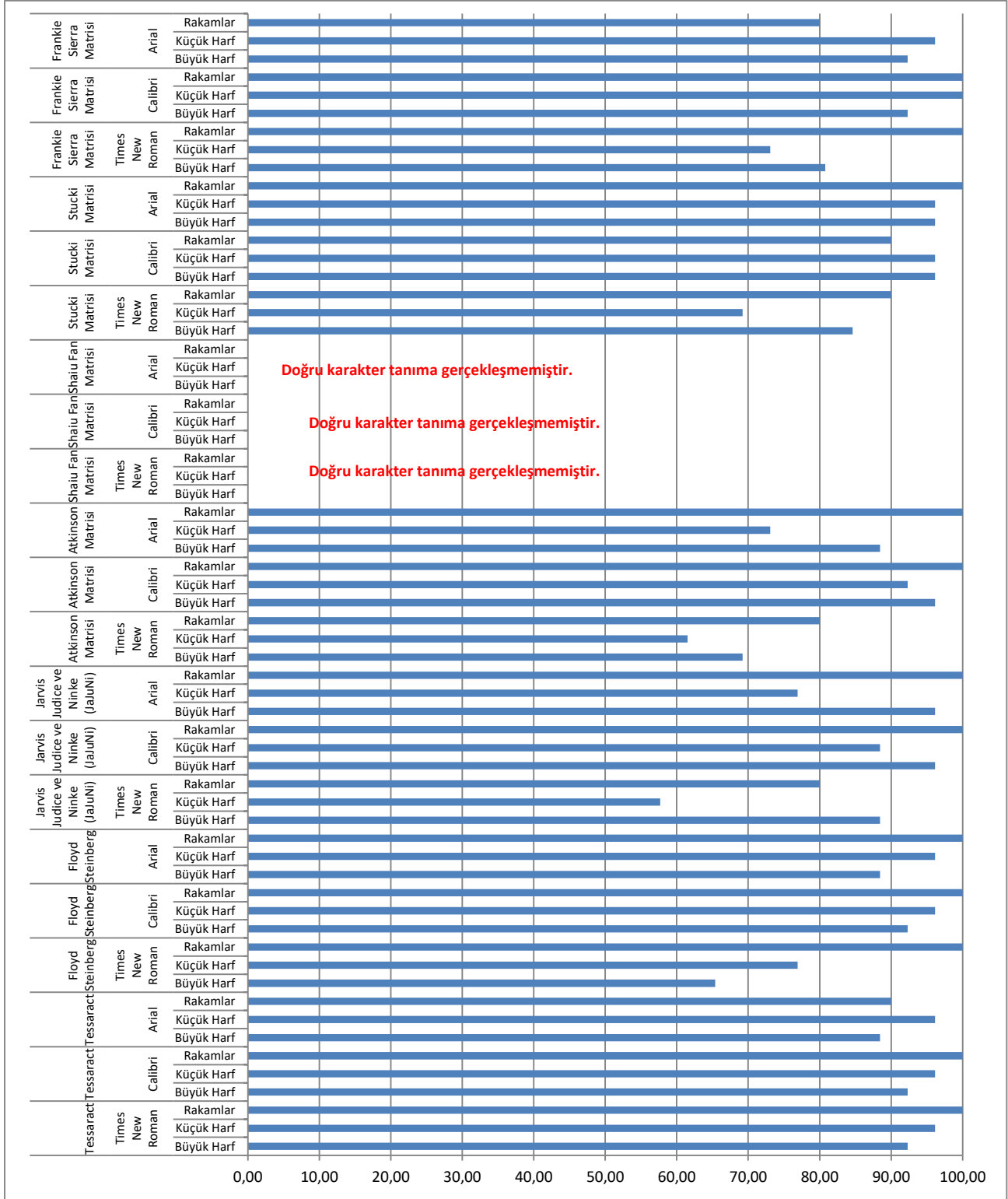
Çizelgeden elde edilen değerlere göre; Floyd Steinberg hata yayılım algoritması, Times New Roman, Calibri ve Arial yazı stillerinin bütün biçimleriyle(Normal, Kalın, Eğik), büyük harfli karakter, küçük harfli karakter ve rakam okumada iyi sonuç vermiştir. Özellikle Times New Roman stilinde, ortalama %74 başarı oranı ile yalın Tesseract algoritmasından (ortalama %64 başarı oranı) daha yüksek oranda başarılı okuma gerçekleştirilmiştir.

**Çizelge 1.** Karakter ve rakamlar üzerinde hata yayılım algoritmalarının Tesseract Kütüphanesi üzerindeki performans kıyaslaması

Algoritma Adı	Örnek Sayısı	OCR Okuma Performans Değerleri						Karakter Türleri	Yazı Stilleri
		Normal	Başarı(%)	Kalm	Başarı(%)	Eğik	Başarı(%)		
Tesseract	26	24	92,31	14	53,85	21	80,77	Büyük Harf	Times New Roman
	26	25	96,15	18	69,23	3	11,54	Küçük Harf	
	10	10	100,00	5	50,00	3	30,00	Rakamlar	
Tesseract	26	24	92,31	24	92,31	25	96,15	Büyük Harf	Calibri
	26	25	96,15	24	92,31	24	92,31	Küçük Harf	
	10	10	100,00	10	100,00	9	90,00	Rakamlar	
Tesseract	26	23	88,46	25	96,15	25	96,15	Büyük Harf	Arial
	26	25	96,15	26	100,00	26	100,00	Küçük Harf	
	10	9	90,00	9	90,00	10	100,00	Rakamlar	
Floyd Steinberg	26	17	65,38	18	69,23	17	65,38	Büyük Harf	Times New Roman
	26	20	76,92	19	73,08	17	65,38	Küçük Harf	
	10	10	100,00	9	90,00	6	60,00	Rakamlar	
Floyd Steinberg	26	24	92,31	16	61,54	25	96,15	Büyük Harf	Calibri
	26	25	96,15	23	88,46	26	100,00	Küçük Harf	
	10	10	100,00	10	100,00	10	100,00	Rakamlar	
Floyd Steinberg	26	23	88,46	25	96,15	25	96,15	Büyük Harf	Arial
	26	25	96,15	25	96,15	24	92,31	Küçük Harf	
	10	10	100,00	8	80,00	10	100,00	Rakamlar	
Jarvis Judice ve Ninke (JaJuNi)	26	23	88,46	16	61,54	0	0,00	Büyük Harf	Times New Roman
	26	15	57,69	2	7,69	0	0,00	Küçük Harf	
	10	8	80,00	0	0,00	0	0,00	Rakamlar	
Jarvis Judice ve Ninke (JaJuNi)	26	25	96,15	6	23,08	23	88,46	Büyük Harf	Calibri
	26	23	88,46	22	84,62	18	69,23	Küçük Harf	
	10	10	100,00	10	100,00	6	60,00	Rakamlar	
Jarvis Judice ve Ninke (JaJuNi)	26	25	96,15	25	96,15	25	96,15	Büyük Harf	Arial
	26	20	76,92	25	96,15	20	76,92	Küçük Harf	
	10	10	100,00	10	100,00	10	100,00	Rakamlar	
Atkinson	26	18	69,23	16	61,54	0	0,00	Büyük Harf	Times New Roman
	26	16	61,54	13	50,00	0	0,00	Küçük Harf	
	10	8	80,00	0	0,00	0	0,00	Rakamlar	
Atkinson	26	25	96,15	25	96,15	23	88,46	Büyük Harf	Calibri
	26	24	92,31	24	92,31	22	84,62	Küçük Harf	
	10	10	100,00	10	100,00	10	100,00	Rakamlar	
Atkinson	26	23	88,46	24	92,31	25	96,15	Büyük Harf	Arial
	26	19	73,08	25	96,15	24	92,31	Küçük Harf	
	10	10	100,00	10	100,00	10	100,00	Rakamlar	
Shaiu Fan Matrisi	26	0	0,00	5	19,23	0	0,00	Büyük Harf	Times New Roman
	26	0	0,00	7	26,92	0	0,00	Küçük Harf	
	10	0	0,00	1	10,00	0	0,00	Rakamlar	
Shaiu Fan Matrisi	26	0	0,00	25	96,15	0	0,00	Büyük Harf	Calibri
	26	0	0,00	25	96,15	0	0,00	Küçük Harf	
	10	0	0,00	10	100,00	0	0,00	Rakamlar	
Shaiu Fan Matrisi	26	0	0,00	25	96,15	0	0,00	Büyük Harf	Arial
	26	0	0,00	26	100,00	0	0,00	Küçük Harf	
	10	0	0,00	10	100,00	0	0,00	Rakamlar	
Stucki	26	22	84,62	23	88,46	0	0,00	Büyük Harf	Times New Roman
	26	18	69,23	18	69,23	0	0,00	Küçük Harf	
	10	9	90,00	8	80,00	0	0,00	Rakamlar	
Stucki	26	25	96,15	23	88,46	25	96,15	Büyük Harf	Calibri
	26	25	96,15	23	88,46	22	84,62	Küçük Harf	
	10	9	90,00	10	100,00	9	90,00	Rakamlar	
Stucki	26	25	96,15	25	96,15	24	92,31	Büyük Harf	Arial
	26	25	96,15	25	96,15	22	84,62	Küçük Harf	
	10	10	100,00	9	90,00	10	100,00	Rakamlar	
Frankie Sierra Matrisi	26	21	80,77	22	84,62	14	53,85	Büyük Harf	Times New Roman
	26	19	73,08	16	61,54	0	0,00	Küçük Harf	
	10	10	100,00	8	80,00	4	40,00	Rakamlar	
Frankie Sierra Matrisi	26	24	92,31	16	61,54	22	84,62	Büyük Harf	Calibri
	26	26	100,00	24	92,31	23	88,46	Küçük Harf	
	10	10	100,00	10	100,00	8	80,00	Rakamlar	
Frankie Sierra Matrisi	26	24	92,31	25	96,15	25	96,15	Büyük Harf	Arial
	26	25	96,15	22	84,62	24	92,31	Küçük Harf	
	10	8	80,00	10	100,00	10	100,00	Rakamlar	

Elde edilen değerlere göre, normal yazı biçimi kriteri dikkate alınarak, ön işlem olmayan Tesseract ve diğer hata yayılım algoritmalarının bütün yazı stilleri üzerindeki kıyaslama grafiği şekil 7

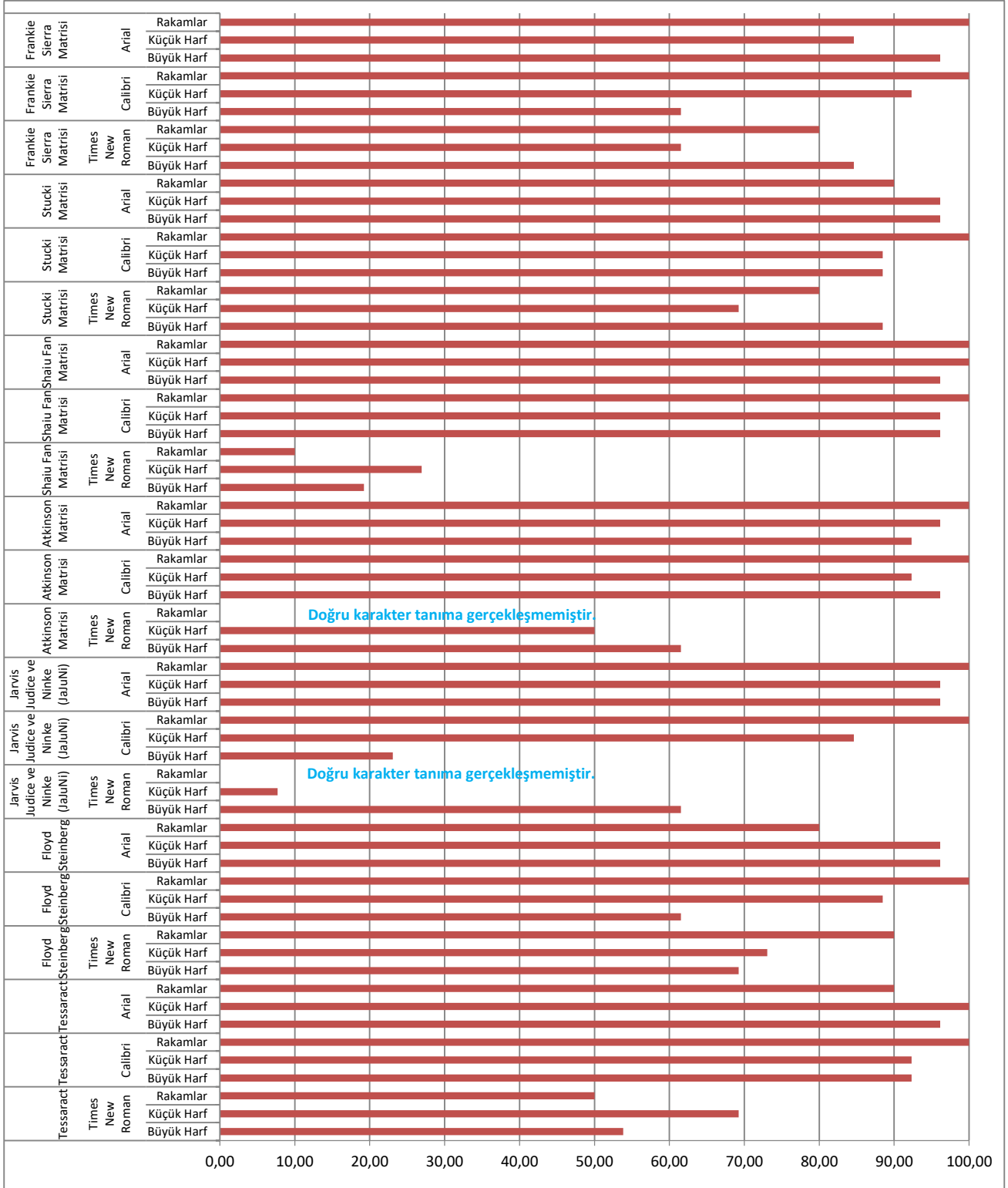
üzerinde verilmiştir. Normal yazı biçiminde Shaiu- Fan hata yayılım algoritması ön işlemeyle hiçbir doğru değer okuması gerçekleştirilememiştir. Ancak diğer algoritmaların başarı oranları birbirlerine yakındır. Ancak Arial yazı stili örnekte hata algoritmalarıyla daha yüksek oranları elde edilmiştir.



Şekil 7. Normal yazı biçimi üzerinde OCR okuma performans grafiği

Elde edilen değerlere göre, kalın yazı biçimi kriteri dikkate alınarak, ön işlem olmayan Tesseract ve diğer hata yayılım algoritmalarının bütün yazı stilleri üzerindeki kıyaslama grafiği şekil 8 üzerinde verilmiştir. Kalın yazı biçiminde Atkinson ve JaJuNi hata yayılım algoritmalarıyla ön işlem uygulanarak

Rakamlar üzerinde hiçbir doğru değer okuması gerçekleştirilememiştir. Ön işlem uygulanmayan Tesseract algoritmasının özellikle Times New Roman ve Calibri yazı stilinde başarı oranının diğer algoritmalarından çok düşüktür.

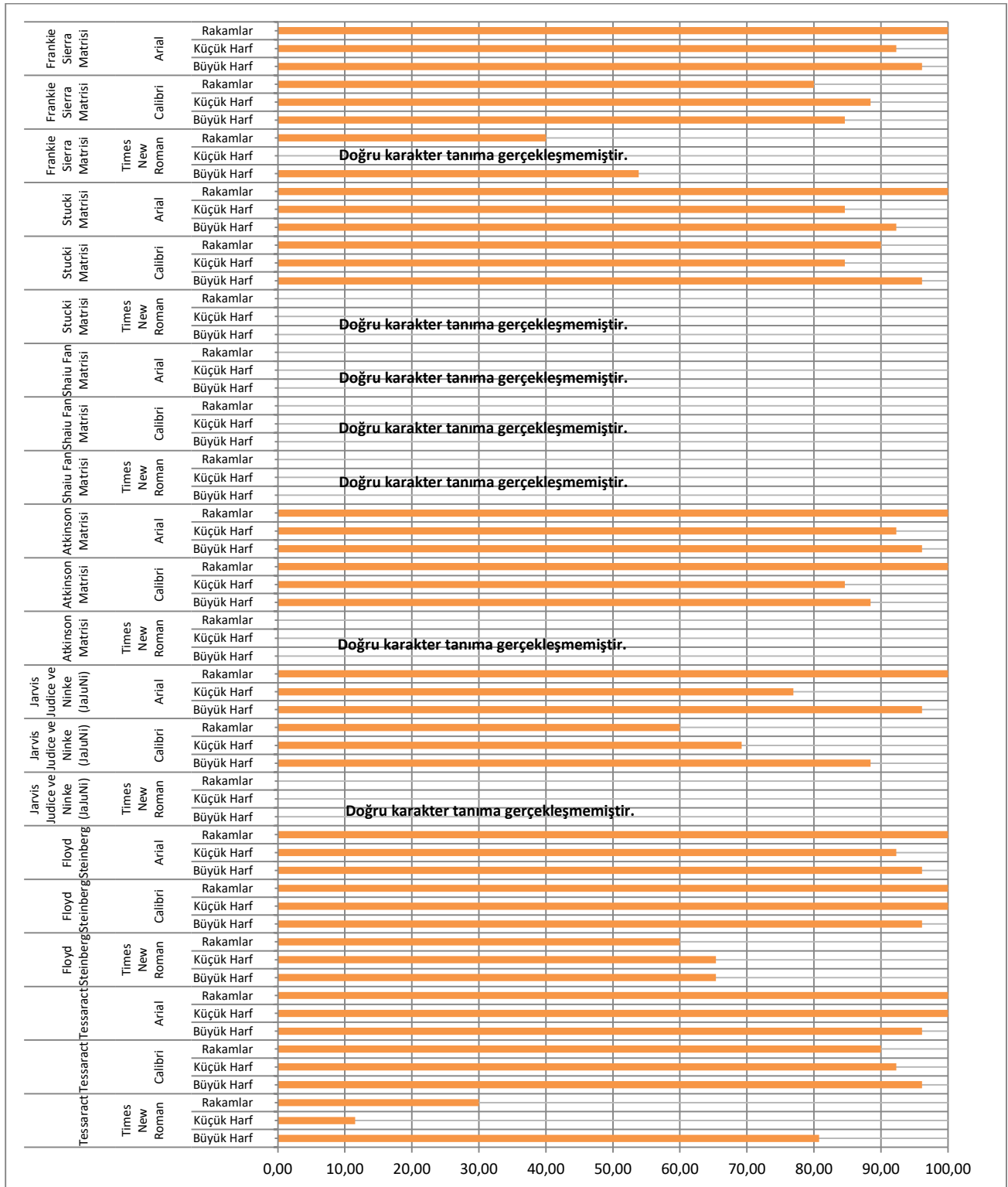


Şekil 8. Kalın Yazı Biçimi Üzerinde OCR Okuma Performans Grafiği

Ayrıca elde edilen değerlere göre, eğik yazı biçimi kriteri dikkate alınarak da algoritmalar bütün yazı stilleri üzerindeki değerlendirmesi yapılmış kıyaslama grafiği şekil 9 üzerinde verilmiştir. Genel



olarak başarı oranı düşüktür ancak Floyd Steinberg yüksek başarı oranına sahiptir. Eğik yazı biçiminde Shaiu-Fan hata yayılım algoritmasının, bütün yazı stillerinde hiçbir tespit yapamadığı görülmüştür.



Şekil 9. Eğik Yazı Biçimi Üzerinde OCR Okuma Performans Grafiği

## SONUÇ

Optik karakter okuma (OCR) ihtiyacı günümüzde; birçok alanda kağıt ya da görüntü üzerindeki karakterlerin elektronik ortama yani tekrar düzenlenebilir ortama dönüştürmek için artmaktadır. Bu tür

belge üzerindeki verileri tekrar elektronik ortama aktarabilmek eğer insan eli ile yapılırsa hem zaman almakta hem maliyeti yükseltmektedir. Ayrıca insan faktörü olduğundan hata oranı da yüksek olmaktadır. Bu durumu kolaylaştırmak için birçok uygulamalar vardır. Bu uygulamaların bazıları açık kaynak kodlu bazıları ise kapalı kaynak kodludur. Açık kaynak kodlu uygulamalarda, dünyanın her tarafından gönüllü yazılımcı ve kullanıcılar kaynak kodlara erişebildiklerinden, uygulamanın daha iyi çalışmasına katkı sağlayacak güncelleme yaparak geliştirebilmektedirler. Ancak kapalı kaynak kodlu uygulamalarda, kaynak kodlara hiçbir şekilde erişim olmadığından, sadece uygulamanın sahibi olan firmanın çalışanları, yazılım güncelleme yaparak geliştirmektedir.

Günümüzde bilgisayar cihazlarının yanı sıra mobil cihazlar üzerinde uyumlu yazılımlara ihtiyaç vardır. Yapılan çalışmalarda bu durumun dikkate alınması yaygın kullanım oranı oluşturacaktır. İşlenecek dokümanın görüntüsünün sayısal ortama kaydedilmesi sonra buradan karakter tanıma yazılımlarının uygulanması gerekir. Bu işlem kamera veya tarayıcı makineleri yardımıyla gerçekleşir. Sadece belge değil aynı zamanda kimlik kartları, pasaport veya kartvizitler üzerindeki bilgilerin okuma ihtiyacı olabilmektedir. Özellikle güvenlik noktalarında kimlik kartlarındaki karakteri okumaya ihtiyaç olabilmektedir.

Bilgisayar ile oluşturulmuş dokümanlardan okuma oranı el yazısıyla oluşturulmuş dokümanlardan daha yüksektir. Ancak yazı stillerine göre veya yazı biçimlerine göre değişebilmektedir. Ancak %100 doğruluk oranına ulaşmak zor olabilmektedir. Bunu geliştirmek için yazılımcılar makine öğrenmesi yöntemleriyle eğitim setleri kullanarak daha çok örnek kullanarak çaba sarf etmektedir.

Hata yayılım algoritmaları görüntü işlemede önemli bir paya sahiptir. Özellikle görüntü üzerinde bütünlüğü bozan, gerçek görüntüyle ilgisi olmayan istenmeyen piksellerin temizlenmesinde kullanılmaktadır. Bu işlemlerde komşu piksellerin değerlerinden yararlanılarak hedef pikselin değeri hesaplanmaktadır. Pikseller görüntü içinde kontrol edilebilen en küçük yapı taşı olduğundan görüntüyü oluşturan bütün pikseller üzerinde bu işlemler gerçekleştirilebilir.

Bu çalışmada optik karakter tanıma uygulamalarından ve yaygın kullanım oranına sahip olan Tesseract kütüphanesinin başarı oranını arttırmaya yönelik araştırma yapılmış ve hata yayılım algoritmalarını olumlu yönde katkısı tespit edilmiştir. Kullanıcıların en çok tercih ettiği üç yazı stili ve üç yazı biçimi üzerinde testler gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen değerlere göre kalın yazı biçiminde hata yayılım algoritmalarının yüksek başarı sağladıkları ayrıca eğik yazı tipinde de hata yayılım algoritmalarından bazılarının daha yüksek başarı sağladıkları görülmüştür. Kalın yazı biçimi kullanılan Times New Roman yazı stilinde, yalın Tesseract kütüphanesinin karakter tanıma oranının çok düşük olduğu ancak hata yayılım algoritmalarının optik karakter tanıma oranını yükselttiği gözlemlenmiştir. Bu çalışmada, yirmi dört yazı büyüklüğü(punto) seçilerek İngilizce alfabe değerleri kullanılmıştır. Çünkü günümüzde kimlik ve pasaportlarda İngilizce karakterler kullanılmaktadır. Burada uluslararası karakterler ve rakamlar(nümerik) değerler üzerinde optik karakter okuma başarı oranı tespit edilmiştir. Bundan sonra kullanıcılar, elde edilen sonuçları dikkate alarak, en çok karşılaşılan hatalı değerleri tekrar kontrol edip doğruluk testi yapabilecektir.

Elde edilen değerlere göre; Floyd Steinberg hata dağılım algoritması daha doğru okuma sonucu oluşturmuştur. Bu sonuçlar bize Tesseract kütüphanesinin kullanımından önce hata yayılım algoritmalarının kullanımının yararlı olacağını, doğru karakter tespitinde katkı sağlayacağını göstermektedir.

Bu aşamadan sonra; başka yazı stilleri ve yazı boyutları kullanılarak farklı diller üzerinde deneylerin yapılması ve başarı oranlarını tespit edilmesi gerçekleştirilebilir. Tesseract kütüphanesi birçok dili desteklediğinden örnek sayısının artırılmasına zaten imkanı tanımaktadır. Böylece doğruluk oranı daha da kesinlik kazanabilecektir.

**KAYNAKLAR**

- ABBYY, 2020. Abbyy Ürünleri, <https://www.abbyy.com/tr-tr/finereader/> (Erişim Tarihi:30.03 2020).
- Bakshi A, Patel AK, 2018. A Novel Error Diffusion Algorithm for Halftoning Greyscale Image Using Pull Based Method. International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP'18), 3-5 April 2018, Chennai.
- Caca Labs, 2013. Error Diffusion, <http://caca.zoy.org/study/part3.html> (Erişim Tarihi:20.03.2020).
- Floyd RW, Steinberg L, 1976. An Adaptive Algorithm for Spatial Grey Scale. Proceedings of the Society of Information Display, 17(2): 75-77.
- Fung YH, Chan YH, 2009. A Multiscale Error Diffusion Algorithm for Green Noise Digital Halftoning. 17th European Signal Processing Conference (EUSIPCO 2009), August 24-28 2009, Glasgow.
- Gider Ç, Albayrak SV, 2018. Identifying of Alphanumeric Codes in Promotional products by Using of Deep Neural Network. 2018 3rd International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK 2018),20-23 Sept. 2018, Sarajevo.
- GitHub Inc, 2020. Tesseract OCR,<https://github.com/tesseract-ocr/tesseract> (Erişim Tarihi:05.05.2020).
- Gupta A, Khandelwal V, Agarwal N, Gupta A, 2009. Five Neighbor Stochastic Error Diffusion for Digital Halftoning, 2nd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology, 8-11 Aug. 2009, Beijing.
- GOOCR, 2020. Open Source Character Recognition, <https://www-e.ovgu.de/jschulen/ocr/index.html> (Erişim Tarihi:30.03 2020).
- Jarvis JF, Judice CN, Ninke WH, 1976. A Survey of Techniques for the Display of Continuous Tone Pictures on Bi-level Displays. Computer Graphics and Image Processing, 5(1): 13-40.
- Koyun A, Afşin E, 2017. Derin Öğrenme ile İki Boyutlu Optik Karakter Tanıma, Türkiye Bilişim Vakfı Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi, 10(2):11-14.
- Kutlu H, Yazan E, 2014. OCR API'leri ve Gerek Zamanlı OCR Uygulaması. XVI. Akademik Bilişim Konferans (AB 2014), 5-7 Şubat 2014, Mersin.
- Misra I, Deshpande A, Narayanan PJ, 2011. Hybrid Implementation of Error Diffusion Dithering. 18th International Conference on High Performance Computing, 18-21 December 2011, Bangalore.
- Mithe R, Indalkar S, Divekar N, 2013. Optical Character Recognition, International Journal of Recent Technology and Engineering, 2(1):72-75.
- Oki Electric Industry, 2020. OKI open up your Dreams, <https://www.oki.com>(Erişim Tarihi:30.03.2020).
- Panda NR, Sahoo AK, Kumar S, 2015. A Negative Multiscale Error Diffusion Technique for Digital Halftoning. 2015 International Conference on Pervasive Computing (ICPC), 8-10 Jan. 2015, Pune.
- Patel C, Patel A, Patel D, 2012. Optical Character Recognition by Open Source OCR Tool Tesseract: A Case Study, International Journal of Computer Applications, 55(2):50-56.
- Saray T, Çetinkaya A, 2017. Okatan A. Optik Karakter Tanıma Yöntemi ile Otomatik Tabela Okuyucu. Uluslararası Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Konferansı(UBMK'17), 5-8 October 2017, Antalya.
- Shiau J, Fan Z, 1994. Method for Quantization Gray Level Pixel Data with Extended Distribution Set. U.S. patent Xerox Corporation, No:5,353,127,s.1-7, Stamford, US.
- Smith R, 2007. An Overview of the Tesseract OCR Engine. Ninth International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR 2007), 23-26 September 2007, Parana.
- Stucki P, 2012. MECCA- a multiple error correcting computation algorithm for bi-level image hard copy reproduction. Research report RZ1060, IBM Research Laboratory, Zurich, Switzerland.
- Tong X, Evans DA, 1996. A Statistical Approach to Automatic OCR Error Correction in Context. Fourth Workshop on Very Large Corpora(WVLC-96), 5-9 August 1996, Copenhagen..

**Malatya İli Elma (*Malus domestica* Bark. (Rosaceae)) Ağaçlarında Zararlı Böcek ve Akar Türleri ile Doğal Düşmanlarının Belirlenmesi**Mehmet KAPLAN<sup>1\*</sup>

**ÖZET:** Ülkemizde önemli meyve türlerinden olan elma yetiştiriciliğinde bitki koruma yönünden ekonomik kayıplara neden olan bazı fitofag türlerin tanınması ve mücadelesine yönelik çalışmaların yapılması önemlidir. Bu amaçla, Malatya ilinde ekonomik anlamda elma üretimi yapılan Akçadağ, Doğanşehir ve Yeşilyurt ilçelerindeki elma bahçelerindeki zararlı ve yararlı arthropod türlerinin belirlemek için 2015-2016 yıllarında çalışma yürütülmüştür. Çalışmalarda türlerin tespitinde; sürgün alma, gözle kontrol, darbe yöntemi yanı sıra eşeysel çekici tuzak ve kültüre alma metotlarından faydalanılmıştır. Çalışmada 28 zararlı arthropod türü ile 19 yararlı böcek türü tespit edilmiştir. Tespit edilen bu zararlı türlerden *Cydia pomonella* L., *Archips rosana* L. (Lepidoptera.: Tortricidae), *Aphis pomi* Deg. (Hemiptera: Aphididae), *Eriosoma lanigerum* Hausmann (Hemiptera: Pemphigidae), *Tropinota (Epicometis) hirta* Poda (Coleoptera: Scarabaeidae) ve *Tetranychus urticae* Koch. (Acarina: Tetranychidae)'nin yaygınlık ve yoğunluk yönden önemli olduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte *Coccinella septempunctata* Linnaeus, *Oenopia (Synharmonia) conglobata* Linnaeus (Coleoptera: Coccinellidae), *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae), *Episyrphus balteatus* De Geer (Diptera: Syrphidae), ve *Apanteles* sp. (Hymenoptera: Braconidae) en fazla görülen yararlı türler olarak belirlenmiştir. Önemli bazı zararlı türlerden olan Elma içkurdu (*C. pomonella*) erginlerinin Mayıs-eylül, Elma yeşil yaprakbiti (*A. pomi*) ergin ve nimflerinin Mayıs-ekim, Baklazınını (*T. hirta*) erginlerinin nisan, Elma pamuklubiti (*E. lanigerum*) ergin ve nimfleri nisan sonu-ekim ve İkinoktalı kırmızıörümcek (*T. urticae*) ergin ile nimfleri ise Mayıs-ekim döneminde doğada görüldüğü belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Elma, Elma ağaçları, Böcek, Akar, Doğal düşman, Malatya

**Determination of Harmful Insect and Acari Species and Their Natural Species on Apple (*Malus domestica* Bark. (Rosaceae)) Trees in Malatya Province**

**ABSTRACT:** In apple cultivation, which is one of the important fruit species in our country, it is important to carry out studies for the recognition and struggle of some phytophag species that cause economic losses in terms of plant protection. The study was conducted to determine the phytophagous and beneficial species in apple orchards and time to be seen of some important pests in nature in Akçadağ, Doğanşehir and Yeşilyurt districts of Malatya province, where apples are produced economically between 2015 and 2016. In the samplings, brunch cutting, visual examination, the impact method applied to tree branches, sexually attractive traps specific to the species were used in apple orchards. In addition, cultivation method was used for pre-adult and parasitoid species.

According to the results of the study, it was determined that 26 insects and 2 mite from phytophagous species and 19 beneficial insect species from general predators and parasitoids in apple orchards. It was observed that *Cydia pomonella* L., *Archips rosana* L. (Lepidoptera.: Tortricidae), *Aphis pomi* Deg. (Hemiptera: Aphididae), *Eriosoma lanigerum* Hausmann (Hemiptera: Pemphigidae), *Tropinota (Epicometis) hirta* Poda (Coleoptera: Scarabaeidae) and *Tetranychus urticae* Koch. (Acarina: Tetranychidae) among these harmful species have been found to be important in terms of prevalence and density. However, *Coccinella septempunctata* L., *Oenopia (Synharmonia) conglobata* L. (Coleoptera: Coccinellidae), *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae), *Episyrphus balteatus* De Geer (Diptera: Syrphidae) and *Apanteles* sp. (Hymenoptera: Braconidae) were identified as the most common beneficial species. It was determined that, some important phytophagous species respectively in May-September of *C. pomonella* adults, in May-September of *A. pomi* adult and nymphs, in May *T. hirta* adults, in end of April-October *E. lanigerum* adult and nymphs and in May-October of *T. urticae* adult and nymphs were seen in the nature.

**Keywords:** Apple, Apple trees, Insect, Mite, Natural enemy, Malatya

<sup>1</sup> Mehmet KAPLAN (Orcid ID: 0000-0002-2495-8075), Siirt Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma, 56100 Siirt, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mehmet KAPLAN, mehmetkaplan1971@hotmail.com

## GİRİŞ

Elma içerdikleri vitamin, madensel tuz, selüloz ve lif nedeniyle hazmı kolaylaştıran, karaciğer ve böbreklerin iyi çalışmasına, insan beslenmesi ve sağlıklı kalabilmesi açısından önemli bir meyvedir. Ayrıca tarımsal sanayi için de önemli hammadde olup, taze olarak tüketildiği gibi işlenerek reçel, marmelat, konserve, meyve suyu ve meyve kurusu şeklinde de değerlendirilmektedir (Anonim, 2014). Rosales takımı *Rosaceae* (Gülgiller) familyasında yer alan elmanın anavatanı; Anadolu, Kafkasya ve Türkistan'dır. Elmanın anavatanı içerisinde yer alan Anadolu'nun hemen her bölgesinde elma yetiştiriciliğine rastlamak mümkündür (Kaşka, 1997). Elma türlerinin farklı ekolojilere yüksek uyum sağlaması nedeniyle dünyada geniş alanlara yayılmıştır. Bundan dolayı Dünyada meyve üretiminin yaklaşık %13'ünü oluşturan elma; muz, üzüm ve portakaldan sonra 4. Sırada yer almaktadır (Karamürsel, 2009). İstatistiki veriler incelendiğinde 2016 yılında 893 291.82 ton olan dünya toplam elma üretiminin %3' lük kısmının ülkemizde gerçekleştiği ve üretim miktarı bakımından dünyada 4. sırada yer almaktadır (Anonymus, 2018). Bunu en önemli nedeni ülkemizin hemen hemen her bölgesinde yetiştiriciliği yapılan elma tarımsal üretimde ekonomik değere sahip önemli bir ihracat ürünüdür.

Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan Malatya ilinin iklim uygunluğu açısından meyve üretimi için önemli bir yer olduğunu ifade eden (Ülkümen, 1938), ilde yaptığı bir çalışmada yöreye özgün 26 elma çeşidi belirlemiştir. Malatya ili 717.618 ağaç ve 32.198 ton üretimiyle bölgede kayda değer bir potansiyele sahiptir (Anonim, 2019). Elma bahçelerinde karşılaşılan sorunların başında zararlılarla ilgili konulardır. Zararlı türler ağaçlarının gövde ve dallarına zarar vererek ağaçların zayıflamasına ve bazen de ölümüne neden olması yanı sıra, çiçek, meyve ve yapraklarla beslenerek önemli ekonomik kayıplar oluşturan türlerde bulunmaktadır. Dolayısıyla elma üretim alanlarında zararlı ve yararlı faunanın belirlenmesine yönelik ilk çalışmadır. Nitekim ilde söz konusu ürünün yaygınlığı ve üretiminin hızla artmasıyla birlikte elma bahçelerindeki ekonomik kayıplara sebep olan zararlı türlerin belirlenmesi, bu zararlılarla bilinçli bir mücadele yapılması yanı sıra yararlı türlerin tespiti önemlidir. Böylece hem insan ve çevre sağlığı hem de ekosistemde canlılar arasında var doğal dengenin korunmasına katkı sağlaması, verimli ve kaliteli ürün elde edilmesi bakımından gereklilik arz etmektedir. Sürdürülebilir tarım toprağın verimliliğinin artırılması ve toprağın doğasının korunması ile yakından ilişkilidir (Baran ve ark., 2016). Bundan dolayı sağlıklı tarımsal ürün elde etmek için öncelikle sürdürülebilir tarım uygulayarak insan, bitki ve hayvan sağlığını koruyarak hava ve su gibi çevresel faktörleri dikkate almak önemlidir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Elma bahçelerinde çalışmanın ana materyalini zararlı ve yararlı arthropod türleri, delta tipi eşeyssel çekici tuzakları, öldürme kavanozu, steiner hunisi, açık mavi leğen tuzak, emgi şişesi, çeşitli ebatlarda kültür kapları ile diğer laboratuvar malzemeleridir.

### Doğa Çalışmaları

Çalışmalar 2015-2016 yıllarında mart-kasım ayları arasında Malatya ili Akçadağ ilçesinde 3, Doğanşehir ilçesinde 4 ve Yeşilyurt ilçesinde 3 olmak üzere toplam 10 adet elma bahçesinde yürütülmüştür. Sürveyler elmanın vejetasyonu boyunca fenolojinin farklı dönemlerinde görülen arthropod türlerini belirlemek amacıyla iki haftada bir, kış mevsiminde ise 3 kez survey yapılmıştır. Çalışma, örneklemeler tesadüfi olarak ildeki toplam ağaç sayısının % 0.1'i dikkate alınarak yapılmıştır (Bora ve Karaca, 1970). Örneklemelerde her biri 15-20 yaşındaki ağaçlara sahip bahçelerin ilaçlanmamış ve bakımsız olmasına dikkat edilmiş ve her bahçede incelenen ağaç sayısı (Grigorov, 1974)'a göre belirlenmiştir. Bu metotta; 20 ağaca sahip bahçelerde tüm ağaçlar, 21-70 ağaç olanlarda 21-30, 71-150 ağaç olanlarda 31-40, 151-300 ağaç olanlarda 41-80, 301-1000 ağaç olanlarda



ağaçların %15'i kontrol edilmiştir. Çalışmanın sürvey planı, bölgenin ekolojik koşulları ve coğrafik özellikleri ile üretim kapasitesi göz önüne alınarak yapılmıştır. Türlerin örneklemeinde gözle kontrol yöntemi, darbe yöntemi, sürgün alma yöntemi, feromon tuzak yöntemi ve kültüre alma metotları uygulanmıştır.

### Gözle inceleme metodu

Bu metoda göre nisan ayından itibaren ekim ayına kadar bahçelerde bulunan zararlı ve yararlı türleri belirlemek amacıyla yapılmıştır. Örneklemeinde, bahçeleri temsilen her bahçede 10 ağaç belirlenmiş ve bunların her birinden 10'ar adet olacak şekilde, toplamda 100 adet bitki organları (fenolojik döneme göre, çiçeklenme öncesinde tomurcuk, çiçeklenme döneminde çiçek, sonrasında meyve ve yaprak) ile bulaşık olan artropod türler toplanmıştır. Bitki örnekleri gözle ya da 10 kat büyütücü lup yardımıyla incelenmiştir. Ayrıca laboratuvara getirilen bitki örnekleri stereoskopik mikroskop altında sayılarak türler kaydedilmiştir.

### Darbe metodu

Bu metoda göre, ¼ m<sup>2</sup> çerçeveli sentetik bezden ve bunun altında bulunan geniş ağızlı bir cam şişe bulunan steiner hunisinde faydalanılmıştır. Bu örneklemede metodunda nisan ayından itibaren ağaçların üzerinde bulunan hareketli zararlı ve faydalı türlerin belirlenmesi için elma fenolojisi boyunca 15 günde bir yapılmıştır. Örneklemeinde bahçeyi temsil edecek şekilde tesadüfi olarak seçilmiş olan ağaçların dört tarafından birer dalına üzeri plastik hortumla kaplı sopa yardımıyla 2 defa aynı hızla vurularak (toplamda 100 darbe) hareketli olan artropod türlerin steiner hunisine düşmeleri sağlanmıştır (Steiner, 1962). Steiner hunisinde toplanan türler önce öldürme kavanozuna alınıp etil asetatla öldürülmüş daha sonra petri kutusuna konularak laboratuvara getirilerek tasnif edilmiştir. Laboratuvarda türler usulüne göre etiketlenmiş ve teşhis edilmek üzere konu uzmanına gönderilmiştir.

### Dal sayımı ve kültüre alma metodu

Bu metotlara göre mart ayından itibaren örneklemeinde kışı dallar üzerinde geçiren kabuklubit, koşnil gibi zararlıları yanı sıra yaprakbiti türlerinin parazitoitlerini saptamak amacı ile elma bahçelerinden zararlı ile bulaşık dal veya sürgün (20cm uzunlukta her ağaçtan 10 adet), meyve ve yaprak örnekleri alınarak polietilen torba, plastik kutulara alınarak, buz kabı içinde laboratuvara getirilmiştir. Bu bitki örnekleriyle varsa bulaşık diğer zararlılardan temizlendikten sonra oda koşullarında (25 °C sıcaklık ve %60–80 orantılı nem) parazitoit çıkartma kutularında ayrı ayrı kültüre alınmıştır. Elde edilen ergin parazitoit böcekler aspiratör ve yumuşak pens yardımıyla %90'lık etil alkol bulunan ephendorf tüplerin içine alınmış ve teşhise gönderilmiştir.

### Tuzak metodu

Bu yöntemde Elma iç kurdu (*Cydia pomonella* Lin), Elma yaprak bükenler (*Archips rosana* Lin.), Elma gövdekurdu (*Synanthedon myopaeformis* Borkh.) ve Ağaç sarıkurdu (*Zeuzera pyrina* L.) türlerinin varlıkları ile ve önemli olanların bahçede ilk çıkış zamanlarını belirlemek amacı ile Pherocon marka (Pherocon Insect Monitoring Kiti; türlere özgü feromon kapsülü, 1 miligram (E,E)-8,10-Dodacadien-1-ol, Codlemone oluşan) delta tipi eşeysel çekici tuzaklar kullanılmıştır. Bahçe büyüklüklerine göre bir veya iki adet tuzak ağaçların güneydoğusu, hâkim rüzgâr yönüne ve yerden 1.5–2 metre yüksekliğe asılmıştır. Feromonlar 4–6 haftalık aralıklarla yapışkan tablalar ise kirlendikçe değiştirilmiştir (Anonim, 2008a). Tuzaklarda yakalanan erginlerin gözlenmesine ekim ayı sonuna kadar ve tuzaklara üst üste üç hafta hiç ergin yakalanmayıncaya kadar devam edilmiştir.

### Laboratuvar Çalışmaları

Çalışmaların yürütüldüğü elma bahçelerinde toplanan arthropod türleri laboratuvarda önce birbirlerine benzerliklerine göre tasnif edilerek numaralandırılmıştır. Ayrıca ergin öncesinde bulunan

bireyler ise buldukları bitki parçasıyla beraber laboratuvarında ergin elde edilmek için kültüre alınmıştır. Bununla birlikte yumuşak vücutlu olan bireyler %70'lik alkol içine alınmıştır. Bu örnekler daha sonra takım, familya ve türlerine göre iğnelenip, etiketlenerek teşhis edilmek üzere uygun koşullarda konu uzmanlarına gönderilmiştir. Ayrıca eldeki bazı türlerin teşhisli örnekler yardımıyla teşhis edilmiştir.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Zararlı türler

Malatya ilinde 2015-2016 yıllarında elma bahçelerinde 4 takıma bağlı 17 familyaya ait toplam 28 adet fitofag türü tespit edilmiştir (Çizelge 1). Tespit edilen bu türlerden *C. pomonella*, *A. rosana*, *A. pomi*, *E. lanigerum*, *T. hirta* ve *T. urticae*'nin yaygınlık ve yoğunluk yönünden önemli olduğu gözlenmiştir.

**Çizelge 1.** Malatya ili (Akçadağ, Doğanşehir ve Yeşilyurt) elma bahçelerinde 2015-2016 yıllarında belirlenen zararlı böcek ve akar türleri

Takım	Familya	Tür
Acarina	Tetranychidae	<i>Tetranychus urticae</i> Koch.
		<i>Panonychus ulmi</i> Koch.
Coleoptera	Cantharidae	<i>Cantharis decipiens</i> Baudi
	Curculionidae	<i>Polydrusus ponticus</i> Faust
		<i>Anthonomus pomorum</i> Lin.
		<i>Sitona humeralis</i> Steph.
	Scarabaeidae	<i>Tropinota</i> (= <i>Epicometis</i> ) <i>hirta</i> Poda
	Scolytidae	<i>Scolytus rugulosus</i> Müller
	Aphididae	<i>Aphis pomi</i> Deg
Pemphigidae	<i>Eriosoma lanigerum</i> Hausmann	
Hemiptera	Diaspididae	<i>Lepidosaphes ulmi</i> Linnaeus
		<i>Diaspidiotus perniciosus</i> Comstock
	Lygaeidae	<i>Lygaeus equestris</i> (L.)
	Pentatomidae	<i>Apodiphus amygdali</i> Germ.
		<i>Dolycoris baccarum</i> Linnaeus
		<i>Eurydema ornata</i> (L.)
	Tingidae	<i>Nezara viridula</i> (L.)
<i>Mustha spinosula</i> Lef.		
Lepidoptera	Tortricidae	<i>Stephanitis pyri</i> Fabricius
		<i>Cydia pomonella</i> Lin.
	Yponomeutidae	<i>Archips rosana</i> Lin.
		<i>Hedya nubiferana</i> Haw
	Lymantriidae	<i>Yponomeuta malinellus</i> Zeller
	Cossidae	<i>Euproctis chrysorrhoea</i> L.
		<i>Zeuzera pyrina</i> L.
Sessidae	<i>Coccus cossus</i> L.	
Pieridae	<i>Synanthedon myopaeformis</i> B.	
		<i>Aporia crataegi</i> L.

Daha önceki yıllarda ülkemiz elma bahçelerinde yürütülen bazı çalışmalarda; Yiğit ve Uygun (1982) tarafından Kahramanmaraş, Adana ve Mersin elma ağaçlarında zararlı ve faydalı türlerin belirlenmek amacıyla yaptıkları çalışmada 6 takıma bağlı 42 familyaya ait 132 fitofag tür belirlediklerini ve bunlardan 38 türün elma bahçelerinde zararlı olduğunu bildirmişlerdir. Benzer bir çalışmada ise (Çiftçi ve ark., 1985) Antalya ilindeki elma alanlarındaki önemli zararlılar ile doğal düşman türlerinin

belirlenmesi yönelik yapmış oldukları çalışmada, *C. pomonella*, *A. pomi*, *D. plantaginea*, *E. lanigerum*, *L. ulmi*, *Phyllonorycter gerdsimowi* Hering, *Leucoptera malifoliella* Costa, *Tetranychus viennensis* Zacher ve *Cenopalpus pulcher* Canestrini et Fanzaga'ı önemli zararlı türler olarak saptamışlardır. Erden (1988) tarafından yapılan çalışmada Erzincan, Sivas, Gümüşhane, Tunceli-Pertek, Erzurum-İspir ve Kars-Kağızman'da yumuşak çekirdekli meyve ağaçlarında 45 fitofag tür tespit etmiş bunlardan 34 türün elmada zararlı olduğunu tespit ederken, belirlenen bu türlerden 8 türün zarar ve yoğunluk açısından elmada önemli olduğunu bildirmişlerdir. Bayhan ve ark. (1999) Ulukışla-Pozantı yörelerinde yaptıkları bir araştırmada elmada 87 türün zararlı olarak tespit edildiğini belirtmişlerdir. Yanar ve Ecevit (2005) Tokat ili elma alanlarındaki fitofag ve predatör akar türlerinin belirlenmesine yönelik yürüttükleri çalışmada *T. urticae*'ninde içinde bulunduğu Tetranychidae familyasından 5, Eriophyidae familyasından 2, Tarsonemidae ve Tenuipalpidae familyalarından birer tür olmak üzere toplam 9 zararlı tür; Phytoseiidae familyasından 7 ve Stigmaeidae familyasından 1 tür olmak üzere toplam 8 faydalı akar türü tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Ayaz ve Yücel (2010) Elazığ ili elma bahçelerinde yaptıkları çalışma neticesinde 6 takıma bağlı 20 familyaya ait 31 fitofag tür ile 3 takıma bağlı 4 familyaya ait 7 faydalı böcek belirlemişlerdir. Karaca ve ark. (2010) Isparta ili elma alanlarında yaptıkları bir çalışmada 4 takıma ait 19 zararlı tür tespit ettiklerini ve bu türlerden elma iç kurdunun (*C. pomonella*) elma ağaçlarında ana zararlı olduğunu bildirmişlerdir. Küçükballı ve Karaca (2018) tarafında yapılan çalışmada Isparta ilinde elma bahçelerinde *C. pomonella*, *A. pomi*, *D. plantaginea*, *T. urticae* ve *Pananychnus ulmi* (Koch.)'nin önemli zararlı türler olduğunu bildirmişlerdir. Alaserhat (2019) Erzincan ili elma bahçelerindeki yürüttüğü çalışma sonucunda fitofag türlerden 25 böcek ve 1 akar ile genel predatör ve parazitoitlerden 21 faydalı böcek türü saptadıklarını bildirmişlerdir.

### Yararlı Türler

Malatya ili elma bahçelerinde predatör ve parazitoit türlerden 6 takıma bağlı 9 familya ait 19 adet yararlı böcek türü belirlenmiştir (Çizelge 2).

**Çizelge 2.** Malatya ili (Akçadağ, Doğanşehir ve Yeşilyurt) elma bahçelerinde 2015-2016 yıllarında belirlenen yararlı böcek türleri

Takım	Familya	Tür
Coleoptera	Coccinellidae	<i>Coccinella semtempunctata</i> Lin.
		<i>Coccinella quatuordecimpustulata</i> Lin.
		<i>Chilocorus bipustulatus</i> (Linnaeus)
		<i>Oenopia (Synharmonia) conglobata</i> Lin.
		<i>Hippodamia variegata</i> Goeze
		<i>Psyllobora vigintiduopunctata</i> Lin.
		<i>Scymnus. subvillosus</i> Goeze
		<i>Stethorus qilvifrons</i> Mulsant <i>Stethorus punctillum</i> Weise
Dermaptera	Forficulidae	<i>Forficula auricularia</i> Linnaeus
Diptera	Syrphidae	<i>Episyrphus balteatus</i> De Geer
		<i>Eupeodes corollae</i> Fabricius
Hemiptera	Miridae	<i>Deraeocoris serenus</i> Dgl.-Sc. <i>Deraeocoris lutescens</i> Schilling
	Nabidae	<i>Nabis punctatus</i> Costa
Neuroptera	Chrysopidae	<i>Chrysoperla carnea</i> Step
	Raphidiidae	<i>Raphidia</i> sp.
Hymenoptera	Braconidae- Microgasterinae	<i>Apanteles</i> sp.
	Aphelinidae	<i>Aphelinus mali</i> Haldeman

Çizelge 2' incelendiğinde çalışmaların yürütüldüğü elma bahçelerinde faydalı tür bakımından en çok Coccinellidae familyasına ait türlerin olduğu belirlenmiş ve bu familyaya ait 9 tür tespit edilmiştir. Bu türlerden *A. bipunctata*, *C. semtempunctata* ve *O. conglobata* türleri elma alanlarında sık rastlanan türler olduğu tespit edilmiştir. Bu familyadaki türlerin her birinin başta yaprak bitleri olmak üzere 30'dan fazla zararlı türleri beslendiklerini bildirmiştir (Uygun,1981). Bununla birlikte Forficulidae familyasından *F. auricularia* 'nin elma alanlarında yaygın görülürken, yoğun olmamakla beraber Syrphidae familyasından *E. balteatus* ve *E. corollae* türleri belirlenmiştir. Ayrıca sürvey yapılan elma alanlarında yoğun şekilde Chrysopidae familyasına ait *C. carnea*'nın ergin ve larvaları belirlenmiştir. Ülkemizde ve yurt dışında yapılan bazı çalışmalarda Yiğit ve Uygun (1982) tarafından Kahramanmaraş, Adana ve Mersin illerindeki elma alanlarında yapılan çalışmada, 7 takıma ait 21 familyaya bağlı toplam 67 faydalı tür belirlemişlerdir. Başka bir çalışmada ise Çiftçi ve ark. (1985), Antalya ili elma bahçelerindeki önemli zararlı türler ile doğal düşmanlarının belirlenmesine yönelik yaptıkları çalışmada, 15 predatör ve 1 parazitoit olmak üzere toplam 16 faydalı böcek türü belirlediklerini bildirmişlerdir. Ayrıca Kaya ve Öncüler (1988) ve Yoldaş (1994) *C. carnea*'nın polifag bir tür olduğu, larvalarının thripsler, yaprakbitleri, bazı kabuklubitler, lepidopter yumurta ve larvaları, Psyllidae, Chrysomelidae familyasına bağlı larvalar, bazı akar türleri ve beyazsinekler ile beslendiğini bildirmişlerdir. Öncüler (1991) *C. carnea*'nın yaprakbitleri üzerinde ciddi etkileri olduğunu belirtmiştir. Yardım ve ark. (2003) Van ili elma bahçelerinde yaptıkları bir çalışmada, 13 adet predatör tür belirlemişlerdir. Cranshaw (2004) *C. carnea* erginlerinin nektar ve polen ile beslendiğini, larvalarının ise thrips, yaprakbiti ve küçük tırtılların predatörü olduğunu bildirmektedir. Piekarska-Boniecka ve ark., (2008) tarafından Polonya'daki elma bahçelerinde zararlı olan *A. rosana*'nın parazitoit tür kompozisyonu ve parazitlenmesi üzerine yürüttükleri çalışmada *A. rosana* pupasının Ichneumonidae, Chalcidoidea (Hymenoptera) ve Tachinidae (Diptera)'nin parazitoitleri tarafından parazitlendiğini bildirmişlerdir. Bozbek (2012) Erzincan ilinde elma ağaçlarında Coccoidea (Hemiptera) üst familyasına ait 3 tür belirlemiş olup bunlar üzerinde *C. carnea* (Chrysopidae), *Exochomus quadripustulatus* (Linnaeus), *A. bipunctata*, *A. fasciatopunctata revelieri*, *C. bipustulatus*, *C. septempunctata*, *C. quatuordecimpustulata*, *O. conglobata*, *S. punctillum*, *S. Pallipediformis* (Coccinellidae), familyalarına ait olmak üzere 10 predatör ile *Pteroptrix* sp. nr. *longiclava*, *Prospaltella perniciosi*, *Coccophagoides similis*, *Prospaltella* sp. ve *Aphytis* sp. (Aphelinidae) olmak üzere 5 parazitoit tür tespit etmişlerdir. Ülkemizin farklı illerinde elma üretim alanlarında yaprakbitleriyle beslenen predatörler bazı araştırmacılar tarafından kaydedilmiştir (Ölmez ve Ulusoy, 2002; Ölmez Bayhan ve ark. 2006; Ölmez Bayhan ve ark. 2012; Ölmez Bayhan ve ark. 2015). Alaserhat (2015) Erzincan ve Gümüşhane illeri elma ağaçlarında 9 adet yaprakbiti tespit etmiş ve bu yaprakbitleri üzerinde beslenen Forficulidae (1), Anthocoridae (5), Miridae (1), Chrysopidae (3), Raphidiidae (1), Coccinellidae (20), Syrphidae (5), Chamaemyiidae (1), Hybotidae (1) familyalarından 38 adet predatör ile Braconidae (7) ve Aphelinidae (1) familyalarından 8 adet parazitoit tür olmak üzere toplamda 46 adet yararlı tür belirlemişlerdir. Mdellel ve Ben Halima Kamel (2015), Tunus'ta elma bahçelerinde yaptıkları çalışma sonucunda *A. pomi*, *D. plantaginea* ve *E. Lanigerum* olmak üzere 3 adet yaprakbiti tespit etmiş olup, bunlar üzerinde beslenen Coccinellidae (2), Syrphidae (2), Cecidomyiidae (1) familyalarından 5 predatör tür ile Braconidae familyasından 1 parazitoit tür olmak üzere toplamda 6 faydalı tür belirlemişlerdir. Porcel ve ark., (2018), İsveç'in güneyindeki Scania'daki elma bahçelerinde Forficulidae, Anthocoridae, Chrysopidae, Coccinellidae, Cantharidae ve Cecidomyiidae familyalarına giren 18 predatör tür tespit etmişlerdir.

## Önemli bazı zararlı türlerin doğada görülme zamanı

### Elma içkurdu, *Cydia pomonella* Lin. (Lepidoptera: Tortricidae)

Malatya ili çalışmaların yapıldığı elma alanlarında 27 zararlı türden en yoğun olarak Lepidoptera takımının Tortricidae familyasından *C. pomonella* (Elma içkurdu) başta olmak üzere 3 adet Tortricidae türü belirlenmiştir. Bu türlerden içinden elma bahçelerinin ana zararlısı konumunda olan Elma içkurdunun erginleri mayıs ayının birinci haftasında itibaren eşeyssel çekici tuzaklarda görülmüş ve son olarak ta eylül ayının üçüncü haftasında tuzaklarda yakalanmıştır. Ergin kelebeklerin doğadaki uçuş periyodunun yaklaşık olarak 5 ay sürdüğü ve her iki yılda da 2 döl verdiği belirlenmiştir. Larvalar doğrudan meyvede zarar yapmakta, meyveyi delerek galeriler açmakta, meyvenin etli kısmını ve çekirdek evini yemekte ve meyve içerisinde beslenme artıkları bırakmaktadır. Tüm bu zararları sonucunda da meyve dökümleri yanı sıra verim ve kaliteyi düşürmektedir. Güçlü ve Özbek (1995) tarafından Erzurum ili elma bahçelerinde meyve ve çiçeklerdeki zararlılar üzerine yaptıkları çalışmada *C. pomonella*'nın meyvelerde % 65 oranında kurtlanmaya sebep olduğunu bildirmişlerdir. İşçi (2008) Isparta ili elma bahçelerinde eşeyssel çekici tuzaklarda *C. pomonella*'nın erginlerinin ilk yakalanışı çalışmanın yapıldığı iki yılda da mayıs ayının ilk haftasında gerçekleştiğini bildirmiştir. Özpınar ve ark. (2009) Çanakkale ilinde *C. pomonella*'nın yayılışı ve popülasyon değişimi takip edildiği bir çalışmada, ilk ergin çıkışının bahçelerde nisan ayında olduğunu bildirmişlerdir. Bayraktar (2015) Karaman ili elma bahçelerinde *C. pomonella* erginlerinin ilk olarak nisan ayının son haftasında tuzaklarda yakalandığını ve son erginlerin ise ağustos ayının ikinci haftasında eşeyssel çekici tuzaklarda yakalandığını tespit etmiştir. Özbek ve ark. (1995) Ülkemizde *C. pomonella*'nın en önemli elma zararlısı olduğunu, yılda bölgelere göre değişmek üzere 2-3 döl verdiğini belirtmiştir. Bununla birlikte ülkemizde yapılan bazı çalışmalarda, *C. pomonella*'nın Çanakkale'de 2 döl (Özpınar ve ark., 2009), Bursa'da 3 döl (Kovancı ve ark., 2000) ve Antalya'nın Korkuteli İlçesinde 2 döl verebildiği bildirilmektedir. Şahin (2010), Çanakkale ilinde elma bahçelerinde *C. pomonella*'nın yıllara göre değişmekle birlikte genellikle nisan sonu-mayıs başında ergin çıkışlarının başladığını ve zararlının yılda 2-3 döl verdiğini belirtmiştir. Öztürk ve Acıöz (2014), Mersin ili armut bahçelerinde *C. pomonella* erginlerinin ilk olarak mart sonu ile nisan ortası arasında çıkış yaptıkları, doğada yaklaşık 5-5,5 ay aktif kaldığı ve ergin popülasyonuna göre yılda 3 döl, verdiğini bildirmişlerdir. Çelik ve Ünlü (2017), Beyşehir (Konya) ilçesinde *C. pomonella*'nın yıllara ve iklim şartlarına göre 2-3 döl verdiğini belirtmişlerdir. Yurt dışında yapılan bazı çalışmalarda ise Croft (1982), *C. pomonella*'nın tüm dünyada elmanın en önemli zararlısı olduğunu, yılda 2 veya daha fazla döl ve Beers et al (1993), *C. pomonella*'nın Kuzey Amerika'da yılda 2 döl verdiğini, sıcak geçen yıllarda ise kısmi bir üçüncü döl verdiğini, ancak bu durumun istisnai olduğunu bildirmişlerdir.

### Elma yeşil yaprakbiti, *Aphis pomi* Deg (Hemiptera: Aphididae)

Elma bahçelerinde çalışma süresince en yaygın ve yoğun olarak tespit edilen yaprakbiti türü olan Elma yeşil yaprakbiti (*A. pomi*)'nin, Malatya ilinde elma vejetasyon dönemi olan mayıs-ekim ayları boyunca doğada görüldüğü saptanmıştır. Zararlının özellikle elma ağaçlarının uç sürgünlerinde ve genç yaprakların alt yüzeylerinde yoğun koloniler oluşturup, buralarda beslenerek ağacın zayıflamasına yol açtığı gözlenmiştir. Alaserhat (2015) Elma yeşil yaprakbitinin, Erzincan ve Gümüşhane illerinde mayıs-ekim aylarında konukçuları olan başta elma olmak üzere, armut ve ayva ağaçları üzerinde bulunduğunu bildirmiştir. Bununla birlikte bazı araştırmacılar tarafından *A. pomi*'nin, elma yetişen alanlarda yaygın olarak bulunduğu, genellikle genç fidanlarda zarar yaptığı, sürgünlerin uç kısımlarında ve taze yaprakların alt yüzeylerinde beslendikleri, zararlının bulunduğu yapraklarda enine, hafifçe kıvrılmalara yol açtığı ve popülasyonun yoğun olduğu fidanlarda gelişmenin durduğu bildirilmektedir (Tuatay, 1993;



Blackman ve Eastop, 1994; Toros ve ark., 2002). Diyarbakır, Malatya ve Mardin illerimizde *A. pomi*'nin elma bitkisi üzerinde bulunduğu kayıtlıdır (Ölmez Bayhan ve ark. 2003; Ölmez Bayhan ve ark. 2006; Ölmez Bayhan ve ark, 2015). Aynı zamanda Elma yeşil yaprakbitinin, Lahana siyah halkalı leke (Cabbage black ring spot) ve soğan sarı cücelik (Onion yellow dwarf) virüslerini nonpersistent yolla taşıdığı da belirtilmektedir (Kennedy ve ark., 1962).

### **Bakla zınnı, *Tropinota* (= *Epicometis*) *hirta* Poda (Coleoptera: Scarabaeidae)**

Malatya ili Elma bahçelerinde çiçeklenmenin başlamasıyla birlikte Bakla zınnı (*T. hirta*) erginleri, iklim koşullarına bağlı olarak mart ayının sonu haftasından itibaren içerisinde su olan açık mavi leğen tuzaklarda görülmüş, nisan ayının haftasında ergin sayısı en yüksek düzeye çıkmış ve son olarak mayıs ayının birinci haftasına kadar erginler tuzaklarda görülmüştür. Polifag bir zararlı olan Bakla zınnı erginleri meyve ağaçlarının ve diğer bitkilerin çiçek açma zamanında çiçeklerin dişi ve erkek organlarının polen tozlarını, genç yaprak hatta tomurcuk ve meyveleri yiyerek zararlı olurlar (Anonim, 2008b). Erden (1988) Erzincan, Sivas, Gümüşhane, Tunceli-Pertek, Erzurum-İspir ve Kars-Kağızman yumuşak çekirdekli meyve ağaçlarında yapmış olduğu çalışma sonucunda tespit ettiği zararlı türlerden olan *T. hirta*'nın, önemli zararlılardan olduğunu ve Erzincan ilinde elma alanlarında çiçek döneminde yoğun olarak bulunduğunu bildirmiştir.

### **Elma pamuklubiti, *Eriosoma lanigerum* Hausm.(Hemiptera: Pemphigidae)**

Malatya ili elma bahçelerinde bu tür nisan sonu- ekim ayları arasında görülmüştür. Bu zararlı meydana getirdikleri pamukçuklar içinde, elma ağaçlarının sürgün, dal ve gövdesinde bitki özsuyla beslenir ve emilen alanlarda şişkin urlar ve yaralar oluşturmaktadır. Ayaz ve Yücel (2010) Elazığ ilinin Sivrice ilçesi elma bahçelerinde bu türün haziran da yoğun olarak görüldüğünü bildirmiştir.

### **İkinoktalı kırmızıörümcek, *Tetranychus urticae* Koch. (Acarina:Tetranychidae)**

Çalışmanın yürütüldüğü bütün bahçelerde *T. urticae* vejetasyon boyunca (mayıs-ekim) belirlenmiş ve özellikle mayıs-haziran aylarında yoğun ve önemli olduğu gözlemlenmiştir. *T. urticae* yapraklarda beslenip, özsuyla emerek zarar yaptığı görülmüştür. Bu zarar sonucunda ağacın yapraklarında önce beyaz, sonra sarı ve daha sonra kahverengi lekeler oluşur. Bu lekeler birleşerek yaprağın kuruyup dökülmesine, meyvelerin güneş yanıklığına maruz kalmasına yanı sıra ürün kaybına neden olur. Ayrıca ağaçların gelecek yılın meyve çiçeğini oluşturacak tomurcuklarda beslenerek önemli zararlar yapmaktadır. Croft (1975) Bahçelerde *T. urticae* yoğun olduğu ve zararının arttığı zamanlarda sonraki yılın meyve tutumunda ve çiçek açılmasında azalmalar olması yanı sıra meyve gelişmesini olumsuz etkileyeceğini bildirmiştir. Bozbeğ ve Gökçe (2000) Doğu Anadolu Bölgesinde Elma Bahçelerinde Entegre Mücadele kapsamında yürüttükleri çalışma sonucunda *T. urticae*'nin, mayıs ayının son haftasından itibaren elma yapraklarında görüldüğünü belirtmişlerdir. Ayaz ve Yücel (2010) Elazığ elma üretimi yapılan tüm alanlarda *T. urticae* belirlenmiş ve mayıs-haziran aylarında yoğunluk gözlemlediklerini bildirmişlerdir. Alaserhat (2019) Erzincan elma bahçelerinde yürüttükleri çalışmada (*T. urticae* ergin ve nimfleri elma bahçelerinde, mayıs ayının son haftasından itibaren yapraklarda ilk olarak görülmüş, sıcaklıkların yükseldiği temmuz ayında popülasyonu yükselmiş ve önemli bir zararlı olarak belirlenmiştir. Nitekim (Artun ve Saltuk, 2018; Saltuk 2019) Tarımsal üretim alanlarında bazı zamanlarda iklim koşulları bitkiler için zararlı ve hastalık popülasyonunu artırdığını bildirmişlerdir.

Çalışmaların yapıldığı elma alanlarında çok sık rastlanmamakla birlikte özellikle bakımsız bahçelerde görülen zararlı türlerden ağaç sarıkurdu (*Zeuzera pyrina* L.)'nin ilk kelebek uçuşları ise mayıs sonu haziran başında başlamış ve eylül ayında son bulmuştur. Elma bahçelerinde elma yaprak bükeni (*Archips rosana* Lin.)'nin ilk kelekeleri mayıs ayının üçüncü haftasında tuzakta görülmüş ve

son olarak ta temmuz ayının sonunda tespit edilmiştir. Elma ağaçlarında çok az rastlanan elma gövdekurdu (*Synanthedon myopaeformis* Borkh.)'nin ergin çıkışları nisanın son haftasında tuzakta belirenmiş ve son olarak eylül üçüncü haftasında görülmüştür.

## SONUÇ

Bu çalışma sonucunda Malatya ili elma bahçelerinde mevcut olan zararlı ve faydalı türler belirlenmesi yanı sıra ile önemli bazı zararlı türlerin doğada görülme zamanları ortaya çıkarılmıştır. Elma bahçelerindeki zararlı türler elma ağaçlarının gövde, dal, sürgün, yaprak, tomurcuk, çiçek ve meyvelerinde beslenerek zarar oluşturarak verim ve kaliteyi düşürmektedir. Zararlılarla mücadeleye karar vermek için öncelikle elma bahçelerinde bulunan zararlı ve yararlı türlerin bilinmesi ve bunların bazı biyo-ekolojik özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Meyve bahçelerinde zararlı organizma türleri ile mücadelede gelişmiş pestisit kullanımının canlılar var olan doğal dengenin bozulmasına neden olacak ki, buda ileri ki yıllarda zararlıların epidemiyi yapma ihtimalini arttıracaktır. Nitekim elma bahçelerinde belirlenen zararlı türler ile mücadelede başarılı olmak için öncelikle doğada faydalı türlerin belirlenmesi, korunması ve etkinliklerinin artırılması amacıyla ilaçlama zamanı ve sayısını belirlemektir. Bu amaçla özellikle Elma içkurdu ile mücadelede kullanılan erken uyarı tekniğinin uygulanması, yaygın ve aktif olarak kullanılmasına önem verilmelidir. Neticede bu çalışmadan elde edilmiş olan bilgileri üretici ile paylaşarak gereksiz ilaçlamaların önüne geçilmesi tavsiye edilecektir. Böylece ileride süreçte kısmen de olsa kalite ve verim kaybı yanı sıra üründe kalıntı nedeniyle tüketimde ve ihracatta sorun yaşanmayacak ve sağlıklı ürün tüketilebilecektir.

## TEŞEKKÜR

Çalışmalarında elde edilen, Braconidae türünün teşhisi Prof. Dr. Ahmet BEYARSLAN (Eren Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Bitlis), Coccinellidae türlerinin teşhisleri Prof. Dr. Nedim UYGUN (Emekli öğretim üyesi, Adana), Ankara), Dermaptera teşhisi Prof. Dr. Ali DEMİRSOY (Hacettepe Üniversitesi), Aphelinidae türünün teşhisi Prof. Dr. Mikdat DOĞANLAR (Emekli öğretim üyesi), Chrysopidae türlerinin teşhisleri Prof. Dr. Ali SATAR (Dicle Üniversitesi Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Diyarbakır), Dermaptera türünün teşhisi Prof. Dr. Ali DEMİRSOY (Hacettepe Üniversitesi), Hemiptera türlerinin teşhislerini Prof. Dr. Ahmet DURSUN (Amasya Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Amasya), Lepidoptera türlerinin teşhisleri Dr. Mustafa Özdemir (Ankara Ziraat Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü), Syrphidae türlerinin teşhisleri Prof. Dr. Ahmet Faruk ÖZGÜR (Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Adana), Yaprakbiti türlerinin teşhisi Dr. Işıl Özdemir (Ankara Ziraat Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü) tarafından yapılmıştır.

## KAYNAKLAR

- Alaserhat İ, 2015. Erzincan ve Gümüşhane İllerinde Yetiştirilen Ilıman İklim Meyve Türlerinde Bulunan Aphididae (Hemiptera) Türleri, Yoğunlukları, Doğal Düşmanları ve Sekonder Konukçularının Belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü., Doktora Tezi (Basılmış).
- Alaserhat İ, 2019. Erzincan ili Elma Ağaçlarında Bulunan Zararlı ve Faydalı Böcek Türleri İle Bazı Önemli Zararlı Türlerin Doğada Görülme Zamanı, Avrupa Bilim ve Teknik Dergisi, (17): 1116-1124.
- Anonim, 2008a. Ziraat Mücadele Teknik Talimatları. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Yayınları, Cilt 4: 145-158s., Ankara,-Türkiye.
- Anonim, 2008b. Ziraat Mücadele Teknik Talimatları. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Yayınları, Cilt 4: 388s., Ankara,-Türkiye

- Anonim, 2014. Yumuşak Çekirdekli Meyve Yetiştiriciliği-1, Tarım Teknolojileri. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, s.116, Ankara-Türkiye.
- Anonim, 2019. Yaş Meyve ve Sebze Sektörü Türkiye Geneli Değerlendirme Raporu, 2017/2018 Ocak-Aralık dönemi. Akdeniz ihracatçı birlikleri genel sekreterliği, Mersin.
- Anonymus, 2018. Food and Agriculture Organization of the United Nations (<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>). (Erişim tarihi: 14.11.2019).
- Artun O, Saltuk B, 2018. A Geographic Information System (GIS)-Based Multi-Criteria Evaluation For Greenhouse Site Selection: Tigris Basin Case Study. Fresenius Environmental Bulletin Volume 27 – No.12A/2018 pages 9019-9025.
- Ayaz T, Yücel A, 2010. Elazığ İli Elma Alanlarında Zararlı ve Yararlı Arthropod Türlerinin Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 14 (1): 9-16.
- Baran MF, Polat R, Gökdoğan O, 2016. Comparison of Energy Use Efficiency of Different Tillage Methods on The Secondary Crop Sunflower Production, Feb - Fresenius Environmental Bulletin, (25):11, p.4937-4943.
- Bayraktar SY, 2015. Karaman İlinde Elma Bahçelerinde Elma İçkurdu İle Kimyasal Mücadelede Mücadele Zamanının Belirlenmesine Yönelik Çalışmalar. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Bayhan E., M.R. Ulusoy ve Vatanserver G, 1999. Ulukışla-Pozantı Yöresi Elma, Armut ve Ayva Ağaçlarında Zararlı Olan Türler. *Türkiye III. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi*, 14-17 Eylül 1999, Ankara, 876-880.
- Beers EH, Brunner JF, Willet MJ, Warner GM, 1993. Orchard Pest Management. Washington, 276 p.
- Blackman RL, Eastop VF, 1994. Aphids on The World's Trees: An Identification and Information Guide CAB International. Department of Entomology, The Natural History Museum, London, England, p.986.
- Bora T, Karaca İ, 1970. Kültür Bitkilerinde Hastalığın ve Zararın Ölçülmesi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yardımcı Ders Yayınları, No:167, s.43, İzmir-Türkiye
- Bozbek Ö, 2012. Erzincan İlinde Elma Ağaçlarında Görülen Coccoidea (Hemiptera) Türleri ile Bunların Parazitoit ve Predatörleri. Atatürk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü., Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Bozbek Ö, Gökçe AY, 2000. Doğu Anadolu Bölgesinde Elma Bahçelerinde Entegre Mücadele Araştırma, Uygulama ve Eğitim Projesi. Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Erzincan Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Yayınları, No:36, s.45, Erzincan-Türkiye
- Cranshaw W, 2004. Biological Controls IX. Insect Predators. <http://highplainsippm.org>
- Croft B A, 1975. Tree Fruit Pest Management. Introduction to Insect Pest Management. A. Wiley Interscience Publication. John Wiley and Sons, pp.471-507, New York-ABD.
- Croft BA, 1982. In Introduction to Pest Management. (Ed. By R. L. Metcalf and W. H. Luckmann. John Wiley & Sons). Apple Pest Management, pp. 465-498.
- Çelik H, Ünlü L, 2017. Beyşehir (Konya) İlçesi Elma Bahçelerinde Elma İçkurdu *Cydia pomonella* (L.) (Lep.: Tortricidae)'nun Ergin Popülasyon Gelişimi ve Bulaşıklık Oranlarının Belirlenmesi, Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 21(3): 266-278.
- Çiftçi K, Türkyılmaz N, Kumaş F. ve Özkan A, 1985. Antalya İli Elma Bahçelerindeki Önemli Zararlılar ile Doğal Düşmanlarının Tespiti Üzerinde Ön Çalışmalar. Bitki Koruma Bülteni, 25 (1-2), 49-61.
- Erden F, 1988. Erzincan Bölgesi Yumuşak Çekirdekli Meyve Ağaçlarının Böcek Kökenli Zararlıları, Tanınmaları ve Önemlilerinin Zararlılık Durumları Üzerinde Araştırmalar. Koruma Kontrol Genel Müdürlüğü Mesleki Yayınlar No:4, s.87-89, Ankara-Türkiye.
- Güçlü Ş, Özbek H, 1995. Erzurum'da Elma Ağaçlarında Çiçek ve Meyvedeki Zararlılar Üzerinde Bazı Gözlemler. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 26 (2): 171-175.
- Grigorov SP, 1974. Karantina Restaniata. Zemizdat, Sofya, 346 pp.
- İşçi M, 2008. Elma içkurdu [*Cydia pomonella*] Lep.:Tortricidae'nun Farklı Elma Çeşitlerindeki Zarar Oranlarının Belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış), Konya.

- Karaca G, Karaca I, Yardımcı N, Demirözer O, Aslan B, Çulal Kılıç H., 2010. Investigations on Pests, Diseases and Present Early Warning System of Apple Orchards in Isparta. *African Journal of Biotechnology*, 9(6): 834-841.
- Karamürsel D, 2009. Türkiye Elma Endüstrisine Genel Bir Bakış. *Tarım Türk Dergisi*, (15): 13-14.
- Kaşka, N, 1997. Türkiye’de Elma Yetiştiriciliğinin Önemi, Sorunları ve Çözüm Yolları. Yumuşak Çekirdekli Meyveler Sempozyumu. Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araşt. Enst.- 2-5 Eylül 1997. S:1-12 Yalova,
- Kaya Ü, Öncüer C, 1988. Laboratuvarında üretilen *Chrysoperla carnea* (Steph.) (Neuroptera: Chrysopidae)’nın Biyolojisine Farklı İki Besinin Etkisi Üzerinde Bir Araştırma. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 12 (3): 151-159.
- Kennedy JS, Day MF, Eastop VF, 1962. A Conspectus of Aphids As Vector of Plant Viruses Common Wealth. Institute, London, England, pp.114.
- Kovancı B, Gencer, NS, Kaya M.ve Akbudak B, 2000. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Elma Bahçesinde Elma içkurdu (*Cydia pomonella* L.) (Lepidoptera: Tortricidae)’ nun Ergin Populasyon Değişimi Üzerine Araştırmalar. Uludağ Üniversitesi, Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi, Araştırma Özetleri. Bursa, Cilt: 2, 597 s.
- Küçükbalı N, Karaca İ, 2018. Elma bahçelerinde Bazı Önemli Zararlılara Karşı Azadirachtin ve Kaolin Uygulamalarının Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22 (2): 918-923.
- Mdellel L, Ben Halima Kamel M, 2015. Apple Aphid’s Species and Their Natural Enemies in Tunisian Orchards. *Journal of New Sciences*, 24 (4): 1108-1114.
- Ölmez S, Ulusoy M.R, 2002. Diyarbakır İlinde Aphidoidea Üst Familyasına Bağlı Türlerin Predatörlerinin Saptanması. Türkiye 5. Biyolojik Mücadele Kongresi, Erzurum, 237-247
- Ölmez Bayhan S, Ulusoy M R, Toros S, 2003. Determination of Aphididae (Homoptera) Fauna of Diyarbakir Province of Turkey. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 27 (4): 253-268.
- Ölmez-Bayhan, S, Ulusoy M R, Bayhan E, 2006. Aphids and Their Predators in Malatya Region and Around, Turkey. *Journal of Biological Sciences*, 6 (5): 954-957.
- Ölmez-Bayhan S, Bayhan E, Özdemir I, 2012. Survey of Predator Species of Aphids in Batman, Diyarbakir and Mardin Provinces of Turkey. *Research on Crops*, Volume: 13 (2): 628-633.
- Ölmez Bayhan, S, Bayhan E, Özdemir I, 2015. Predator Species Determined on Aphid (Hemiptera: Aphididae) in Şanlıurfa and Adıyaman Provinces of Turkey. *Agriculture & Forestry*, Vol. 61 Issue 1: 149-152.
- Öncüer F, 1991. Türkiye Bitki Zararlısı Böceklerin Parazit ve Predatör Kataloğu. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 505, s.281, İzmir-Türkiye.
- Özbek H, Güçlü Ş, Hayat R, Yıldırım E, 1995. Meyve, Bağ ve Bazı Süs Bitkileri Zararlıları. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: No: 323, Ders Kitabı: No:72, Erzurum
- Özpınar A, Şahin AK, Polat B, 2009. Çanakkale İlinde Elma içkurdu [*Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae)]’nın Yayılış Alanı ve Popülasyon Gelişmesinin Belirlenmesi. Türkiye III. Bitki Koruma Kongresi, 15-18 Temmuz 2009, Van.
- Öztürk N, Acıöz S, 2014. Mersin İli Armut Bahçelerinde Elma İçkurdu (*Cydia pomonella*) (Lepidoptera: Tortricidae)’nın Ergin Popülasyon Değişimi, *Alatarım*, 13 (1): 11-16.
- Piekarska-Boniecka H, Wilkaniec B, Dolan’Ska-Niedbała, E, 2008. Parasitoids of Ichneumonidae Family (Hymenoptera, Apocrita) Limiting Abundance of Rose Tortrix Moth *Archips rosana* (L.) in selected orchards in Wielkopolska. *Progress in plant protection*, 48 (4): 1319-1322.
- Porcel M, Andersson GKS, Palsson J, Tasin M, 2018. Organic Management in Apple Orchards: Higher Impacts on Biological Control than on Pollination. *Journal of Applied Ecology*, 55: 2779–2789.
- Saltuk B, 2019. Determination of Greenhouse Potential in Siirt Province and Districts by Using GIS and Recommendations to Producers. *European Journal of Science and Technology* No. 15, pp. 343-350.
- Steiner N, 1962. Methoden Zur Untersuchung der Population Dynamik in Obstanlagen. *Entomophaga* 7(13), 207-214.

- Şahin AK, 2010. Çanakkale İlinde Elma İçkurdu (*Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae)'nın Popülasyon Gelişmesinin ve Bazı Biyolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi Çanakkale On Sekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale
- Toros S, Uygun N, Ulusoy R, Satar S, Özdemir I, 2002. Doğu Akdeniz Bölgesi Aphidoidea Türleri. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Ankara, s.108, Ankara-Türkiye
- Tuatay N, 1993. Türkiye yaprakbitleri (Hemiptera: Aphididae) IV. Aphidinae: Aphidini (I.Kısım). Bitki Koruma Bülteni, 33 (3-4): 83-106.
- Uygun N, 1981. Türkiye Coccinellidae (Coleoptera) Faunası Üzerinde Taksonomik Araştırmalar. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Bilim Araştırma ve İnceleme Tezleri, Adana, 110s.
- Ülkümen L, 1938. Malatya'nın Mühim Meyve Çeşitleri Üzerinde Morfolojik, Fizyolojik ve Biyolojik Araştırmalar. Yüksek Ziraat Enstitüsü, s.65, Ankara-Türkiye
- Yanar D, Ecevit O, 2005. Tokat İlinde Elma (*Malus communis* L.) Bahçelerinde Görülen Bitki Zararlısı ve Predatör Akar Türleri. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 20 (1): 18-23.
- Yardım EN, Atlıhan R, Özgökçe MS, Kaydan MB ve Özgen İ, 2003. Elma Bahçelerinde Elma içkurdu *Cydia pomonella* (L.) İçin Kitlesele Tuzaklama ve Kimyasal Mücadelenin Bazı Etkileri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 13: 45-48.
- Yiğit A, Uygun N, 1982. Adana, İçel ve Kahramanmaraş İlleri Elma Bahçelerinde Zararlı ve Yararlı Faunanın Saptanması Üzerinde Çalışmalar. Bitki Koruma Bülteni, Cilt:22, No:4 s.163-179, Ankara-Türkiye
- Yoldaş Z, 1994. "Studies on the Biology of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) Feeding on Two Different Preys, 375-380". Proceedings of the 3rd Turkish National Congress of Biological Control (25-28 January 1994, İzmir, Turkey), 575 pp.



## Akdeniz Meyvesineği (*Ceratitis capitata* Wiedemann) (Diptera: Tephritidae)'nin Tanımı, Dağılımı, Biyolojisi, Zararı ve Mücadele Yöntemleri

Burcu BİRCAN<sup>1</sup>, Abdurrahman Sami KOCA<sup>1\*</sup>, Gülay KAÇAR<sup>1</sup>

**ÖZET:** Polifag bir zararlı olan Akdeniz meyvesineği, *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae), tropik ve subtropik birçok ülkede dağılım göstermektedir. *C. capitata* en önemli turuncgil zararlılarından biri olup elma, nar, şeftali, Trabzon hurması ve nektarin gibi bazı meyvelerde ekonomik olarak kayıplara neden olmaktadır. Bu zararlı, Dünya üzerinde birçok ülkede ana zararlı konumundadır. *C. capitata*, Türkiye karantina listesinde sıfır toleranslı zararlı tür olarak kaydedilmiştir. Bu tür, ülkemizde, Doğu Akdeniz'den Kuzey Ege'ye kadar geniş bir alanda yayılış göstermektedir. Akdeniz meyvesineği, son yıllarda turuncgil üretimini ve ihracatını ciddi bir şekilde tehdit etmektedir. *C. capitata* ile mücadelede çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Tüm Dünya'da zararlının kontrolünde yaygın olarak biyoteknik mücadele yöntemleri kullanılmaktadır. Bu kapsamda çevre dostu olan kitle halinde tuzakla yakalama amacıyla farklı tuzaklardan faydalanılmaktadır. Bu derlemede, Akdeniz meyvesineği'nin tanımı, yayılış alanları, konukçuları, biyo-ekolojisi, zarar şekli ve mücadelesi hakkında bilgiler verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Ceratitis capitata*, Mücadele, Karantina zararlısı, Meyveler

### Damage, Biology, Distribution, Definition and Management Methods of Mediterranean Fruit Fly (*Ceratitis capitata* Wiedemann) (Diptera: Tephritidae)

**ABSTRACT:** Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae) is a polyphagous fly species, disturbed in the tropical and subtropical countries. *C. capitata* is most important citrus pest, which damages economically the yield loss on some fruits such as apple, pomegranate, peach, persimmon, and nectarine. This pest is the main pest in many countries in the world. *C. capitata* has been recorded as a zero-tolerance pest in the quarantine pest listed of Turkey. It distributes to wide areas from the east Mediterranean Region to the north Aegean Region in our country. The Mediterranean fruit fly has recently threatened the citrus production and export. Some management methods have been applied the control of *C. capitata*. The biotechnical control is commonly applied to control this pest both all around the world. In this context, several traps are used for mass trapping with environmentally friendly. This review consists of the informations such as its definition, distribution areas, hosts, bio-ecology, damage, and controlling.

**Keywords:** *Ceratitis capitata*, Management, Quarantine pest, Fruits

<sup>1</sup> Burcu BİRCAN (Orcid ID: 0000-0003-4669-651X), Abdurrahman Sami KOCA (Orcid ID: 0000-0002-7657-5615), Gülay KAÇAR (Orcid ID: 0000-0001-9800-8286), Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Bolu, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Abdurrahman Sami KOCA, a.samikoca@yahoo.com.tr

Geliş tarihi / Received: 19-02-2020

Kabul tarihi / Accepted: 15-06-2020

## GİRİŞ

Akdeniz meyvesineği *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae) Dünya'da geniş yayılış alanına sahip zararlı bir türdür. *C. capitata* başlıca turunçgiller olmak üzere yumuşak ve sert çekirdekli meyvelerden 300'den fazla farklı konukçuda zarara neden olan kozmopolit bir karantina zararlısıdır (Christenson ve Foote, 1960, Demirdere, 1961; Liquido ve ark., 1991; Papadopoulos ve ark., 1998; Kızılyamaç, 2016; Tiring ve ark., 2016). Bu zararlı ülkemiz karantina listesinde yer alan sıfır toleranslı bir türdür (Anonim, 2013a) ve Dünya'da ilk olarak 1910 yılında Hawaii adasında belirlenmiştir (Bergsten ve ark., 1999; USDA, 2003).

Akdeniz meyvesineği'nin anavatanı Afrika olup, Batı Avustralya gibi tropik ve subtropik iklimlere sahip olan bölgelerde, Kuzey ve Güney Afrika'da, Güney ve Orta Amerika'da, Avrupa'da ve Akdeniz iklimine sahip birçok ülkede yaygın bir tür olduğu kaydedilmiştir (Papadopoulos ve ark., 1998; Vera ve ark., 2002; Israely ve ark., 2004; Ricalde ve ark., 2012; Fauna Eu, 2020). *C. capitata* Türkiye'de ilk olarak 1939 yılında Ankara'da tespit edilmiştir (Bodenheimer, 1958; İleri, 1961). Akdeniz meyvesineği ile ilgili Mersin, Adana, Osmaniye, Antalya, Hatay, Aydın, Muğla, İzmir, Ankara, Kayseri, Konya gibi birçok ilde meyve alanlarında çalışmalar yürütülmüştür (İleri, 1961; Demirdere, 1961; Zümreoğlu, 1979; Özkan, 1993; Başpınar ve ark., 2009; Satar ve Tiring, 2016; Satar ve ark., 2016; Tiring ve Satar, 2017).

Dünya'da çok sayıda ülkede yayılmış olması, diğer meyve sineklerine oranla serin iklim koşullarına uyum sağlaması, birçok meyve çeşidine zarar vermesi, diğer meyve zararlılarına göre Akdeniz meyvesineği'ni önemli bir zararlı konumuna getirmiştir (Thomas ve ark., 2010). Akdeniz meyvesineği, Türkiye'de de yayılış gösteren 118 meyve sineği türü arasında en önemlilerinden birisi olarak rapor edilmiştir (Kütük ve ark., 2013). Bu derlemede, önemli bir karantina zararlısı olan Akdeniz meyvesineği'nin tanımı, yayılış alanları, konukçuları, biyo-ekolojisi, zarar şekli ve mücadelesi hakkında bilgiler verilmiştir.

### Akdeniz Meyvesineği'nin Konukçuları

Akdeniz meyvesineği polifag bir zararlı olup, Dünya'da 65 farklı familyadan 350 konukçuda kaydedilmiştir (Weems, 1981; Liquido ve ark., 1990; Liquido ve ark., 1991; Liquido ve ark., 1995; Woods ve ark., 2005; Thomas ve ark., 2010). Akdeniz meyvesineği konukçularının %40'ını oluşturan bitkilerin %6'sı Myrtaceae (mersin, karanfil, yenibahar ve okaliptüs), %10'u Rosaceae (çilek, armut, elma ve badem), %9'u Rutaceae (portakal, mandalina, greylift ve limon), %9'u Sapotaceae (yumurta meyvesi, mucize meyve, İspanyol kirazı ve argan) ve %6'sı Solanaceae (domates, patlıcan, patates ve tütün) familyalarında bulunan bitkiler olduğu bildirilmiştir (Liquido ve ark., 1991; Liquido ve ark., 1995). Konukçu sayısı ülkeden ülkeye ve bölgeden bölgeye değişiklik göstermektedir. *C. capitata*, bu konukçulardan bazılarında bulaşma düzeyinde kalırken, bazılarında ise ekonomik açıdan önemli kayıplara neden olduğu kaydedilmiştir. Zararlı, konukçularından özellikle ince kabuklu ve olgun meyveli olanlarını tercih etmekle birlikte, pek çok ülkede çeşitli meyvelerde ekonomik açıdan zarara neden olduğu bildirilmiştir (Giray, 1966; Özkan, 1993; Thomas ve ark., 2007; Anonim, 2008). Akdeniz meyvesineği'nin ülkemizde tespit edilmiş en önemli konukçuları turunçgiller (limon hariç), şeftali, nar, incir, Trabzon hurması, elma, kayısı, ayva ve avokado olarak kaydedilmiştir. Ayrıca, *C. capitata* turunçgillerden en fazla erkenci mandarin ve portakal çeşitlerinde zarara neden olduğu belirlenmiştir (Zeki ve ark., 2008; Elekçioğlu, 2009; Hantaş ve ark., 2011; Elekçioğlu, 2012; Tiring ve Satar, 2017; Üçpınar ve Ünlü, 2019). Ülkemiz, kaliteli ve verimli turunçgil üretimi bakımından uygun ekolojik koşullara sahip olanaklar sunmaktadır (Akyol, 2014). Dünyada turunçgil üretiminde Çin 5 110 420 ha üretim alanı ve 71 628 603 ton üretim miktarı ilk sırada yer almaktadır (FAO, 2019). Çin'i 698 772 ha

üretim alanı, 19 273 569 ton üretim miktarı ile Brezilya ve 909 572 ha üretim alanı, 11 772 750 ton üretim miktarı ile Hindistan takip etmektedir. Türkiye ise 143 489 ha üretim alanı ve 49 000 000 ton üretim miktarı ile dünyada yedinci sırada yer almaktadır. Türkiye turunçgil üretiminde portakal 1 700 000 ton, mandalina 1 400 000 ton, limon 950 000 ton, altıntop (greyfurt) 250.000 ton ve turunç 2 230 ton paya sahip olduğu kaydedilmiştir (TÜİK, 2019). Ülkemiz dış ticaretinde turunçgiller önemli bir paya sahip olup Irak, Rusya, Ukrayna, Doğu Avrupa ülkeleri başlıca turunçgil ihraç edilen ülkeler arasında yer almaktadır (Ünlü, 2019).

Dünyada turunçgil üretiminin kıtalara göre dağılımına bakıldığında Asya %45, Amerika %35 ve Afrika %12 paya sahiptir. Çin 5 110 420 ha üretim alanı ve 71 628 603 ton üretim miktarı ilk sırada yer almaktadır (FAO, 2019). Çin'i 698 772 ha üretim alanı, 19 273 569 ton üretim miktarı ile Brezilya ve 909 572 ha üretim alanı, 11 772 750 ton üretim miktarı ile Hindistan takip etmektedir. Dünya turunçgil üreticisi ülkeler tarafından oluşturulan Madrid merkezli CLAM (Liason Committee For Mediterranean Citrus) olarak bilinen Akdeniz Turunçgil İrtibat Komitesi'ne Türkiye 1989'da katılmıştır. Böylelikle Türkiye, dünya turunçgil üretim alanlarının kuzey sınırında yerini almıştır (Atlı ve Söyler, 2018). Ülkemiz, kaliteli ve verimli turunçgil üretimi bakımından uygun ekolojik koşullara sahip olanaklar sunmaktadır (Akyol, 2014). Türkiye ise 143 489 ha üretim alanı ve 49 000 000 ton üretim miktarı ile dünyada yedinci sırada yer almaktadır. Ülkemiz dış ticaretinde turunçgiller önemli bir paya sahip olup Irak, Rusya, Ukrayna, Doğu Avrupa ülkeleri başlıca turunçgil ihraç edilen ülkeler arasında yer almaktadır (Ünlü, 2019). Türkiye'de turunçgil üretim alanları Akdeniz ve Ege Bölgesi'nin kıyı kısımlarında yoğunlaşmış olup yaklaşık olarak %83'ü Akdeniz Bölgesi'nde, %16'si Ege Bölgesi'nde yer almaktadır. (Atlı ve Söyler, 2018). Türkiye turunçgil üretiminde portakal 1 700 000 ton, mandalina 1 400 000 ton, limon 950 000 ton, altıntop (greyfurt) 250.000 ton ve turunç 2 230 ton paya sahip olduğu kaydedilmiştir (TÜİK, 2019). Ülkemizde *C. capitata*'nın konukçusu olduğu önemli meyvelerin üretim miktarları Çizelge 1'de verilmiştir. Zararlı diğer konukçuları domates, biber, ceviz, çilek ve pamuk olmakla birlikte muz, patlıcan, üzüm ve böğürtlende de nadiren kaydedilmiştir. *C. capitata*'nın laboratuvar konukçuları olarak kaktüs, hıyar ve kabak bildirilmekle birlikte, önem derecesi bilinmeyen konukçular olarak da zeytin, badem, kavun, karpuz ve bakla kaydedilmiştir (Thomas ve ark., 2010).

### Akdeniz Meyvesineği'nin Morfolojik Özellikleri ve Biyolojisi

Akdeniz meyvesineği erginleri, ev sineğinden küçük (yaklaşık 2/3'si kadar), 3.5-5.0 mm boyutlarında, vücudu genel olarak sarımsı kahverengi renkte ve kanatlarında da kahverengimsi siyah bantlar olup, abdomen üzerinde iki açık renkli bant ve thoraks üzerinde siyah, sarımsı ve gümüş renkli bölgeler ile mozaik bir görüntüye sahip olduğu kaydedilmiştir (Bergsten ve ark., 1999; De Meyer, 2000; Thomas ve ark., 2001). Ergin erkek bireylerin antenlerinin uç kısmında bulunan bir çift siyah renkli orbital seta ile kolaylıkla morfolojik olarak ayrımı yapılabilmektedir. Ergin dişilerin karakteristik sarı desenli kanatları ile skutellumun uç kısmının yarısının tamamen siyah olmasıyla çoğunlukla diğer türlerden kolaylıkla ayrımı yapılabilmektedir. Ayrıca dişilerin abdomen sonunda 1.2 mm uzunluğunda ovipozitör bulunmaktadır (De Meyer, 2000; Thomas ve ark., 2001).

*Ceratitis capitata* yumurtaları yaklaşık 1 mm x 0.2 mm boyutlarında, parlak beyazımsı-krem renkli, silindirik ve mekik şeklindedir. Yumurtaların açılması için en düşük sıcaklık eşiği 11 °C, optimum sıcaklık değeri ise 25 °C olarak bildirilmiştir (Shoukry ve ark., 1979; Bergsten ve ark., 1999). Akdeniz meyvesineği larvaları yumurtadan çıktığında yaklaşık 1 mm boyunda, bacaksız ve şeffaf bir görünüme sahip olup beslenme ile opak beyaz renk almaktadır. Zararlı larvalarının, buldukları konukçu meyvenin etli kısımları içerisinde tüneller açarak 6-10 gün burada beslendiği ve üç dönem

geçirdikten sonra genellikle meyvelerden ayrılarak pupa olmak üzere toprağa atladıkları kaydedilmiştir. Bununla birlikte zararlının meyve içerisinde ya da herhangi bir yerde de pupa döneminde kışı geçirebildikleri bildirilmiştir (Bergsten ve ark., 1999; Thomas ve ark., 2001).

**Çizelge 1.** Akdeniz meyvesineği'nin konukçusu olduğu önemli meyvelerin ülkemizdeki üretim miktarları (TÜİK, 2019)

Meyveler	Üretim miktarı (ton)
Avokado	4 200
İncir (Yaş)	310 000
Greyfurt (Altıntop)	250 000
Limon ve Misket Limonu	950 000
Portakal (Washington)	1 242 000
Portakal (Yafa)	57 000
Portakal (Diğerleri)	401 000
Mandalina (Satsuma)	681 000
Mandalina (Klemantin)	90 000
Mandalina (King)	5 000
Mandalina (Diğerleri)	624 000
Turunç	2 230
Elma (Golden)	881 000
Elma (Starking)	1 323 000
Elma (Amasya)	219 000
Elma (Granny Smith)	152 000
Elma (Diğer)	1 041 000
Armut	530 000
Kayısı	846 000
Şeftali	686 000
Nektarin	145 000
Nar	559 000
Trabzon Hurması	51 000

Pupalar silindirik şekilli, fiçı tipinde olup 3.5-4.3 mm boyutlarında ve başlangıçta beyazımsı-krem renkli, daha sonra kırmızımsı kahve renkli bir görünüm almaktadır. Pupa döneminde optimum sıcaklık isteklerinin 22-30 °C, minimum ve maksimum sıcaklık eşiklerin ise sırasıyla 9.7-35.0 °C olduğu kaydedilmiştir. Ayrıca, ergin çıkışının 26 °C'de 6-15 günde gerçekleştiği belirlenmiştir (Shoukry ve ark., 1979; Bergsten ve ark., 1999; Thomas ve ark., 2001).

İlkbaharda Akdeniz koşullarında mart-nisan aylarında pupalardan çıkış yapan erginler, çevrede bulunan balımsı maddelerle bir süre beslenerek eşeysel olgunluğa ulaştığı kaydedilmiştir. Bu dönemin (ovipozisyon periyodu) süresi çevre koşullarına bağlı olarak değişiklik göstermekte; sıcaklık, besin ve cinsiyet gibi faktörlerin etkili olduğu ve pre-ovipozisyon evresi olarak adlandırılan bu evrenin minimum iki gün olmakla birlikte ortalama 7-8 gün sürdüğü bildirilmiştir (Bodenheimer, 1958; İleri, 1961; Elekçioğlu, 2009; Tiring, 2015; Satar ve Tiring, 2016). Ayrıca, ergin dişilerin çiftleşme sonrasında hem beslenmek için hem de yumurta bırakmak için meyve aradıkları ve sıcaklığın 17 °C'nin üzerinde olduğu günlerde, yumurtalarını olgunlaşmış meyve kabuğunun altına ovipozitörleri yardımıyla açtıkları deliğe gruplar halinde (yaklaşık 100 yumurta) bıraktıkları tespit edilmiştir. Bir dişinin hayatı boyunca 250-1200 yumurta bırakabildikleri ve ergin ömrünün 30-60 gün sürdüğü kaydedilmiştir (Bergsten ve ark., 1999; Thomas ve ark., 2001; USDA, 2003). Akdeniz meyvesineği'nin coğrafi koşullara, iklim durumuna ve konukçu bitki türüne göre değişmekle birlikte diyapoz geçirmeksizin dünyanın farklı bölgelerinde 3-7 döl (Papadopoulos, 2008), ülkemizde ise Akdeniz Bölgesi'nde yılda 7 döl, Ege Bölgesi'nde ise 4-5 döl verdiği bildirilmiştir (Öztop, 2008; Başpınar ve ark., 2009; Tiring ve ark., 2016). Zararlının yumurta, larva ve pupa dönemlerinin gelişimi, sıcaklığın 10 °C altına düşmesiyle durmakla birlikte, besin azlığı

ile pupa döneminde kuraklık ve aşırı sıcaklıklar gibi uygun olmayan koşullarda yaşamlarını devam ettirebildikleri belirlenmiştir (Bergsten ve ark., 1999; Thomas ve ark., 2001). Dişilerin meyveye bıraktığı yumurtaların açılmasıyla (1-4 gün) başlayan gelişme süreci, larvaların meyvede beslenmesi (6-10 gün), larvaların toprakta veya meyve içerisinde pupa olması (6-15 gün) ve ergin bireylerin yaşam süresi (30-60 gün) olmak üzere toplamda 43-89 günde tamamlandığı tespit edilmiştir. Bu sürenin bazı iklimsel koşullara, özellikle de sıcaklığa bağlı olarak değişiklik gösterdiği kaydedilmiştir. Zararlı, birçok tropikal meyve sineğine göre serin iklim koşullarına daha fazla tolerans göstermekle birlikte yumurta, larva ve ergin gelişme sürelerinin sıcaklıktan etkilendiği bildirilmiştir (Bergsten ve ark., 1999; USDA, 2003).

### Akdeniz Meyvesineği'nin Zararı

Akdeniz meyvesineği ergin dişisi, meyvelere yumurta koyarak zarar vermesinin yanı sıra larvanın meyvelerin etli kısmıyla beslenmesi sonucu kalite ve kantite kaybına neden olmaktadır. Ergin dişilerin meyvelerin yumuşak dokularına yumurta bırakması, yumurtadan çıkan larvaların buralarda beslenmesi ve sonrasında oluşan sekonder enfeksiyonlar sonucunda dökülme ve çürümeler meydana getirdiği kaydedilmiştir (Bergsten ve ark., 1999; Elekçioğlu, 2013). Üç dönem geçiren larvaların, meyvenin etli kısmında beslenerek zarar meydana getirdiği, asıl zararın bu dönemde ortaya çıktığı ve çürüme, çöküntü ve yumuşama sonucu hasat zamanından önce meyve dökümü nedeniyle ürün kaybına sebep olduğu bildirilmiştir (Bergsten ve ark., 1999; Thomas ve ark., 2001). Akdeniz meyvesineği zararı, meyve bahçelerinde görülmesinin yanı sıra, aynı zamanda meyvelerin pazarlanma sürecinde de ortaya çıkabilmektedir. Akdeniz meyvesineği'nden zarar görmüş meyvelerin iç pazarda satışa sunulmadan çürümmesine veya tezgahlarda tercih edilmemesine yol açmaktadır. Ayrıca bu şekilde zarar görmüş meyveler ihracatı da engellemektedir. Akdeniz meyvesineği, ülkemizin zengin meyve çeşitleri ve yüksek meyve üretim potansiyeli nedeniyle, ihracatta anahtar rolü üstlenen önemli bir karantina zararlısı konumundadır (Elekçioğlu, 2009; Kahyaoğlu ve Gürkan, 2010). Bu nedenle zararlıyı kontrol altında tutabilmek için sürekli popülasyonlarının izlenerek mücadeleye karar verilmelidir.

### Akdeniz Meyvesineği'nin Dağılımı

Akdeniz meyvesineği, Dünyada tropik ve subtropik olmak üzere neredeyse tüm bölgelere dağılmış vaziyettedir. Anavatanı Afrika Sahra'sı olan Akdeniz meyvesineği; Zambia, Uganda, Zimbabwe, Tanzania, Kenya gibi Kuzey ve Güney Afrika bölgelerinde, Kosta Rika, Brezilya, California, Hawaii, Florida, Bermuda, Arjantin, Uruguay gibi Güney ve Orta Amerika bölgelerinde, Kuzey Amerika'da Kaliforniya'da, Avrupa'daki Akdeniz ülkelerinin tamamında, Batı Avustralya gibi tropik ve subtropik iklime sahip olan bölgeler ile Akdeniz'e komşu Ürdün, Lübnan ve İsrail gibi birçok ülkede yaygın bir tür olarak bildirilmektedir (Papodopoulos ve ark., 1998; Vera ve ark., 2002; Israely ve ark., 2004; Papodopoulos, 2008; Ricalde ve ark., 2012). *C. capitata* Türkiye'de ilk olarak 1939 yılında Ankara'da şeftali ve kayısıda, 1958 yılında Kayseri'de armutlarda tespit edilmiştir (Bodenheimer, 1958; İleri, 1961).

Türkiye'de farklı illerde Akdeniz meyve sineği ile ilgili birçok çalışma yürütülmüştür. Demirdere (1961), Çukurova Bölgesi'nde zararlının biyolojisi ve mücadelesi üzerinde bir çalışma yürütmüştür. Zümreoğlu (1985) İzmir ve çevresinde zararlının popülasyon dalgalanmasına etki eden faktörleri araştırmıştır. Zümreoğlu (1990) Akdeniz meyvesineği'nin yakalanmasında kullanılan tuzaklar ile ilgili denemeler yürütmüştür. Özkan (1993) Doğu Akdeniz Bölgesi'nde zararlının konukçu değişimi üzerine araştırmalar yapmıştır. Gençsoylu ve ark. (2006) Akdeniz meyvesineği'nin farklı şeftali çeşitlerinde zarar oranları ve popülasyon değişimleri ile ilgili bir çalışma yürütmüşlerdir. Zeki ve ark. (2008) Isparta



ve Burdur ilinde yumuşak ve sert çekirdekli meyvelerde Akdeniz meyvesineği'nin dağılımını ve zarar oranlarını belirlemişlerdir. Başpınar ve ark. (2009) Aydın ilinde zararlının konukçusu olabilecek erik, şeftali, kayısı, Trabzon hurması, kiraz, incir, nar, elma, zeytin ve turunçgil bahçelerinde popülasyon dalgalanmalarını izlemişlerdir. Kahyaoğlu (2011) zararlının mücadelesinde kullanılabilir hazır yem formülasyonları hazırlamış ve bunların kullanım olanaklarını araştırmıştır. Başpınar ve ark. (2014) Akdeniz meyvesineği'nin mücadelesinde besin çekici amonyum asetatın tuzaklarda kitlesel tuzaklama amacıyla kullanılma olanaklarını araştırmışlardır. Çardak (2015) Osmaniye ili nar bahçelerinde zararlının yayılışı, popülasyon yoğunluğu ve zarar oranını belirlemiştir. Tiring (2015) Adana ilinde zararlının konukçusu olan portakal, mandarin, altıntop, nar, avokado, Trabzon hurması, elma, şeftali, incir ve nektarin bahçelerinde çalışmalar yürütmüştür. Satar ve Tiring (2016) Okitsu mandarin çeşidinde Akdeniz meyvesineği'ne karşı tuzak kullanımının etkinliğini tespit etmişlerdir. Kızılyamaç (2016) farklı yükseltilerde Akdeniz meyvesineği'nin feromon tuzaklar ile popülasyon yoğunluğunu, kışlama biyolojisini ve farklı sıcaklıklardaki gelişme sürelerini belirlemiştir. Satar ve ark. (2016) Adana ili altıntop bahçelerinde zararlının popülasyon takibi ile laboratuvar koşullarında sıcaklığın gelişme süresine etkisini araştırmışlardır. Genç ve Yücel (2017) laboratuvarında farklı meyve ve sebzelerde Akdeniz meyvesineği'nin konukçu tercihinin belirlenmesi ve canlılık oranları üzerine çalışma yapmışlardır. Tiring ve Satar (2017) Adana ilinde avokado, şeftali ve incir bahçelerinde zararlının popülasyon takibini yapmışlardır. Üçpınar ve Ünlü (2019) Konya ili şeftali alanlarında zararlının popülasyon gelişmesi ve zarar oranlarını tespit etmişlerdir. Gülcüoğlu (2019) Aydın ili hünnap bahçelerinde zararlının popülasyon dalgalanmaları ve zararını tespit etmiştir. Sayım (2019) Hatay ili Trabzon hurması bahçelerinde, Acar (2019) ise Hatay ili turunçgil bahçelerinde Akdeniz meyvesineği'nin cezbedicilerle kontrolü ve zarar oranları üzerinde bir çalışma yürütmüşlerdir. İşpınar (2019) farklı Akdeniz meyvesineği popülasyonlarının bazı insektisitlere karşı direnç düzeylerini belirlemiştir. Son olarak Karadağ (2019) Akdeniz meyvesineği'nin laboratuvar koşullarında farklı konukçulardaki biyolojisi ile ilgili bir çalışma yürütmüştür.

### **Akdeniz Meyvesineği'nin Mücadelesi**

Akdeniz meyvesineği yaş meyve ihracatını büyük oranda etkilemektedir. Bu nedenle zararlının mücadelesi önem arz etmektedir. Akdeniz meyvesineği'nin kontrolünde farklı mücadele yöntemleri kullanılmaktadır. Zararlının sıfır toleransı nedeniyle, kimyasal mücadelede istenilen sonuç alınamaması nedeniyle çevre dostu ve farklı yöntemler benimsenmeye başlanmıştır. Bu amaçla, Akdeniz meyvesineği ile mücadelede yeni kontrol metotları geliştirmek için zararlıların bakteri floraları belirlenmiştir (Behar ve ark., 2008; Ben-Yosef ve ark., 2008; Ami ve ark., 2009; Aboussaid ve ark., 2010). Ayrıca, zararlı böceklerin beslenmesi ve üremesi üzerine etki eden simbiyotik bakterilerin kullanılması şeklindeki biyolojik mücadele yöntemlerine yönelik çalışmalar da gerçekleştirilmektedir (Stibick, 2004; Kaiwa ve ark., 2010). Sekonder simbiyotik bakterilerin en önemli özellikleri, konukçu üreme sistemi ve davranışı üzerindeki etkilerinden kaynaklanmaktadır. Konukçularının cinsiyet belirleme sürecine etki etmeleri sonucunda popülasyon cinsiyet oranında değişikliğe, popülasyonun genetik yapısına, üremesine ve cinsel özelliklerin gelişimi üzerinde etkili olmaktadır (Jiggins ve ark., 2000; Telschow ve ark., 2007; Cordaux ve ark., 2011; Penz ve ark., 2012). Üreme sistemi ve davranışı üzerinde etkili olan sekonder simbiyotik bakteriler özellikle popülasyonun cinsiyet oranındaki etkileri nedeni ile zararlılarla mücadele için kısır böcek tekniği kapsamında kullanıldıkları bildirilmiştir (Kaya, 2014).

Yukarıda bahsedilen yeni gelişmelerin yanı sıra Akdeniz meyvesineği'nin kontrolünde mevcut mücadele yöntemlerinin etkin ve doğru bir şekilde kullanımı da göz ardı edilmemelidir. Bunlar arasında başlıca yer tutan kültürel mücadelede amaç, ürün güvenliğinin sağlanmasıdır. Bu kapsamda zararın en

aza indirgenmesi için, konukçu meyve ağaçlarının bir arada dikilmemesi veya birbirine yakın olmamasına dikkat edilmesi gerektiği ve meyvelerin olgunlaştığı zaman toplanması gerektiği kaydedilmiştir (Cingöz, 2015). Ağaçtaki vuruklu veya yere dökülmüş, zararlı ile bulaşık meyvelerin toplanarak 50-100 cm derinliğindeki çukurlara gömülerek imha edilmesi, zararlının popülasyon yoğunluğunu azaltmaktadır. Ayrıca, ergin çıkışını önlemek amacıyla da kış sonu-ilkbahar başında toprak işlenmesi yapılması gerektiği kaydedilmiştir (Elekçioğlu, 2012).

Akdeniz meyvesineği ile fiziksel mücadelede ise iki yöntem kullanılmaktadır. Birincisi soğuktan yararlanma olup, vuruklu meyveler soğuk hava depolarında 2 °C'de 2 hafta veya 1.5 °C'de ise 11 gün bekletildiğinde Akdeniz meyvesineği'nin ergin öncesi dönemlerinin öldüğü bildirilmiştir (Ünlü, 2019) Benzer şekilde Koçlu ve ark. (2011) meyve içi sıcaklığının 1°C'nin altında ve %90 oransal nem koşullarında depolanan meyvelerde kalite kaybı olmaksızın Akdeniz meyvesineği bireylerinin %100'ünün 13 günde öldüğünü bildirmişlerdir. İkinci yöntem olan sıcaktan yararlanmada ise meyvelere sıcak hava uygulamasında 47.2 °C'de, 4-7 saat süreyle bekletildiğinde zararlının ergin öncesi dönemlerinin öldüğü, ancak meyvede koku, tat ve deformasyona neden olabildiğinden bu yöntemin çok fazla tercih edilmediği kaydedilmiştir (Elekçioğlu, 2009).

**Çizelge 2.** Akdeniz meyvesineği'nin biyoteknik mücadelesinde kullanılan ruhsatlı etken maddeler (BKU, 2019)

Aktif Madde	Grubu	Kullanılacak miktar (doz)
12 g Trimethylamine chloride+6 g Ammonium acetate Dispenser <sup>-1</sup> + McPhail tuzak	Feromon+Tuzak	1 ad. tuzak ha <sup>-1</sup> (Monitör amaçlı)
2 g Ter butil 4-Chloro-2 Methyl Cyclohexane Carbocyclic acide+ Delta tuzak	Feromon+Tuzak	1 ad. tuzak ha <sup>-1</sup> (Monitör amaçlı)
8 g Ammonium acetate+750 mg Trimethylamine chlorhydrate 20 g <sup>-1</sup> difüzör+300 mg Cypermethrin disk <sup>-1</sup> +Tuzak	Feromon+Tuzak	5 ad. tuzak da <sup>-1</sup> (Kitleselel Tuzaklama amaçlı)
8 g Ammonium acetate+750 mg Trimethylamine chlorhydrate 20 g <sup>-1</sup> difüzör+300 mg Cypermethrin disk <sup>-1</sup> + Tuzak	Feromon+Tuzak	1 ad. Tuzak da <sup>-1</sup> (İzleme amaçlı)
200 mg Trimedlure Kapsül <sup>-1</sup> + Karton Tuzak	Feromon+Tuzak	1 ad. tuzak ha <sup>-1</sup> (80 da'dan büyük bahçelerde) (Monitör amaçlı)
%30 Lufenuron+Tuzak	Feromon+Tuzak	24 ad. tuzak ha <sup>-1</sup>
Amonyum tuzları (7.8 g Ammonium acetate+1.04 g Trimethylamine hydrochloride)+0.034 g Kadavarin (1.5-Diamino pentane)18 g Cezbedici yem+15 mg Deltamethrin disk+tuzak	Feromon+Tuzak	4 ad. tuzak da <sup>-1</sup> (Sınır ağaçlarına 1 ad. tuzak 3 ağaç <sup>-1</sup> ) (Kitleselel tuzaklama)
2 g Trimedlure dispenser <sup>-1</sup> +Delta tipi tuzak	Feromon+Tuzak	3 ad. tuzak ha <sup>-1</sup> (Monitör amaçlı)
%95 Trimedlure ve DDVP Pastili+Tuzak	Feromon+Tuzak	1.5 ad. tuzak da <sup>-1</sup>
0.015 g Deltamethrin+7.8 g Ammonium acetate+0.5 g Chlorohydrate trimethylamine 0.03 g 1.5-Diaminopentane Tuzak <sup>-1</sup>	Feromon+Tuzak	5 ad. tuzak da <sup>-1</sup> (Kitleselel tuzaklama amaçlı)
5 g Hidrolize Protein+0.01 g Alpha-cypermethrin+tuzak	Cezbedici+Tuzak	260 ad. tuzak ha <sup>-1</sup>
%44 Hidrolize edilmiş mısır gluteni	Cezbedici	200 ml+400 g (Malathion 25 WP) 10 L <sup>-1</sup> su
50.50 g L <sup>-1</sup> Amonyum tuzu (50 g L <sup>-1</sup> Amonyum asetat + 0.5 g L <sup>-1</sup> Amonyum karbonat)	Cezbedici	12 ad. tuzak da <sup>-1</sup> (Kitleselel tuzaklama)

Akdeniz meyvesineği ile biyoteknik mücadele tuzakların kullanımı önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle ruhsatlı tuzakların kullanımıyla zararlının kitle halinde yakalanarak mücadelesi öne çıkmaktadır. Bu tuzakların, feromon ihtiva eden kapsüller ile erkekleri, besin cezbedici içerenlerle de hem erkek hem de dişileri çekerek etkili olduğu kaydedilmiştir (Anonim, 2013b). Ülkemizde, biyoteknik mücadelede kitle halinde yakalamak amacıyla kullanılan ruhsatlandırılmış dört adet tuzak (besin cezbediciler, eşeysel çekiciler, büyüme engelleyici (kısırlaştırıcılar) ve yapışkan tablalar) bulunmaktadır (Çizelge 2). Bu tuzakların içermiş oldukları farklı cezbediciler nedeniyle, değişik kullanım olanakları bulunmaktadır. Tuzakların şekli ve böcek çekme kapasiteleri de farklılık göstermektedir. Kitle halinde yakalama tuzakları altı sarı kova ve üstü şeffaf veya sarı kapak olmak üzere iki parçadan oluşmaktadır ve dünyada “tephri trap” olarak bilinmektedir. Kovanın altında içeri doğru uzantısı olan bir delik ile yanlarında delikler bulunmakta ve cezbediciler tarafından çekilen erkek ya da dişi böceklerin, bu deliklerden girerek tuzak içinde kullanılan kimyasal madde ile teması sonucu öldüğü bildirilmiştir (Köseoğlu ve ark., 2009). Bu tuzakların yanı sıra, erginlerin çıkış zamanını ve yoğunluğunu saptamak amacıyla Delta ve Jackson tipi üçgen şekilde yapışkan tablası bulunan tuzakların da kullanıldığı kaydedilmiştir (Anonim, 2013b). Adana ilinde nar ve Trabzon hurması üzerinde Akdeniz meyvesineği'nin popülasyon takibi feromon+sarı tuzak (cezbedici+insektisit) kullanılarak yapılmıştır. Bu çalışmada tuzaklarda en fazla Akdeniz meyvesineği ergini Trabzon hurmasında temmuz, eylül ve kasım aylarında yakalanmıştır. Narda ise eylül, ekim ve kasım aylarında yakalandığı bildirilmiştir (Kasap ve Aslan, 2016).

Zararlı böceklere karşı kullanılan mücadele yöntemlerinden birisi de Kısır Böcek Salma Tekniği (Sterile Insect Technique, SIT)'dir (Hendrichs ve ark., 2002; Mostakim ve ark., 2012). Bu yöntem, Dünya'da birçok zararlıya karşı popülasyonu azaltmada kullanılmaktadır. Kısır böcek salma tekniği, zararlıyı belirli bir alanda sınırlamada ve eradikasyon amacıyla kullanılmaktadır. Dünya kısır böcek kitle üretim miktarları; Amerika'da %60, Afrika'da %14, Asya'da %11, Avrupa'da %9 ve Avustralya'da %6 olarak sıralanmaktadır (Kaya, 2014). Yöntem, zararlının kitle halinde üretilmesine ve erkek bireylerin kısırlaştırılarak yoğun bir şekilde salımı esasına dayanmaktadır. Salımı yapılan kısır bireyler doğadaki fertil erkeklerle rekabet ettikleri ve çiftleşen dişiler yeni döl üretmediği için zararlı popülasyonunu düşürmektedir. Dünyada bu yöntemin uygulandığı en önemli zararlı tür Akdeniz meyvesineği'dir. Çevreye ve sıcak kanlılara herhangi bir olumsuz etki oluşturmayan bu yöntem; İspanya, İsrail, Tunus, Filistin, Ürdün, ABD, Japonya, Meksika, Avustralya gibi ülkelerde başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. Zararlının dışardan bulaşmalara kapalı, ada veya doğal sınırlarla ayrılmış alanlar gibi izole bir alanda yayılmış olması ve popülasyonunun diğer bazı uygulamalarla azaltılması bu yöntemin başarısındaki en önemli faktörler olduğu kaydedilmiştir (Tween, 2002). Kısır böcek salma yönteminin özellikle yüksek maliyeti nedeniyle, uygulanması sınırlı kalmıştır. Bu yöntemin yüksek maliyeti nedeniyle bireysel olarak uygulanamayacağı, devlet mücadelesi şeklinde belirli alanlarda yapılması gerektiği ve zararlı popülasyonunu azaltmak için yıl boyunca yapılması gerektiği bildirilmiştir (Robinson, 2002; Elekçioğlu, 2009).

Farklı ülkelerde *C. capitata*'nın biyolojik mücadele çalışmalarında daha çok zararlının parazitoitlerinin kullanıldığı kaydedilmiştir. Akdeniz meyvesineği parazitoitleri arasında *Fopius arisanus* Sonan, *Diachasma kraussii* Fullaway, *D. tryonii* Camer., *D. fullawayi* Silvestri, *Opius longicaudatus* Ashmead, *O. concolor* Szepligeti, *O. hirtus* Fischer, *O. perproximus* Silvestri, *O. humilis* Silvestri, *O. oophilus* Fullaway, *O. vandenboshi* Fullaway (Hymenoptera: Braconidae), *Coptera occidentalis* Muesebeck (Hymenoptera: Diapriidae) bulunmaktadır. Ayrıca entomopatojen fungus

*Metarhizium anisopliae* Metch. (Hypocreales: Clavicipitaceae) zararlıının pupalarında patojen olduğu bildirilmiştir (Moya ve ark., 2000; Falco ve ark., 2006).

Dünya genelinde *C. capitata* ile mücadele de kimyasal yöntemler yaygın olarak kullanılmaktadır. Zararlıının kimyasal mücadelesi için geliştirilen değişik cezbediciler, insektisitlerle birlikte denenmiş ve zararlıya karşı etkili olanlar ortaya çıkarılmıştır (Zümreoğlu ve ark., 1995; Bakır, 2018). Ülkemizde zararlıyla mücadelede “Ziray” adlı yerli üretim cezbedici ile insektisitler (Spinosad, Malathion Cyantraniliprole ve Deltamethrin) karıştırılarak “zehirli yem-kısmi dal” şeklinde uygulamaların yapıldığı kaydedilmiştir (Kahyaoğlu ve Gürkan, 2010; BKU, 2019).

Zararlılarla mücadelede kullanılan pestisitlerin insan ve çevre sağlığı açısından oldukça fazla zarara yol açması sebebiyle gün geçtikçe daha fazla endişeye neden olmaktadır (Ünal ve ark., 1994; Zümreoğlu ve ark., 1995). Uygun olmayan pestisit uygulamaları sonucu, kimyasal maddelerin gıda, toprak, su ve havaya bulaştığı, toprağa ve bitkilere atılan pestisitlerin yağmur suları ile yüzey akışıyla veya toprak içerisinde yıkanarak taban suyu ve diğer su kaynaklarını kirlettiği kaydedilmiştir (Tunçbilek, 1992). Ayrıca, zararlıların kimyasallara direnç geliştirmesi ve faydalı böceklerin yok etmesi de diğer dezavantajlar olarak sıralanmıştır (Kahyaoğlu ve Gürkan, 2010). Kullanılan pestisitlerin olumsuz etkileri sebebiyle kimyasal mücadeleye karşı alternatif mücadele programlarının kullanımının yaygınlaştırılması gerekmektedir (Leza ve ark., 2008).

## SONUÇ

Akdeniz meyvesineği, ülkemizde başta turunçgiller olmak üzere elma, nar ve şeftali gibi birçok üründe birinci derecede ekonomik öneme sahip polifag bir zararlıdır. Dünya genelinde oldukça fazla konukçu türüne sahip olan zararlı, birçok ülkede yayılış göstermektedir. Meyvelerde ekonomik anlamda zarara neden olması nedeniyle iç ve dış piyasada istenmeyen bir zararlı konumundadır. Ülkemizde dış karantina listesinde bulunan Akdeniz meyvesineği'nin toleransı sıfırdır. Bu nedenle, Akdeniz meyvesineği'nin meydana getirdiği zararı engellemek veya en aza indirmek amacıyla mücadele etmek büyük önem taşımaktadır. Mücadeleyi zamanında ve etkin bir şekilde yaparak ekonomik kayıpları en aza indirmek için, Akdeniz meyvesineği'nin tanınması ve mücadele yöntemlerinin doğru bir şekilde uygulanması gerekmektedir. Zararlıyla mücadelede öncelikle kapama bahçelerin kurulması, ayrıca uygun toprak işleme, bulaşık meyvelerin imhası ve özellikle kitlesel tuzaklama yönteminin veya çevre dostu bitki koruma ürünleriyle kombine edilerek kullanımına özen gösterilmelidir.

## KAYNAKLAR

- Aboussaid H, El-Aouame L, El-Messoussi S, Oufdou K, 2010. Biological Activity of *Bacillus thuringiensis* (Berliner) Strains on Larvae and Adults of *Ceratitıs capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). *Journal of Environmental Protection*, 1(04): 337.
- Acar M, 2019. Hatay İli Turunçgil Bahçelerinde Akdeniz Meyve Sineği, *Ceratitıs capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae)'nin Cezbediciler ile Kontrolü ve Zarar Oranının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.
- Akyol E, 2014. Hatay İli Mandalina Bahçesinde Kitlesel Tuzaklama Yöntemi ile Akdeniz Meyve Sineği, *Ceratitıs capitata* (Wiedemann) (Diptera:Tephritidae)'nin Kontrolü ve Zarar Oranının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, MKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.
- Ami EB, Yuval B, Jurkevitch E, 2009. Manipulation of the Microbiota of Mass-reared Mediterranean Fruit Flies *Ceratitıs capitata* (Diptera: Tephritidae) Improves Sterile Male Sexual Performance. *The ISME Journal*, 1–10.
- Anonim, 2008. Zirai Mücadele Teknik Talimatları. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 2013. Bitki Pasaportu İçin Bitki Sağlığı Rehberi. Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Bitki Sağlığı ve Karantina Daire Başkanlığı, Ankara.



- Anonim, 2013b. Türkiye’de Biyoteknik Mücadelenin Gelişimi ve Kullanımı. Teoriden Pratiğe Biyoteknik Mücadele. Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- Atlı H, Söyler O, 2018. Dünyada ve Türkiye’de Turunçgil Üretiminin ve İhracatının Değerlendirilmesi. Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, (79): 357-366.
- BKU, 2019. Bitki Koruma Ürünleri Veri Tabanı, *Ceratitıs capitata* için Kullanılan Etkili Maddeler. <https://bku.tarim.gov.tr>, (Erişim Tarihi: 15 Mayıs 2019).
- Başpınar H, Çakmak İ, Koçlu T, Başpınar N, 2009. Aydın İli Meyve Bahçelerinde Akdeniz Meyve Sineği *Ceratitıs capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae)'nin Biyo-Ekolojisi, Zararı, Yayılışı ve Turunçgil Bahçeleri Üzerindeki Çalışmaları. III. Bitki Koruma Kongresi, 15-18 Temmuz 2009, Van.
- Başpınar H, Karsavuran Y, Başpınar N, Apak FK, Güneyi P, 2014. Aydın ve İzmir İlleri Meyve Bahçelerinde *Ceratitıs capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae)'nın Savaşımında Besin Çekici Tuzakların Kullanılma Olanaklarının Araştırılması. Türkiye V. Bitki Koruma Kongresi, Antalya, Türkiye.
- Behar A, Yuval B, Jurkevitch E, 2008. Gut Bacterial Communities in the Mediterranean Fruit Fly (*Ceratitıs capitata*) and Their Impact on Host Longevity. Journal of Insects Physiology, 54: 1377–1383.
- Ben-Yosef M, Jurkevitch E, Yuval B, 2008. Effect of Bacteria on Nutritional Status and Reproductive Success of the Mediterranean Fruit Fly *Ceratitıs capitata*. Physiological Entomology, 33: 145–154.
- Bergsten D, Lance D, Stefan M, 1999. Mediterranean Fruit Flies and Their Management in the U.S.A. The Royal Society of Chemistry, (10): 207-212.
- Bakır S, 2018. Radyasyonla Kısırlaştırılmış *Ceratitıs capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) Erginlerinin Mikroflorası ve Bazı Biyolojik Özellikleri Üzerine Radyasyonun Etkisi, Doktora Tezi, EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Bodenheimer FS, 1958. Türkiye’de Ziraata ve Ağaçlara Zararlı Olan Böcekler ve Bunlarla Savaş Hakkında bir Etüt, Ankara, Türkiye, 320s.
- Christenson F, Foote RH, 1960. Biology of Fruit Flies. Annual Review of Entomology, 5: 171-192.
- Cingöz L, 2015. Akdeniz Meyve Sineği *Ceratitıs capitata*. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Alata Bahçe Kültürleri Araştırma İstasyonu, Erdemli, Mersin.
- Cordaux R, Bouchon D, Greve P, 2011. The Impact of Endosymbionts on Theevolution of Host Sex-determination Mechanisms. Trends Genet. 27: 332–341.
- Çardak M, 2015. Osmaniye İli Nar Bahçelerinde Akdeniz Meyve Sineği, *Ceratitıs capitata* (wiedemann) (Diptera: Tephritidae)'nin Yayılışı, Popülasyon Yoğunluğu ve Zarar Oranının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.
- De Meyer M, 2000. Systematic Revision of the Subgenus *Ceratitıs* (Diptera: Tephritidae). Zoological Journal of the Linnean Society, 128: 439-467.
- Demirdere A, 1961. Çukurova Bölgesinde Akdeniz Meyve Sineği *Ceratitıs capitata* (Wiedemann) Biyolojisi ve Mücadelesi Üzerine Çalışmalar. Tarım Bakanlığı, Ziraat Mücadele ve Ziraat Karantina Umum Müdürlüğü, Ayyıldız Matbaası, Ankara.
- Elekçioğlu NZ, 2009. Akdeniz Meyve Sineği. Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi, 2(1): 61-65.
- Elekçioğlu NZ, 2012. Akdeniz’e Özel Referansla Türkiye’de Ekonomik Öneme Sahip Meyve Sinekleri Meyve sineği, *Ceratitıs capitata* (Wied.). Tunus Bitki Koruma Dergisi, 7: 119-119.
- Elekçioğlu NZ, 2013. Akdeniz Meyve Sineğine Özel Referans ile Türkiye’de Ekonomik Öneme Sahip Meyve Sinekleri, *Ceratitıs capitata* (Wied.)’, Türkiye Bilimsel İnceleme Dergisi, 6: 33-37.
- Falco J, Perez M, Santiago S, Mendoza A, Beitia F, 2006. Rearing Methods of Two Braconid Parasitoids Used in the Biological Control of *Ceratitıs capitata*. Integrated Control In Citrus Fruits IOBC wprs Bulletin, Vol. 29(3): 71-74.
- FAO, 2019. Bitkisel Üretim İstatistikleri. <http://www.fao.org/faostat> (Erişim Tarihi: 01 Ekim 2019).
- Fauna Europaea, 2017. *Ceratitıs capitata*. <http://www.faunaeur.org>, (Erişim Tarihi: 05 Mayıs 2020).
- Gençsoylu İ, Akşit T, Özer G, Cacamer A, Başpınar N, 2006. Population Dynamics and Damage on Shoots and Fruits Caused by of *Grapholita molesta* Busck (Lep.: Tortricidae), *Anarsia lineatella* Zell. (Lep.: Gelechiidae) and *Ceratitıs capitata* Wied. (Dip.: Tephritidae) in Some Peach Varieties. Asian Journal of Plant Sciences, 5 (3): 487-491.
- Giray H, 1966. Ege Bölgesi’nde Kültür Bitkilerine Arız Olan Trypetidae Familyası Türleri ve Konukçuları Üzerinde Araştırmalar. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayın No: 26, İzmir, 61 s.
- Gülcüoğlu S, 2019. Akdeniz Meyve Sineği (*Ceratitıs capitata* wied.) (Diptera: Tephritidae)'nin Hünnap Bahçesindeki Popülasyon Dalgalanmaları ve Zararı. Yüksek Lisans Tezi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.



- Hantaş C, Çetin G, Akçay ME, 2014. Marmara Bölgesi Ayva Bahçelerinde Zararlı Böcek ve Akar Türleri İle Doğal Düşmanlarının Saptanması ve Önemli Zararlı Türlerin Popülasyon Değişimi. Bitki Koruma Bülteni, 54(3): 283-302.
- Hendrichs J, Robinson A, Cayol J, Enkerlin W, 2002. Medfly Area Wide Sterile Insect Technique Programmes for Prevention, Suppression or Eradication: The Importance of Mating Behavior Studies. Florida Entomologist, 85: 1-13.
- Israely N, Ritt U, Oman SD, 2004. Inability of *Ceratitıs capitata* (Diptera: Tephritidae) to Overwinter in the Judean Hills. Journal of Economic Entomology, 97 (1): 33-42.
- İleri M, 1961. Türkiye'de Akdeniz Meyve Sineği (*Ceratitıs capitata* Wied.) Durumu ve Mücadelesi. Tarım Bakanlığı, Ankara Ziraî Mücadele Enstitüsü Md. Yayını, Ankara, 38s.
- İşpınar D, 2019. Farklı *Ceratitıs capitata* Wied. (Diptera: Tephritidae) Populasyonlarının Bazı İnektisitlere Karşı Direnç Düzeylerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Jiggins FM, Hurst GDD, Majerus MEN, 2000. Sex-ratio-distorting *Wolbachia* Causes Sex-role Reversal in Its Butterfly Host. Proceedings of the Royal Society B Biological Sciences 267: 69-73.
- Kahyaoğlu M, Gürkan M, 2010. Akdeniz Meyve Sineği için Yeni Yem Formülasyonlarının Geliştirilmesi (*Ceratitıs capitata* Wiedemann, 1824 (Diptera: Tephritidae)). Türkiye Entomoloji Dergisi, 35(3): 485-494.
- Kahyaoğlu M, Gürkan MO, 2011. Hazır Yem (Bait) Formülasyon Geliştirilmesi ve Akdeniz Meyve Sineği [*Ceratitıs capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae)] Mücadelesinde Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Türkiye Entomoloji Dergisi, 35 (3): 485-494.
- Kaiwa N, Hosokawa T, Kikuchi Y, Nikoh N, Mou XY, Kimura N, Ito M, Fukatsu T, 2010. Primary Gut Symbiont and Secondary, Symbiont-associated Symbiont in the Scutellerid Stinkbug *Cantao ocellatus*. Applied and Environmental Microbiology, 76: 3486-3494.
- Karadağ M, 2019. Akdeniz Meyve Sineği [*Ceratitıs capitata* (Wiedemann) Diptera: Tephritidae]'nin Laboratuvar Koşullarında Farklı Konukçularda Biyolojisinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Kasap A, Aslan M, 2016. Akdeniz Meyve Sineğinin Feromon Tuzaklarla (*Ceratitıs capitata* Wied.) (Diptera: Tephritidae)'nin Nar ve Hurmadaki Popülasyon Takibi ve Zarar Oranının Tespiti. KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi, 19(1): 43-50.
- Kaya T, 2014. Akdeniz Meyve Sineği, *Ceratitıs capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae)'nin, Endosimbiyotik Bakteri Florasının Belirlenmesi, Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Kızılyamaç S, 2016. Farklı Yükseltlerdeki Akdeniz Meyve Sineği, *Ceratitıs capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae) Popülasyonlarının Biyo-Ekolojisi Üzerine Çalışmalar, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Koçlu T, Altındişli FÖ, Turanlı T, Şen F, Karan M, 2011. Akdeniz Meyve Sineği (*Ceratitıs capitata* Wied.) (Diptera: Tephritidae)'ne Karşı Soğuk Uygulamasının Etkisi. Türkiye IV. Bitki Koruma Kongresi, 28-30 Haziran 2011, Kahramanmaraş, 31 s.
- Köseoğlu C, Öngen KN, Çetin V, Antmen M, 2009. Akdeniz Meyve Sineği Mücadelesinde "Adress" Kısırlaştırıcı Tuzaklarının Kullanım Olanakları. Bitki Koruma 3. Kongresi, 15-18 Temmuz 2009, Van.
- Kütük M, Yaran M, Hayat R., Koyuncu MÖ, Görmez V, Aytekin HU, 2013. The Determination of Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) Fauna in Adıyaman, Kilis, and Şanlıurfa Provinces with a New Record for Turkish Fauna. Turkish Journal of Zoology, 37(1): 38-49.
- Leza M, Juan A, Capllonch M, Alemany A, 2008. Female-biased Mass Trapping vs. Bait Application Techniques against the Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitıs capitata* (Dipt., Tephritidae). Journal of Applied Entomology, 132(9-10), 753-761.
- Liquido NJ, Cunningham R, Nakagawa S, 1990. Host Plants of Mediterranean Fruit Fly on the Island of Hawaii (1949-1985 survey). J. Econ. Entomol, 83(5): 1863-1878.
- Liquido N, Shinoda, L, Cunningham R, 1991. Host Plants of the Mediterranean Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) An Annotated World Review, Entomological Society of America, Miscellaneous Publications, 77.
- Liquido N, Barr P, Cunningham R, 1995. Anencyclopedia Bibliography of the Host Plants of the Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitıs capitata* (Wiedemann) Software.
- Mostakim M, El Abed S, Iraqui M, Benbrahim K, Houari F, Gounni AS, 2012. Biocontrol Potential of A *Bacillus subtilis* Strain Against *Bactrocera oleae*. Annals of Microbiology, 62(1): 211-216.
- Moya P, Ibrahim M, Navarro V, Primo J, Primo-Yufer E, 2000. Susceptibility of *Ceratitıs capitata* to the Control by Entomopathogenic Fungi. Biological Control, 19(3): 201-304.

- Özkan C, 1993. Doğu Akdeniz Bölgesi'nde Akdeniz Meyve Sineği, *Ceratitıs capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae)'nin konukçu değişimi üzerinde araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 54s.
- Öztop A, 2008. Nar Zararlıları Üzerinde Araştırmalar: Akdeniz Meyve Sineği. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/batem> (Erişim tarihi: 30 Mayıs 2019).
- Papadopoulos NT, 2008. Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitıs capitata* (Wiedemann)(Diptera: Tephritidae). Encyclopaedia of Entomology, 3: 2318-2322.
- Papadopoulos NT, Katsoyannos BI, Carey JR, 1998. Temporal Changes in the Composition of the Overwintering Larval Population of the Mediterranean fruit flies (Dipt., Tephritidae) in Northern Greece. Entomological Society of America, 91(4): 430-434.
- Penz T, Schmitz-Esser S, Kelly SE, Cass BN, Müller A, Woyke T, Malfatti SA, Hunter MS, Horn M, 2012. Comparative Genomics Suggests an Independent Origin of Cytoplasmic Incompatibility in *Cardinium hertigii*, PLoS Genet, 8:10, e1003012. doi: 10.1371/journal.pgen.1003012.
- Ricalde MP, Nava DE, Loeck AE, Donatti MG, 2012. Temperature Dependent Development and Survival of Brazilian Populations of the Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitıs capitata*, from Tropical, Subtropical and Temperate Regions. Journal of Insect Science, 12(1): 33.
- Robinson AS, 2002. Genetic Sexing Strains in Medfly, *Ceratitıs capitata*, Sterile Insect Technique Programmes. Genetica, 116(1): 5-13.
- Satar S, Tiring G, 2016. Okitsu Mandarin Çeşidinde *Ceratitıs capitata* Wied. (Diptera: Tephritidae)'ya Karşı Tuzak Kullanımının Etkinliğinin Belirlenmesi ve Pomolojik Özellikler ile Vuruklu Meyveler Arasındaki İlişinin Saptanması. Derim, 33(2): 221-236.
- Satar S, Tiring G, İşınar D, Algan AR, 2016. *Ceratitıs capitata* Wied. (Diptera: Tephritidae)'nın Altıntop Bahçelerinde Popülasyon Dalgalanması ve Sıcaklığın Gelişimine Etkisi. Bitki Koruma Bülteni, 56(4): 429-440.
- Sayım Z, 2019. Hatay İli Trabzon Hurması Bahçelerinde Akdeniz Meyve Sineği, *Ceratitıs capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae)'nin Cezbediciler ile Kontrolü ve Zarar Oranının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay.
- Shoukry A, Vehafez M, 1979. Studies on the Biology of the Mediterranean Fruit Fly *Ceratitıs capitata*, <https://onlinelibrary.wiley.com> (Erişim Tarihi: 21 Ocak 2018).
- Stibick JNL, 2004. Natural Enemies of True Fruit Flies (Tephritidae). United States Department of Agriculture (USDA). pp 8-10.
- Telschow A, Flor M, Kobayashi Y, Hammerstein P, Werren JH, 2007. *Wolbachia*-induced Unidirectional Cytoplasmic Incompatibility and Speciation: Mainland-island Model. PLoS ONE 2: e701. doi:10.1371/journal.pone.0000701.
- Thomas MC, Heppner JB, Woodruff RE, Weems HV, Steck GJ, Fasulo TR, 2001. Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitıs capitata* (Wiedemann) (Insecta: Diptera: Tephritidae). <http://citeseerx.ist.psu.edu> (Erişim Tarihi: 11.05.2020).
- Thomas MC, Heppner JB, Woodruff RE, Weems HV, Steck GJ, Fasulo TR, 2010. Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitıs capitata* (Wiedemann) (Insecta: Diptera: Tephritidae). University of Florida, IFAS Extension, EENY-214.
- Tiring G, 2015. *Ceratitıs capitata* Wied. (Diptera: Tephritidae)'nin Balcalı (Adana)'da Farklı Meyve Bahçelerindeki Popülasyon Dalgalanması ve Laboratuvar Koşullarında Sıcaklığın Gelişme Süresine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Tiring G, Satar S, İşınar D, Algan AR, 2016. *Ceratitıs capitata* Wied. (Diptera: Tephritidae)'nin Balcalı (Adana)'da Farklı Meyve Bahçelerindeki Popülasyon Dalgalanması ve Laboratuvar Koşullarında Sıcaklığın Gelişme Süresine Etkisi Bitki Koruma Bülteni, 56(4): 429-440.
- Tiring G, Satar S, 2017. *Ceratitıs capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae)'nin Bazı Meyve Bahçelerinde Popülasyon Dalgalanması. Türkiye Entomoloji Bülteni, 7(3): 239-247.
- TÜİK, 2019. Bitkisel Üretim İstatistikleri. [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr) (Erişim Tarihi: 01 Ekim 2019).
- Tunçbilek AS, 1992. Kısırlaştırıcı Altı Gamma Radyasyon Dozları ile Işınlanmış Kıрма Biti (*Tribolium confusum* Jacquelin Du Val Coleoptera: Tenebrionidae)'nin Bazı Biyolojik özelliklerine Aldığı Besinin Etkileri Üzerine Araştırmalar, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Tween, G, 2002. History of The International Organization for Biological Control Global Working Group on Mass Rearing and Quality Assurance. Mosamed- Guatamala- an Evulation of Ideas. Proceedings of the 6th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance. 14 April 2017, South Africa.
- USDA (U.S. Department of Agriculture), 2003. Mediterranean Fruit Fly Action Plan. <https://www.aphis.usda.gov> (Erişim Tarihi: 15 Mayıs 2018)

- Üçpınar ŞN, Ünlü L, 2019. The Determination of Population Development and Infestation Rate of Mediterranean Fruit Fly (*Ceratitis capitata* (Wied)) in Peach Orchards in Meram (Konya) Province. Selçuk Journal of Agriculture and Food Sciences, 33(2): 67-73.
- Ünal G, Kedici R, Melan K, 1994. Bazı İsektisitlerin *Trichogramma embryophagum* (Hartig)'a Doğal Koşullarda Yan Etkileri, Türkiye 3. Biyolojik Mücadele Kongresi, 25-28 Ocak 1994, İzmir.
- Ünlü M, 2019. Turunçgil İhracatında Önemli Bir Zararlı Akdeniz Meyve Sineği (*Ceratitis capitata*). Türkiye 9. Ulusal Tarım Öğrenci Kongresi, 20-22 Nisan 2019, Bursa.
- Vera MT, Rodriguez R, Segura DF, Cladera JL, Sutherst RW, 2002. Potential Geographical Distribution of the Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae), with Emphasis on Argentina and Australia. Environ. Entomol., 31(6): 1009-1022.
- Weems HJ, 1981. Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). Entomology Circular, Fla. Dept. Agric. And Consumer Services, 8: 230.
- Woods B, Lacey I, Brockway C, Johnstone C, 2005. Hosts of Mediterranean Fruit Fly *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) From Broome and the Broome Peninsula, Western Australia, Australian Journal of Entomology, 44(4): 437-441.
- Zeki C, Er H, Özdem A, Bozkurt V, 2008. Distribution and Infestation of Mediterranean Fruit Fly (*ceratitidis capitata* Wied.) (Diptera: Tephritidae) on Pome and Stone Fruits in Isparta and Burdur Provinces (Turkey). Munis Entomology and Zoology, 3: 231-238.
- Zümreoğlu A, 1979. Sterile-Male Tekniğini Mücadelede Uygulamak Gayesiyle Suni Ortamlarda Akdeniz Meyve Sineği *Ceratitidis capitata* Wied. (Diptera: Tephritidae)'nin Yetiştirme Metotları Üzerinde Araştırmalar. Ziraî Mücadele Merkez Atölye ve İkmal Müdürlüğü Ofset Baskı Tesisi, Ankara, 84s.
- Zümreoğlu A, 1985. İzmir ve Civarında Turunçgil ve Meyve Ağaçlarında Zarar Yapan Akdeniz Meyve Sineği (*Ceratitidis capitata* Wied.) (Dipt.:Tephritidae)'nin Önemi ve Popülasyon Dalgalanmalarına Etki Eden Faktörler Üzerinde Araştırmalar. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Zümreoğlu A, 1990. Standardization of Medfly (*Ceratitidis capitata* Wied.) Trapping for Use in Sterile Insect Technique Programmes: Two Year Investigations on the Efficiency of Various Medfly Trapping Systems in Western Part of Turkey. Türkiye Entomoloji Dergisi, 14 (3): 155-166.
- Zümreoğlu A, Güvener A, Çakıcı M, Ercan H, 1995. Akdeniz Meyve Sineği (*Ceratitidis capitata*) ve Zeytin Sineği (*Dacus oleae* Gmel.) Mücadelesinde Kullanılacak Yerli Üretim Cezbedicileri Geliştirme ve Uygulama Olanakları Üzerinde Araştırmalar, Doğa Türk-Tarım ve Ormancılık Dergisi, 16(3): 607-620.

## Van İlinde Yoncada Saptanan Yonca mozaik virüs (AMV) İzolatlarının Kılıf Protein Genomunun Moleküler Karakterizasyonu

Mustafa USTA<sup>1\*</sup>, Abdullah GÜLLER<sup>2</sup>

**ÖZET:** Van ilinde yetiştiriciliği yapılan yonca (*Medicago sativa* L.) bitkilerinde 2019 yılında virüslerin oluşturduğu semptomlara benzer belirtiler görülmüştür. Gözlenen belirtiler arasında cüceleşme, yapraklarda mozaik deseni ve sararma, rozetlenme ve küçük yaprak oluşumu yer almaktadır. Semptom gösteren ve göstermeyen bitkilerden toplanan 19 yonca yaprak örneğine, virüs genomunu tespit edebilmek için uygun primer çiftleri ile RT-PCR testi uygulanmıştır. Yonca yaprağı örneklerinden şiddetli belirtiyeye sahip altısı beklenen büyüklükte 700 bp DNA band oluşturmuştur. Bunlar arasından rastgele seçilen ikisi bir plazmid vektörüne klonlanmıştır. Elde edilen rekombinant plazmidler her iki yönde dizilenmiştir. Dizi analizi sonuçlarına göre infekteli yoncalardaki virüsün Yonca mozaik virüs olduğu açığa çıkarılmıştır. Dizi bilgileri MT210179 ve MT210178 erişim numaraları ile gen bankasına yüklenmiştir ve sırasıyla Alakoy Y9 ve Alakoy Y1 olarak isimlendirilmiştir. Her iki dizi için gen bankasına kayıtlı 16 AMV dizisi ile oluşturulan filogenetik ağaca göre, her iki izolat da nükleotit düzeyinde ABD, Brezilya ve Puglia izolatları ile en yüksek benzerlik ve Güney Kore izolatı ile en düşük benzerlik oranı göstermiştir. Ayrıca her iki dizinin birbirleri arasında, 7 nükleotit değişikliği ile %98.45 oranında nükleotit benzerliği gösterdiği ortaya çıkarılmıştır. Gerçekleştirilen literatür tarama çalışmalarına göre, bu çalışma Türkiye'nin Van ilinde yetiştirilen yonca bitkilerindeki Yonca mozaik virüsü (AMV)' nün ilk raporu ve moleküler analizidir.

**Anahtar Kelimeler:** Dizileme, filogenetik analiz, RT-PCR, karakterizasyon, yonca,

### Molecular Characterization of the Coat Protein Genome of Alfalfa Mosaic Virus (AMV) Isolates from Alfalfa in Van Province

**ABSTRACT:** Virus-like symptoms were observed in alfalfa plants (*Medicago sativa* L.) grown in Van province of Turkey in 2019. The symptoms observed were dwarfing, mosaic pattern and yellowing of leaves, rosetting, and decreasing in leaf sizes. Genomic RNA of 19 symptomatic and non-symptomatic alfalfa leaves were extracted for the detection of virus RNA using virus-specific primer pair by RT-PCR. Of the 19 alfalfa leaf specimens, the six yielded the expected 700 bp DNA band in severely symptomatic alfalfa specimens. Two of them randomly selected were inserted into a plasmid vector. Obtained recombinant plasmids were sequenced in both directions. According to the results of the sequence analysis, it was revealed that the virus in infected alfalfa was the *Alfalfa mosaic virus*. The sequence data were recorded into the GenBank with access numbers MT210179 and MT210178 and denominated as Alakoy Y9 and Alakoy Y1 isolates, respectively. According to the phylogenetic tree created with 16 AMV sequences registered in the GeneBank for both sequences, the AMV CP gene sequence indicated the highest similarity with USA (JN256023), Brazil (FJ858265), and Puglia (Y09110) isolate and the lowest with Korea isolate (KY348844), at the nucleotide level. It was also revealed that both sequences show 98.45% nucleotide similarity with 7 nucleotide exchanges. According to the literature research results, this is the first report and molecular analysis of *Alfalfa mosaic virus* (AMV) in *Medicago sativa* L. in Van province of Turkey.

**Keywords:** alfalfa, characterisation, phylogenetic analysis, sequencing, RT-PCR,

<sup>1</sup>Mustafa USTA (Orcid ID: 0000-0002-3940-2774), Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Van YuzuncuYil University, Van, TURKEY

<sup>2</sup>Abdullah GÜLLER (Orcid ID: 0000-0003-3887-4208), Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Bingöl University, Bingöl, TURKEY

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Mustafa USTA, e-mail: mustafausta@yyu.edu.tr



## INTRODUCTION

Alfalfa crops, known botanically as *Medicago sativa* L., is a perennial legume fodder plant and is mostly cultivated in more than 80 countries due to its importance. Based on archaeological records, it has been cultured in southwest Asia about 4000 years ago and has been cultivated to date (Radovic et al., 2009; Dale et al., 2012). Due to its high protein value, high digestibility, rich nutrition content, perfect forage quality, and improve soil texture, it is preferred more than almost all other forage crops. Alfalfa roots and leaves can also be used in industry as raw materials (i.e. ethanol, biodegradable plastic), bioenergy production and its flowers can serve as a source of pollen and nectar for honey bees (Soya et al., 2004; Geren et al., 2009; Monteros and Bouton, 2009;Taha, 2015). It can survive ranging from -50 °C to 60 °C temperatures and can adapt highly to different climatic conditions and altitudes (Moreira and Fageria, 2010; Kavut and Avcioglu, 2015). Although this is so and its cultivation area increases, alfalfa production is not at the desired level. In Turkey, a total of 2609878 hectares has been allocated for planting forage crops, but approximately 2.49 % of it has been used for alfalfa (Anonymous, 2017). Turkey's alfalfa crop yield (2675 kg da<sup>-1</sup> is well above the world average (729 kg da<sup>-1</sup>) (Anonymous, 2014). The principal regions for alfalfa production in Turkey include Van, Muş, Iğdır, Sivas, Erzurum, Konya, and Aksaray (TUIK, 2017). Van province, eastern Turkey located, ranks first in terms of the planting area (1042504 da) and the crop quantity of alfalfa (2050522 tons), according to TUIK, (2017a). The vast majority of communities living in rural areas are occupied in agriculture and animal husbandry for a livelihood. The feed requirement of livestock is usually met by natural meadow and pasture areas. However, roughage production is limited due to the short vegetation period (Turan et al., 2017).

Besides physiological imbalances and pests, many fungal ve bacterial diseases also attack to the alfalfa plant, including rust, common leaf spot, anthracnose, fusarium and bacterial wilt, bacterial leaf spot, dwarf, and crown gal (Palumbo et al., 1998; Samac et al., 1998; Sisterson et al., 2010; Ali et al., 2011; Vasić et al., 2011; Qin et al. 2016; Peterson et al., 2018).

Alfalfa health can be affected by about thirty-one viruses (Erwin et al., 1990), including AMV (Alfalfa mosaic), provisionally *Alfalfa virus S* (AVS), Alfalfa enation (AEV), Bean yellow mosaic (BYMV), Cucumber mosaic (CMV), Bean leaf roll (BLRV), Tobacco streak (TSV), Bean common mosaic (BCMV), Clover vein yellow (CVYV), Pea enation mosaic (PEMV), Clover yellow vein (CLYVV), and Peanut stunt (PSV) (Paliwal, 1982; Cook and Wilton, 1984; Rahman et al., 1993; Alan et al., 1996; Shah et al., 2006; Massumi et al., 2012; Al-Saleh and Amer, 2013; Trucco et al., 2016; Al-Shahwan et al., 2017; Nemchinov et al., 2017).

Amongst 31 viral agents, AMV is a prevalent dangerous pathogen of alfalfa. In addition to the pathogenicity of AMV, the synergistic effect of two or more viruses can adversely affect the yield, durability, and quality of alfalfa. AMV is a typical member of the genus *Alfamovirus*, which belongs to the Bromoviridae family. AMV can infect a wide-host range, mostly belonging to the Solanaceae, Compositae, Fabaceae, and Umbelliferae families, containing about 600 plant species (Jaspars and Bos, 1980; Brunt et al, 1990). The virus is phloem-limited and can rapidly spread from plant to plant in a non-persistent manner by a minimum of fourteen aphid species fed with stylets, especially *Myzus persicae* (Sulzer) (Šutic et al., 1999; Ragsdale et al., 2001). The virus has also been reported to be transmitted by seeds, pollen, and *Cuscuta* spp (Frosheiser, 1974; Hemmati and McLean, 1977). AMV posses a single strand positive sense genome (+ssRNA) with 4 segments consisting of 3 genomics, and 1 subgenome. RNA1 and RNA2 are responsible for viral replicase proteins. RNA3 and subgenomic RNA4 (sgRNA4) are responsible for direct translation of movement protein (MP), and coat protein (CP) synthesis, which is necessary for infection, respectively (Tenllado and Bol, 2000; Bol, 2003).



Although AMV on *M. sativa* or the other plants has been declared elsewhere in Turkey, information associated with the prevalence of disease and its characterization has poorly reported. This current study depicts the symptoms and molecular characterization of AMV as the causal agent of mosaic disease on alfalfa in Van province.

## MATERIAL AND METHOD

### Plant specimens

In 2019, alfalfa-growing fields, where are the Alakoy district of Van province, were visually investigated for the occurrence of plants showing symptoms typical of AMV infection as defined below. A total of 20 samples were collected and brought to the virology laboratory in an icebox for further extraction and detection of the virus. Besides the conspicuous symptomatic plants, non-symptomatic specimens were also collected due to the possibility of latent viral infection.

### Total RNA extraction and first strand complementary DNA (cDNA)

The extraction of RNA of the test virus was made from the mature leaves of alfalfa with the silica-capture method, with minor modifications (Foissac et al., 2001). Obtained RNAs were stored at -20 °C until the cDNA for subsequent use.

Total RNAs were utilized as a template for reverse transcription reaction by using the CP-specific antisense primer. The first strand complementary DNA synthesis was performed in two steps. In the first step, a volume of 12 µl mixture containing 5 µl of RNA, dNTP mix of 1 µl, reverse primer of 1 µl (available below), and RNase free water of 5 µl was incubated at 65 °C for 5 minutes, then directly kept in ice for 5 minutes. The mixture obtained in the first step was completed to 20 µl using the 5X RT buffer (4 µl), 0.1M DTT (2 µl), RNase-free water (instead of inhibitor) (1 µl), and RT enzyme (1 µl) and incubated at 42 °C for 50 minutes, followed by held at 70 °C for 15 minutes to terminate the reaction. Obtained cDNAs were kept in the deep-freezer to avoid RNA degradation until later use.

### AMV detection by PCR

The synthesized cDNA was used as the basis for the PCR reaction. Two AMV-specific oligonucleotide primers and PCR schedule to amplify a portion of the AMV CP gene were used as specified by Martinez et al. (2004). PCR assay was carried out in an automated thermal cycler (Eppendorf, USA) in a final volume of 25 µl containing 2.5 µl of 10× Taq Buffer, 1.5 µl of MgCl<sub>2</sub>, 1 µl of total cDNA, 0.5 µl each dNTP (10 mM) mix and, primer pairs with 0.2 µl of Dream Taq DNA polymerase (Fermentas, USA), 18.3 µl of Nuclease-free H<sub>2</sub>O. To control the presence and size of the PCR yields, fifteen µl of cycled DNAs and DNA ladder (Fermentas, 1000 bp) were loaded into agarose gel containing Ethidium bromide (EtBr) in Tris Acetic EDTA (1×TAE) buffer and run using electric current (60 minutes at 80V). Separated DNA fragments were visualized and captured using UV illumination and gel documentation device. The cDNA from healthy alfalfa extract was used as the negative control. The AMV isolate, which was recently characterized by sequence analysis for this study, was used as a positive control.

### Cloning of amplified products and Sequencing of DNA

Among the positive reaction specimens, two were randomly selected and purified from agarose gel using the GeneJET Gel Extraction Kit (Thermo Scientific™), according to the supplier's specifications. Purified DNA fragments were directly cloned into the pGEM T-Easy vector (Promega). Recombinant DNA products were transformed into *E. coli* (JM 109 strain) by electroporation. The recombinant plasmid containing cDNA inserts were purified using the GeneJET Plasmid Miniprep Kit

(Thermo Scientific™), and sent bi-directionally for sequencing (Sentebiolab, Ankara, Turkey). Both resulting sequences were recorded in the GeneBank (NCBI, National Center for Biotechnology Information).

### Phylogenetic relationship

The phylogenetic dendrogram was created with two Van AMV sequences and other AMV sequences derived from the GeneBank. The evolutionary relationship was calculated with the neighbor-joining method (NJM) of the CLC Main Workbench 6.7.1. The robustness of the trees was identified by bootstrap using 100 resamplings to support for the branches. *Barley yellow dwarf virus*-PAV (BYDV-PAV) CP gene (KC900900) was defined as outsource to root the tree. Sixteen isolates were selected to reveal phylogenetic relationships.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Symptoms of infected alfalfa

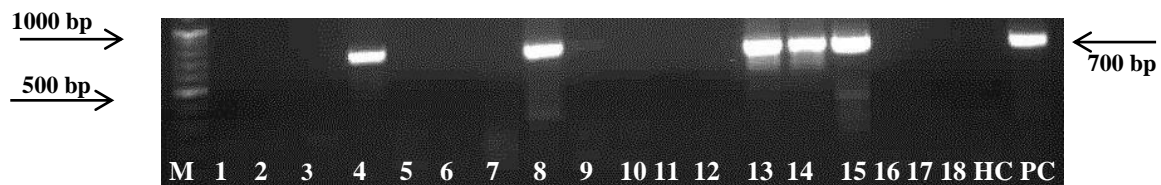
During the visual assessment, symptomatic plants exhibiting mosaic and chlorosis in alfalfa leaves were observed as shown in Fig 1.



**Figure 1.** Symptoms of *Alfalfa mosaic virus* on alfalfa leaves, including lateral yellowish streaks to leaf midribs and yellow-green mottling

### Viral detection of AMV in field-infected alfalfa

Leaf extracts from the infected and symptomless alfalfa specimens planted under natural conditions in Van province were screened by RT-PCR against the AMV occurrence. PCR-amplified products revealed a typical bands of 700 bp size in agarose gel, corresponding to the viral CP genome. As shown in Fig 2, amongst 19 specimens of alfalfa tested, 6 of 12 symptomatic specimens reacted with AMV-specific primers, but remaining others (13) were negative for AMV.



**Figure 2.** Electropherogram resulted from the PCR tests applied to the alfalfa AMV infected specimens taken from the Van province. M: 1000bp standart DNA ladder; 4, 8, 13, 14, 15: Infected alfalfa specimens from Van; HC: Healthy alfalfa control; PC: Positive control;

### Sequence identity and Phylogenetic relationship

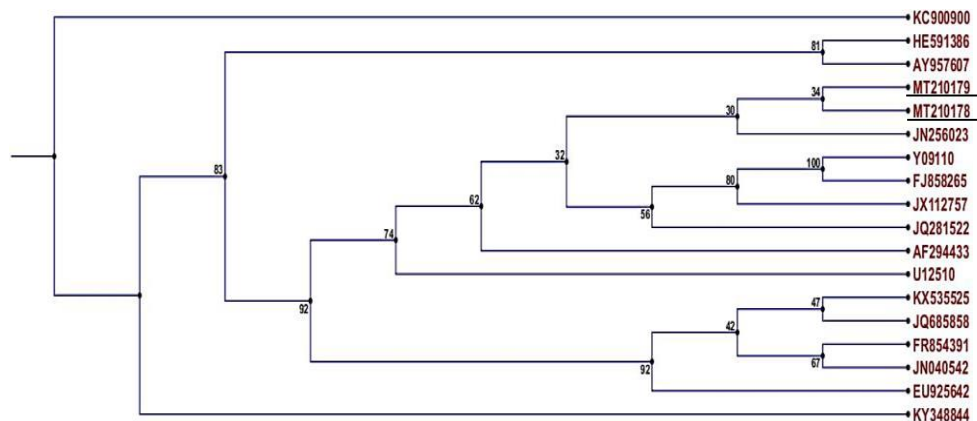
Van- AMV sequences obtained from alfalfa were submitted to the GenBank database under accession number MT210179 and MT210178 and denominated as Alakoy Y9 and Alakoy Y1, respectively. Both sequences were nearly similar (98.45%) when analyzed between them, indicating that

low genetic variability within the Van isolates. Further characterization showed that 7 bases exchange was found between the two CP sequences at different positions. Namely, the Alakoy Y9 (MT210179) isolate has Adenine (A) instead of Guanin (G) at 71 positions, Cytosine (C) instead of Timin (T) at 194 positions, Timin (T) instead of Cytosine (C) at 217 positions, Cytosine (C) instead of Timin (T) at 348 positions, Adenine (A) instead of Guanin (G) at 357 positions, Timin (T) instead of Adenine (A) at 524 positions, and Cytosine (C) instead of Timin (T) at 348 positions at 631 positions compared to Alakoy Y1 (MT210178) isolate. That finding provides a genetic basis for future manipulation of the AMV reverse historical evolution, since its existence (Fig. 3).



**Figure 3.** Alignment showing the nucleotide consensus between two related sequences (MT210178 and MT210179) created by CLC Main Workbench 6.7.1

Although the host range of the 15 AMV isolates characterized in other countries was variable, the molecular properties of their on different hosts were slightly different. As tabulated in Table 1, the nucleotide sequence similarity among all isolates ranged from 93.95-98.60%. Alakoy Y9 sequence (MT210179) had the highest identity to sequences of Brazil (FJ858265, alfalfa isolate), Puglia (Y09110, tomato isolate) and USA (JN256023, soybean isolate) by 98.29%, while Alakoy Y1 sequence (MT210178) was with Brazil (FJ858265) and Puglia sequences by 89.60%. The lowest similarity of both of them (94.26%) was found between one isolate from *Trifolium repens* in South Korea (KY348844) when compared with all isolates. Based on the similarity incidence amongst different AMV sequences, we can say that its sequence similarity is not dependent on either the host or the region. As in Fig 4, the consensus tree of AMV isolates constructed from the 700 nt size CP gene supported these results. Turkish Van isolates of AMV are highlighted by underlining.



**Figure 4.** The phylogenetic dendrogram, created by the (NJM), showing the phylogenetic relationship of *Alfalfa mosaic virus* from alfalfa of Van/Turkey and those available in GenBank, based on CP gene



**Table 1.** Nucleotide similarity incidence of CP gene sequences among AMV Van/Turkey isolates along with those of AMV isolates originating in various locations downloaded from NCBI

Accession Number	Country	Host	Isolate/Strain	Nucleotide similarity (%)	
				MT210179	MT210178
JQ685858	Iran	<i>Medicago sativa</i>	Ke.Sh.A1	96.59	97.36
FR854391	Italy	<i>Teucrium fruticans</i>	Tef-1	96.74	97.52
JN040542	Chile	<i>Viburnum tinus</i>	-	97.05	98.14
FJ858265	Brazil	<i>Medicago sativa</i>	-	<b>98.29</b>	<b>98.60</b>
Y09110	Puglia	<i>Solanum lycopersicum</i>	Danza	<b>98.29</b>	<b>98.60</b>
JX112757	Australia	<i>Medicago sativa</i>	EW	97.67	97.98
JQ281522	China	<i>Medicago sativa</i>	-	97.05	97.36
JN256023	USA	<i>Glycine max</i> (soybean)	SturdyII	<b>98.29</b>	97.98
EU925642	Serbia	<i>Syringa vulgaris</i> (lilac)	100-08	96.12	96.90
AY957607	Mexico	<i>Leonotis nepetaefolia</i>	-	95.19	95.19
HE591386	Spain	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	TM2	94.88	95.50
KX535525	Iran	<i>Plantago sp.</i>	Kh.Sa.PI	96.28	97.05
AF294433	Korea	<i>Solanum tuberosum</i>	KR2	97.36	97.36
U12510	New Zealand	<i>Medicago sativa</i>	NZ2	97.05	97.52
KY348844	South Korea	<i>Trifolium repens</i>	Gimcheon	93.95	94.26
<b>MT210179</b>	<b>Turkey</b>	<b><i>Medicago sativa</i></b>	<b>Alakoy Y9</b>	<b>98.45</b>	<b>98.45</b>
<b>MT210178</b>	<b>Turkey</b>	<b><i>Medicago sativa</i></b>	<b>Alakoy Y1</b>	<b>98.45</b>	<b>98.45</b>

AMV is a prevalent virus that causes infection in economic crops. AMV was first described in 1931 and then its presence from different geographical region was reported formerly (Weimer, 1931), including in South Australia from lucerne (Hajimorad and Francki, 1988), in USA from the snap bean, chickpea, and tumble pigweed (Shah *et al.*, 2006), in Saudi Arabia from cowpea, potato, eggplant and weeds (Al-Shahwan *et al.*, 2017; Abdalla *et al.*, 2019), in Spain from the ornamental plant lavandula, *Tecoma capensis*, pepper, tomato and common borage (Mallor *et al.*, 2002; Martínez-Priego *et al.*, 2004; Parrella *et al.*, 2011), in Canada from potato (Xu and Nie, 2006), in Poland from yellow lupin (Frencel and Pospieszny, 1979), in North Cyprus from alfalfa, pepper, and potato (Fidan *et al.*, 2012), in Iran from alfalfa, potato, pepper, cowpea, and mung bean (Mangeli *et al.*, 2019), in Lithuania from tomato (Zitikaitė and Samuitienė, 2008), in Czech Republic, Serbia, Hungary, and Slovenia from pepper (Petrovic *et al.*, 2010; El-Helaly *et al.*, 2012; Svoboda and Svobodová-Leišová, 2012), in *Viburnum tinus* in Chile (Peña *et al.*, 2011), in *Teucrium fruticans* in Italy (Parrella *et al.*, 2012), in *Carica papaya* in Brazil (Moreira *et al.*, 2010).

AMV infections of alfalfa naturally have been reported in Australia (Garran and Gibbs, 1982), Canada (Paliwal, 1982), New Zealand (Forster *et al.*, 1985), western North America (Rahman and Peadar, 1993), Lithuania (Staniulis, 1994), Jordan (Sawalha and Mansour, 1996b), Spain (Mallor *et al.*, 2002), Oman (Mughal *et al.*, 2003), USA (Shah *et al.*, 2006), Iran (Massumi *et al.*, 2012), Italy (Parrella *et al.*, 2012), and Saudi Arabia (Al-Saleh and Amer, 2013).

In this study, we attempted to identify the causal agent in the alfalfa specimens in Van, 2019. The diagnosis of AMV isolates can broadly be detected by serological methods such as ELISA assay and dot blot hybridization (Al-Shahwan *et al.*, 2017; Alhudaib, 2019) and molecular methods such as PCR-based techniques (Parrella *et al.*, 2012). In the current study, the RT-PCR method is used for AMV-detection. In six out of 19 alfalfa specimens, AMV was detected, but not detected in 13. Six specimens showing virus-like symptoms were negative for AMV. This situation may be caused by physiological disorders, abiotic factors or the presence of another pathogen, such as a virus or phytoplasma.

Many records are available in the literature, regarding the determination of AMV by RT-PCR test from symptomatic plants. Data presented in Fig. 2 show that RT-PCR- amplified Van AMV RNAs are resulted in an amplification product size of approx. 700 bp in agarose gel. The size of these sequences supported the specificity of the primers in our study, which also used by various researchers (Al-Saleh

and Amer, 2013; Abdalla et al., 2019), but not that of described by Xu and Nie (2006), Al- Abraham (2014) (351 bp), Massumi et al., (2012) (780 bp), and Zitikaitè and Samuitienè, (2008) (620 bp). This difference arises from different primers designed specifically for the CP gene used by the researchers.

The most typical symptoms produced by AMV-Van isolates in alfalfa were the yellow patch areas parallel to leaf veins on the leaf, little leaf, and vein banding that consistent with the symptoms in many reports described by various researchers (Bailiss and Ollennu, 1986; Al-Saleh and Amer, 2013; Al-Shahwan et al., 2017).

Although AMV has been present in Turkey for about 40 years (Çıtır, 1982), little data is available about the prevalence and molecular characteristics of its. In addition, studies on the AMV virus of alfalfa are scant. The first study on Alfalfa AMV was performed by Erdiller and Laseman, (1985) in Ankara, followed by Çalı, (1990) in central Anatolia and, in Erzurum (Yardımcı and Açıkgöz, 1997) using mechanical inoculation, serological immunoelectron microscopy tests.

AMV infection has a destructive effect on alfalfa worldwide, due to reduces the feed protein and yield, adversely affects seed germination, reduces nodulation and nitrogen binding ability via bacteria living its roots and, causes yellowing by degrading chloroplasts (Bailiss and Ollennu, 1986; McLaughlin and Boykin, 1988; Balasubramaniam et al., 2014). Accordingly, it causes significant crop loss at varying rates in cultivated plants such as tomatoes, peppers, potatoes and alfalfa from nationwide and worldwide. Natural AMV disease in Turkey have been detected in the potato (*Solanum tuberosum*) in Hatay, Erzurum, Balıkesir province (Özdemir et al., 2011; Sertkaya et al., 2017), and in the Jimson Weed (*Datura stramonium* L.), in the eggplant in Manisa (Ozdemir et al., 2011), in the bean and its seeds in Burdur and Samsun (Güzel and Arlı-Sökmen, 2003; Çulal Kılıç and Yardımcı, 2015), and husk tomato in Hatay (Sertkaya et al., 2013; Sertkaya et al., 2017), pepper in Samsun (Arlı-Sökmen et al., 2005; Özdemir and Erilmez, 2007), red pepper in Kahramanmaraş, Şanlıurfa and Gaziantep (Demir, 2005; Buzkan et al., 2006), pepper and alfalfa in Adana and Mersin (Çetinkıran and Baloğlu, 2011).

AMV has an increased risk from year to year, depending on natural inoculum sources and effective vectors. Spreading from the alfalfa to the surrounding susceptible economic crops, which are the hosts of AMV in adjacent fields through aphids is common. Informing farmers about viral transmission and following the proper management strategy about this disease is important for both preventing the viral spread and minimizing future crop losses.

Also, it will be useful to follow the situation of AMV symptoms and other viral agents in the cultivated production fields. Viral infections cannot be cured with any drug in chemical-manner. Hence, to limit crop losses of alfalfa and to refrain the epidemic of AMV, it is recommended to focus on its vectors and the destruction of weeds that have natural epidemiological reservoirs during the off-season times. Plus, the cultivating of resistant ones among 87 varieties of alfalfa will also reduce the risk of viral infections (Hiruki and Miczynski, 1990; Small, 2011).

## CONCLUSION

Despite AMV importance, information on the variance and genome structure of its natives is limited and has not been investigated in detail before. According to the available literature, this article is the first etiology record of alfalfa mosaic virus that naturally infects alfalfa plant (*Medicago sativa*) in Van province of Turkey, confirmed with the sequence analysis of the causal virus, at the molecular level.



## REFERENCES

- Abdalla OA, Al-Shahwan IM, Al-Saleh MA, Amer MA, 2019. Molecular characterization of *Alfalfa mosaic virus* (AMV) isolates in alfalfa and other plant species in different regions in Saudi Arabia. *European Journal of Plant Pathology*, 156: 603–613.
- Alan B, Crabtree K, Dallwitz M, Gibbs A, Watson L, 1996. *Viruses of Plants. Description and Lists from the VIDE Database*. CAB International, UK, 1484 PP.
- Alfaro-Fernández A, Sánchez-Navarro J A, Landeira M, Font MI, Hernández-Llópis D, Pallás V, 2016. Evaluation of PCR and non-radioactive molecular hybridization techniques for the routine diagnosis of *Tomato leaf curl new delhi virus*, *Tomato yellow leaf curl virus* and *Tomato yellow leaf curl sardinia virus*. *Journal of Plant Pathology*, 98 (2): 245-254.
- Alhudaib KA, 2019. Serological and Molecular Detection of *Alfalfa mosaic virus* in the Major Potato Growing Areas of Saudi Arabia. *Scientific Journal of King Faisal University (Basic and Applied Sciences)*, 20 (1): 73- 82.
- Ali H, Gholam K, 2011. Detection and Identification of *Clavibacter michiganensis subsp. insidiosus* inducing Alfalfa Wilt Disease Using Specific PCR and Physiological Methods in Iran. *Research Journal of Chemistry and Environment*, 15 (2): 486-491.
- Al-Saleh MA, Amer MA, 2013. Biological and Molecular variability of *Alfalfa mosaic virus* affecting alfalfa crop in riyadh region. *The Plant Pathology Journal*, 29(4) : 410-417.
- Al-Shahwan IM, Abdalla OA, Al-Saleh MA, Amer MA, 2017. Detection of new viruses in alfalfa, weeds and cultivated plants growing adjacent to alfalfa fields in Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 24 (6): 1336- 1343.
- Anonim, 2014. T. C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarla Bitkileri Araştırmaları Dairesi Başkanlığı, Çayır Mera ve Yem Bitkileri Araştırmaları Çalışma Grubu Raporu. [https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/SUNULAR/%C3%87MYB\\_Birg%C3%B CI%20G%C3%BCner.PDF](https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/SUNULAR/%C3%87MYB_Birg%C3%B CI%20G%C3%BCner.PDF) (Erişim Tarihi: 26.12.2018).
- Anonymous 2017. Bugem Activities. T. C. Ministry of Food, Agriculture and Livestock, General Directorate of Plant Production, March 2017 (in Turkish).
- Arlı-Sökmen M, Mennan H, Sevik MA, Ecevit O, 2005. Occurrence of viruses in field-grown pepper crops and some of their reservoir weeds hosts in Samsun, Turkey. *Phytoparasitica*, 33(4), 347-358.
- Bailiss KW, Ollennu LAA. 1986. Effect of *Alfalfa mosaic virus* isolates on forage yield of lucern (*Medicago sativa*) in Britain. *Plant Pathology*, 35: 162- 168.
- Balasubramaniam M, Kim BS, Hutchens-Williams HM, Loesch-Fries LS, 2014. The photosystem II oxygen-evolving complex protein PsbP interacts with the coat protein of *Alfalfa mosaic virus* and inhibits virus replication. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 27(10): 1107- 1118.
- Bol JF, 2003. *Alfalfa mosaic virus*: Coat protein dependent initiation of infection. *Molecular Plant Pathology*, 4(1): 1-8.
- Brunt A, Crabtree K, Gibbs A, 1990. *Viruses of Tropical Plants*. CAB International, London.
- Buzkan N, Demir M, Öztekin V, Mart C, Çağlar BK, Yilmaz MA, 2006. Evaluation of the status of capsicum viruses in the main growing regions of Turkey. *Bulletin OEPP*, 36(1): 15–19.
- Chod J, Chodová D, Kočova M, Jokeš M, 1994. Occurrence of *Alfalfa mosaic virus* on red pepper (*Capsicum annuum* L.) and investigation of susceptibility of some cultivars with respect to Hill's reaction activity and chlorophyll content. *Zahradnictví*, 21: 27–36.

- Cook AA, Wilton AC, 1984. *Alfalfa enation virus* in the Kingdom of Saudi Arabia. FAO, Plant Protection Bulletin, 32: 139-140.
- Çalı S, 1990. Orta Anadolu Bölgesi Yonca Ekim Alanlarında Görülen Virüs Enfeksiyonlarının Saptanması, Yabancı Otlar ve Tohumla Taşınması Üzerine Araştırmalar. Adana Zirai Mücadele Araştırma Ens. Müdürlüğü, Araştırma Yayınları Serisi, Yayın No: 72.
- Çetinkıran AD, Baloğlu S, 2011. Detection of the *Alfalfa mosaic virus* in pepper fields in Adana and Mersin. Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 26 (2): 89- 98.
- Çulal Kılıç H, Yardımcı N, 2015. Occurrence of *Alfalfa mosaic virus* (AMV) infecting bean crop in Burdur Province, Turkey. Asian Journal of Agriculture and Food Sciences, 3(2): 173- 177.
- Dale LM, Rotar I, Thewis A, Vidican R, Florian V, Ciure A, 2012. Determination of alfalfa crude fiber, ndf, adf and lignin content by nir spectrometry. Lucrări Ştiinţifice, vol. 55, seria Agronomie, p: 245-249.
- Demir M, 2005. Kahramanmaraş'ta Yetiştirilen Kırmızı Biberlerde Yaprakbiti İle Taşınan Virüslerin Saptanması. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Bitki Koruma Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş. 25s
- El Helaly HS, Ahmed AA, Awad MA, Soliman AM, 2012. Biological and Molecular Characterization of Potato infecting *Alfalfa mosaic virus* in Egypt. International Journal of Virology, 8: 106- 113.
- Erdiller G, Lesemann DE, 1985. Türkiye İçin Yeni Bir Virüs Hastalığı "*Alfalfa Mosaic Virus*". Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi Yıllığı, 35: 20-25.
- Fidan H, Adak NA, Konuksal A, Akerzurumlu E, Yılmaz MA, 2012. Occurrence of *Alfalfa mosaic virus* (AMV) diseases on potato crops in Northern Cyprus. Acta Horticulturae, 960: 341-346.
- Foissac X, Svanella-Dumas L, Gentit P, Dulucq MJ, Candresse T, 2001. Polyvalent detection of fruit tree Tricho-, Capillo- and Foveaviruses by nested RT-PCR using degenerated and inosine-containing primers (PDO RT-PCR). Acta Horticulturae, 550: 37-44.
- Forster RLS, Morris-Krsnich BAM, Musgrave DR, 1985. Incidence of *Alfalfa mosaic virus*, *Lucerne Australian latent virus*, and *Lucerne transient streak virus* in lucerne crops in the North Island of New Zealand. New Zealand Journal of Agricultural Research, 28: 279-282.
- Frencel I, Pospieszny H, 1979. Viruses in natural infections of yellow lupin (*Lupinus luteus* L.) in Poland. III. *Alfalfa mosaic virus* (AMV). Acta Phytopathologica Academiae Scientiarum Hungaricae, 14(3-4): 269- 278.
- Frosheiser FI, 1974. *Alfalfa mosaic virus* Transmission to Seed through Alfalfa Gametes and Longevity in Alfalfa Seed. Phytopathology, 64: 102 – 105.
- Garran J, Gibbs A., 1982. Studies on *Alfalfa mosaic virus* and alfalfa aphids. Australian Journal of Agricultural Research, 33: 657-664.
- Geren H, Kir B, Demiroglu G, Kavut YT, 2009. Effects of different soil textures on the yield and chemical composition of alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars under mediterranean climate conditions. Asian Journal of Chemistry, 21 (7) : 5517-5522.
- Güzel Ö, Arlı-Sökmen M, 2003. Determination of some viruses infecting common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and their incidences in seed lots in Samsun Province. The Journal of Turkish Phytopathology, 32 (2): 99-106.
- Hajimorad MR, Francki RIB, 1988. *Alfalfa mosaic virus* isolates from lucerne in South Australia: Biological variability and antigenic similarity. The Annals of Applied Biology, 113: 45–54.
- Hemmati K, Mclean DL, 1977. Gamete-seed Transmission of *Alfalfa mosaic virus* and its effect of Seed Germination and Yield in Alfalfa Plants. Phytopathology, 67: 576-579.

- Hiruki C, Hampton RO, 1990. Alfalfa Mosaic. In: "Compendium of Alfalfa Diseases", (Eds.): Stuteville, D. L. and Erwin, D. C.. 2nd Edition, APS Press, St. Paul, 54 PP.
- Jaspars EM, Bos L, 1980. *Alfalfa mosaic virus*. No. 229. In: Descriptions of plant viruses. Commonwealth Mycology Institute/Association of Applied Biologists, Kew, England.
- Kavut YT, Avcioğlu R, 2015. Yield and quality performances of various alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars in different soil textures in a Mediterranean environment. Turkish Journal of Field Crops, 20(1): 65-71.
- Mallor C, Luis-Arteaga M, Cambra MA, Fernandez-Cavada S, 2002. Disease Notes, 86: 698.
- Mangeli F, Massumi H, Alipour F, Maddahian M, Heydarnejad J, Hosseini Pour A, Amid-Motlagh MH, Azizizadeh M, Varsani A, 2019. Molecular and partial biological characterization of the coat protein sequences of Iranian *Alfalfa mosaic virus* isolates. Journal of Plant Pathology, 101: 73-742.
- Martínez-Priego L, Córdoba MC, Jordá C, 2004. First Report of *Alfalfa mosaic virus* in *Lavandula officinalis*. Plant Disease, 88(8): 908.
- Massumi H, Maddahian M, Heydarnejad J, Hosseini Pour A, Farahmand A, 2012. Incidence of Viruses Infecting Alfalfa in the Southeast and Central Regions of Iran. Journal of Agricultural Science and Technology, 14: 1141-1148.
- McLaughlin MR, Boykin D, 1988. Virus Diseases of Seven Species of Forage Legumes in the Southeastern United States. Plant Disease, 72: 539-542.
- Monteros MJ, Bouton JH, 2009. The future of alfalfa and forage crops In: Proceedings, Western Alfalfa & Forage Conference, December 2-4, Reno, Nevada.
- Moreira AG, Kitajima EW, Rezende JA, 2010. Identification and partial characterization of a *Carica papaya*-infecting isolate of *Alfalfa mosaic virus* in Brazil. The Journal of General Plant Pathology, 76: 172- 175.
- Moreira A, Fageria NK, 2010. Liming influence on soil chemical properties, nutritional status and yield of alfalfa grown in acid soil. The Revista Brasileira de Ciência do Solo (RBCS), 34, p:1231-1239.
- Mughal SM, Zadjali AD, Matrooshi AR, 2003. Occurrence, distribution and some properties of *Alfalfa mosaic virus* in the Sultanate of Oman. Pakistan Journal of Agricultural Sciences, 40(1-2): 67-73.
- Nemchinov LG, Grinstead SC, Mollov DS, 2017. *Alfalfa virus S*, a new species in the family Alphaflexiviridae. Plos One, 12(5): 1-11.
- Özdemir S, Erilmez, S. 2007. Denizli ilinde yetiştirilen biber, patlıcan ve marul üretim alanlarında bazı viral etmenlerin saptanması. Türkiye II. Bitki Koruma Kongresi Bildirileri. 27-29 Ağustos Isparta. 114s.
- Ozdemir S, Erilmez S, Paylan IC, 2011. First report of *Alfalfa mosaic virus* in eggplant in Turkey. The Journal of Plant Pathology (JPP), 93(4): 63-89.
- Özdemir S, Erilmez S, Paylan Cİ, 2011. Ege Bölgesi Patates Üretim Alanlarında *Alfalfa mosaic virus*'ün Serolojik ve Moleküler Olarak Tanınması. Türkiye IV. Bitki Koruma Kongresi Bildirileri: 410.
- Paliwal YC, 1982. Virus diseases of alfalfa and biology of *Alfalfa mosaic virus* in Ontario and western Quebec. Canadian Journal of Plant Pathology, 4: 175- 179.
- Palumbo JD, Phillips DA, Kado CI, 1998. Characterization of a new *Agrobacterium tumefaciens* strain from alfalfa (*Medicago sativa* L.). 1998. Archives of Microbiology, 169: 381-386.

- Parrella G, Acanfora N, Orilio A, Navas-Castillo J, 2011. Complete nucleotide sequence of a Spanish isolate of *Alfalfa mosaic virus*: Evidence for additional genetic variability. *Archives of Virology*, 156, 1049–1052.
- Parrella G, Cavicchi L, Bellardi MG, 2012. First Record of Alfalfa mosaic virus in *Teucrium fruticans* in Italy. *Disease Notes*. 96(2): 294.
- Peña E, Olate E, Chorbadjian RA, Rosales IM, 2011. First Report of *Alfalfa mosaic virus* Infection in *Viburnum tinus* in Chile. *Plant Disease*, 95(9):1198.
- Peterson JJ, Samac DA, Grau CR, 2018. First Report of Fusarium Wilt of Alfalfa Caused by *Fusarium oxysporum f. sp. medicaginis* in Wisconsin. *Disease Notes*. 102 (2): 447.
- Petrovic D, Bulajic A, Stankovic I, Ignjatov M, Vujakovic M, Krstic B, 2010. Presence and distribution of pepper viruses in Serbia. *Ratarstvo i Povrtarstvo*. 47: 567–576.
- Qin F, Liu D, Sun B, Ruan L, Ma Z, Wang H, 2016. Identification of Alfalfa Leaf Diseases Using Image Recognition Technology. *PLoS ONE* 11(12): e0168274. doi:10.1371/journal. Pone.0168274.
- Radovic J, Sokolovic D, Markovic J, 2009. Alfalfa-most important perennial forage legume in animal husbandry. *Biotechnology in Animal Husbandry*. 25: 465-475.
- Ragsdale DW, Radcliffe EB, DiFonzo CD, 2001. Epidemiology and field control of PVY and PLRV. In: *Virus and Virus-like Diseases of Potatoes and Production of Seed-potatoes*. Eds. Loebenstein G., PH Berger, AA Brunt and RH Lawson. Huwer Academic Publishers, Dordrecht: 237-270.
- Rahman F, Peadar RN, 1993. Incidence of Viruses on Alfalfa in Western North America. *Plant Disease*, 77: 160-162.
- Regenmortel MHV, Pink L, 1981. *Alfalfa mosaic virus* In, " *Handbook of Plant Virus Infections and Comparative Diagnosis*." (Ed. Kurstak) Elsevier, Amsterdam pp. 415-422.
- Samac DA, Nix RJ, Oleson A, 1998. Transmission frequency of *Clavibacter michiganensis subsp. insidiosus* to alfalfa seed and identification of the bacterium by PCR. *Plant Disease*, 82: 1362-1367.
- Sawalha HD, Mansour AN, 1996b. Incidence of *Alfalfa mosaic virus* in alfalfa fields in Jordan. *Dirasat: Agricultural Sciences*. 23: 81- 83.
- Sertkaya G, Üremiş İ, Sertkaya E, 2013. Weeds as Reservoirs for Virus Diseases and Their Vectors in Potato Fields in Amik Plain-Turkey. 15th European Association for Potato Research (EAPR) Virology Section Meeting. (28-31 May, Antalya, Turkey): 29.
- Sertkaya G, Çarpar H, Sertkaya E, 2017. Detection of *Alfalfa mosaic virus* (AMV) in Potato Production Areas in Hatay Province of Turkey. *Journal of the Institute of Science and Technology (JIST)*, 7(1): 23-29.
- Shah DA, Dillard HR, Mazumdar-Leighton S, Gonsalves D, Nault BA, 2006. Incidence, spatial patterns, and associations among viruses in snap bean and alfalfa in New York. *Plant Disease*, 90: 203-210.
- Sisterson MS, Thammiraju SR, Patterson KL, Groves RL, Daane K, 2010. Epidemiology of Diseases Caused by *Xylella fastidiosa* in California: Evaluation of Alfalfa as a Source of Vectors and Inocula, *Plant Disease*. 94 (7): 827-834.
- Small E, 2011. *Alfalfa and relatives: Evolution and classification of Medicago*. NRC Research Press, Canada.
- Soya H, Avcioglu R, Geren H, 2004. *Forage crops*, Hasad Press, Turkey, 223p (in Turkish).
- Staniulis J, 1994. *Ankštinių augalų virusinių ir geltos tipo ligų sukėlėjai Lietuvoje (Gamtos mokslų habilitacinis darbas)*. Vilnius.
- Šutic DD, Ford RE, Tošic MT, 1999. *Handbook of plant virus diseases*. Washington: CRC Press.

- Svoboda J, Svobodová-Leišová, 2012. Occurrence of viruses on pepper plantations in the Czech Republic – Short communication. Horticultural Science, (Prague). 39: 139- 143.
- Taha EA, 2015. A study on nectar and pollen sources for honeybee *Apis mellifera* L. in AlAhsa Saudi Arabia. Journal of Entomology and Zoology Studies, 3(:)272–277.
- Tenllado F, Bol JF, 2000. Genetic detection of the multiple functions of *Alfalfa mosaic virus* coat protein in viral RNA replication, encapsidation, and movement. Virology. 268: 29- 40.
- Thresh JM, 1981. The Role of Weeds and Wild Plants in the Epidemiology of Plant Virus Diseases. In: "Pests Pathogens and Vegetation", (Ed.): Thresh, J. M.. Pitman Publications, London, UK, PP. 53–70.
- Trucco V, Soledad B, Nicolas B, Sergio L, Fabián G, 2016. *Bean leafroll virus* (BLRV) in Argentina: molecular characterization and detection in alfalfa fields. The European Journal of Plant Pathology, 146. 10.1007/s10658-016-0899-5.
- Turan N, Celen AS, Ozyazıcı MA, 2017. Yield and quality characteristics of some alfalfa (*Medicago sativa* L.) varieties grown in the Eastern Turkey. Turkish Journal of Field Crops, 22(2): 160-165
- TÜİK, 2017. Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (Erişim Tarihi, 20.12.2018).
- TÜİK, 2017a. Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (Erişim Tarihi, 20.12.2018).
- Van Dun CMP, Bol JF, Van VlotenDoting L, 1987. Expression of *Alfalfa mosaic virus* and Tobacco Rattle Virus Coat Protein Genes in Transgenic Tobacco Plants. Virology, 159: 299-305.
- Vasić TP, Trkulja VR, Rajčević BM, Živković SP, Anđelković SZ, Marković JP, 2011. Molecular And Morphological Determination of *Colletotrichum trifolii* Isolates Originating from Alfalfa. Proceedings of the National Academy of Sciences, Matica Srpska Novi Sad. 120: 195—202.
- Vozelj N, Petrovic N, Novak MP, Tusek M, Mavric I, Ravnikar M, 2003. The most frequent viruses on selected ornamental plants and vegetables in Slovenia. In: Zbornik Predavanj in Referatov 6. Slovenskega Posvetovanja o Varstvu Rastlin, March 4–6, 2003. Zrece, Slovenia: 300- 304.
- Weimer JL, 1931. *Alfalfa mosaic virus* (type strain). CMI/AAB Description of Plant Viruses, No. 46.
- Xu H, Nie J, 2006. Identification, characterization and molecular detection of *Alfalfa mosaic virus* in potato. Phytopathology. 96: 1237-1242.
- Yardımcı N, Açıkgöz S, 1997. 1997. Erzurum Yöresi Yoncalarında, Mozayik Hastalığı Etmeninin Test Bitkileri İle Tanılanması. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 28(2): 195-205.
- Zitikaitė I, Samuitienė M, 2008. Identification and some properties of *Alfalfa mosaic virus* isolated from naturally infected tomato cropbiologija. Biologija. 54 (2): 83–88.



**New host records for *Zeuxia cinerea* Meigen, 1826 (Diptera: Tachinidae) from Turkey**

Neslihan GÜLTEKİN<sup>1</sup>, Celalettin GÖZÜAÇIK<sup>1\*</sup>, Kenan KARA<sup>2</sup>, Turgut ATAY<sup>2</sup>

**ABSTRACT:** The paper presents new host records for *Zeuxia cinerea* Meigen, 1826 (Diptera: Tachinidae) from Turkey. New parasitoid host couples are *Temnorhinus hololeucus* (Pallas, 1781) and *Maximus strabus* (Gyllenhal, 1834) (Coleoptera: Curculionidae) for *Z. cinerea*. Some additional information about the reared species and hosts are also presented.

**Key Words:** *Zeuxia cinerea*, new host records, Turkey.

<sup>1</sup> Neslihan GÜLTEKİN (Orcid ID: 0000-0002-0139-739, Celalettin GÖZÜAÇIK (Orcid ID: 0000-0002-6543-7663), İğdır University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, İğdır, Turkey

<sup>2</sup> Kenan KARA (Orcid ID: 0000-0003-0439-5639), Turgut ATAY (Orcid ID: 0000-0002-9074-0816), Gaziosmanpaşa University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Tokat, Turkey

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Celalettin GÖZÜAÇIK, e-mail: cgozuacik46@gmail.com

Geliş tarihi / Received: 28-07-2020

Kabul tarihi / Accepted: 21-10-2020

## INTRODUCTION

All of the known species of Tachinidae (Diptera) are parasitoids of insects or other arthropods (Stireman et al., 2006). Knowledge on their biology, including host insect species is not revealed yet, so every host-couple record is crucial.

The host-parasitoid couples of Turkish tachinids is not well known. New host-parasitoid couples are done every year. Both faunistic and host parasitoid studies related to tachinids need to be done in Turkey. Host catalogue of Turkish Tachinidae by Kara and Tschorsnig (2003) and Checklist of Turkish Tachinidae is published by (Kara et al., 2020).

The species of the *Zeuxia* only were reared from mostly Curculionidae and Cerambycidae and most rarely Cleridae (Coleoptera). *Zeuxia cinerea* has a narrow host range. Curculionidae (Coleoptera) is the usual host family of this tachinid (Tschorsnig, 2017). Previously, *Zeuxia cinerea* were reared from *Larinus sibiricus* Gyllenhal, 1835 (= *Larinus aeruginosus* Hochhuth, 1851), *Larinus iaceae* (Fabricius, 1775), *Larinus* sp., *Rhinocyllus conicus* (Frölich, 1792) (Col.: Curculionidae) in Turkey (Richter et al., 2002).

## MATERIAL AND METHODS

Larvae of *Temnorhinus hololeucus* (Pallas, 1781) (six individuals) and *Maximus strabus* (Gyllenhal, 1834) (four individuals) were collected in Iğdır province in 2019. They were brought to the laboratory with their food-plants for rearing and transferred to separate containers (Figs 1A-B) and checked daily. *Zeuxia cinerea* was reared from these hosts. The key of Tschorsnig & Herting (1994) was used for tachinid identification. Nomenclature and arrangement of tachinids follows Herting & Dely-Draskovits (1993). The specimens were deposited at the Plant Protection Museum in Gaziosmanpaşa University, Agricultural Faculty, Plant Protection Department, Tokat, Turkey.



**Figure 1.** Rearing of parasitoids from *Temnorhinus hololeucus* (Pallas) and *Maximus strabus* Gyllenhal larvae. A-B, culture containers (A- *T. hololeucus*; B- *M. strabus*); C, larva capsule of *T. hololeucus* on root of *Atriplex*; D, adult of *T. hololeucus*

## RESULTS AND DISCUSSION

The distribution, hosts and some additional information related to tachinid and coleopteran hosts are as follows.

### *Temnorhinus hololeucus* (Pallas, 1781) (Col.: Curculionidae) (Figs 1A-C-D)

**Distribution:** Lithuania, Russia, Azerbaijan, Armenia, China (Gansu, Xinjiang), Iran, Israel, Jordan, Kazakhstan, Mongolia, Pakistan, Turkmenistan, Turkey, Uzbekistan (Alonso-Zarazaga et al., 2017; Meregalli, 2017).

**Host plants:** *Atriplex* sp. *Atriplex tatarica* L., *Salsola sclerantha* C. A. Meyer, *S. carinata* C. A. Meyer, *Salsola leptoclada* (Ter-Minassian 1988; Fremuth 1987; Gültekin 2012). This species larvae make trehala-like capsules on root of host plant *Atriplex* to complete life cycle (Gültekin, 2012).

**Material collected:** Turkey: Iğdır Prov., 4-5 km E of Ramazankent, 39°57'5.85" N, 44°27'24.80" E, 821 m, 02.07.2019, N. Gültekin and C. Gözüaçık leg., 6 larvae in capsules with root crown of *Atriplex* sp. (Fig 1C)

### *Maximus strabus* (Gyllenhal, 1834) (Col.: Curculionidae) (Fig 1B)

**Distribution:** Russia, Moldavia, Romania, Ukraine, Azerbaijan, Afghanistan, Armenia, Iran, Kazakhstan, Mongolia, Syria, Tajikistan, Turkmenistan, Turkey, Uzbekistan, China (Xinjiang) (Alonso-Zarazaga et al. 2017), Australia, introduced (Meregalli, 2017).

**Host plants:** A Chenopodiaceae species.

**Material collected:** Turkey: Iğdır Prov., 6 km E of Tuzluca along Turabi road, 40°03'24.39" N, 43°44'34.82" E, 1017 m, 10.07.2019, N. Gültekin and C. Gözüaçık leg., 4 larvae in soil.

### *Zeuxia cinerea* Meigen, 1826 (Diptera: Tachinidae)

**Distribution:** Palearctic: Europe (E. Europe (Czech Republic, Hungary, Moldova, Poland, Romania, Slovakia, Ukraine), S. Europe (Albania, Bosnia & Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Greece, Italy, Macedonia, Portugal, Serbia, Spain), W. Europe (Austria, France, Germany, Switzerland)), Kazakhstan, Middle East (Iran, Israel, "Palestine"), North Africa (Algeria), Russia (Western Russia), Transcaucasia (Armenia) (O'Hara et al., 2019). Turkey: Tokat (Kara, 1999, Lekin, Kara, & Atay, 2016), Erzurum (Richter et al., 2002), Karabük, Kastamonu, Zonguldak (Korkmaz, 2007), Eskişehir (Kara & Aksu, 2007), Muğla (Lutovinovas et al., 2018).

**Hosts:** *Conorhynchus mendicus* (Gyllenhal, 1834); *Larinus obtusus* Gyllenhal, 1835, *L. planus* (Fabricius, 1792), *Lixus juncii* Boheman, 1835 (Coleoptera: Curculionidae) (Tschorsnig, 2017), In Turkey: *Larinus sibiricus* Gyllenhal, 1835 (= *Larinus aeruginosus* Hochhuth, 1851), *Larinus iaceae* (Fabricius, 1775), *Larinus* sp., *Rhinocyllus conicus* (Frölich, 1792) (Coleoptera: Curculionidae) (Richter et al., 2002).

*Temnorhinus hololeucus* and *Maximus strabus* are new host species for this tachinid.

**Biology:** *Z. cinerea* is seen from the end of May to mid-September on flowering plants and probably has 2 generations per year (Tschorsnig and Herting, 1994).

**Reared specimens (date of adult emergence):** 10.07.2019, 1♂, reared from larva of *Temnorhinus hololeucus*, 19.07.2019, 1♀, reared from larva of *Maximus strabus*.

## CONCLUSION

As a result, new host records for *Zeuxia cinerea* (Tachinidae: Diptera) were obtained from Turkey. These were *Temnorhinus hololeucus* and *Maximus strabus* (Coleoptera: Curculionidae).

## ACKNOWLEDGEMENTS

We are grateful to Dr. H.-P. Tschorsnig (Staatliches Museum für Naturkunde, Stuttgart, Germany) for information on host-parasitoid couple. This study was supported by Iğdır University Scientific Research Project Council (BAP) 2019- FBE-A14 project.

## REFERENCES

- Alonso-Zarazaga MA, Barrios H, Borovec R, Bouchard P, Caldara R, Colonnelli E, Gültekin L, Hlaváč P, Korotyaev B, Lyal C.H.C., Machado A, Meregalli M, Pierotti H, Ren L, Sánchez-Ruiz M, Sforzi A, Silfverberg H, Skuhrovec J, Trýzna M., Velázquez de Castro AJ, Yunakov NN, 2017. *Cooperative Catalogue of Palaearctic Coleoptera Curculionoidea*. Monografias electrónicas S.E.A., vol. 8, Sociedad Entomológica Aragonesa S.E.A., Zaragoza, Spain, 729 pp.
- Fremuth J, 1987. Ergebnisse der Tschechoslowakisch-Iranischen Entomologischen Expeditionen nach dem Iran 1970, 1973 und 1977 Coleoptera, Curculionidae; 1. Teil: Cleoninae. Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae, 42, 321-348.
- Gültekin L 2012. New Data on *Conorhynchus hololeucus* (Pallas, 1781) (Coleoptera: Curculionidae). Florida Entomologist 95(2): 500-502.
- Herting B, Dely-Draskovits Á, 1993. Family Tachinidae. In: A., Soós, L. Papp, (Eds.). Catalogue of Palaearctic Diptera. Anthomyiidae–Tachinidae (pp.118-458), Budapest.
- Kara K, 1999. Dexiinae (Diptera: Tachinidae) species of the Tokat province. Türkiye Entomoloji Dergisi, 23 (3), 203-210.
- Kara K, Tschorsnig HP, 2003. Host Catalogue for the Turkish Tachinidae (Diptera). Journal of Applied Entomology, 127, 465-476.
- Kara K, Aksu S, 2007. Eskişehir ve Çevresinde Belirlenen Bazı Tachinidae (Insecta: Diptera) Türleri. Türkiye II. Bitki Koruma Kongresi, 27–29 Ağustos 2007, Isparta, Turkey, 166.
- Kara K, Tschorsnig HP, Atay T, 2020. Checklist of Turkish Tachinidae (Insecta, Diptera) with Journal of the Entomological Research Society, 22(2): 57-84.
- Korkmaz Y, 2007. Batı Karadeniz Bölgesi Tachinidae (Hexapoda: Diptera) Türleri Üzerinde Faunistik Çalışmalar. Yüksek Lisans Tezi. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat, 53 (Basılmış).
- Lekin N, Kara K, Atay T, 2016. Tachinidae (Diptera) Species From Some Uplands in Tokat Province (Turkey). Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University, 33 (1), 56-63.
- Lutovinovas E, Tschorsnig HP, Barták M, Kubík Š, Dursun O, Civelek HS, Kara K, 2018. Contribution to the Tachinid Fauna of Southwestern Turkey (Diptera: Tachinidae). Annales de la Société entomologique de France (NS.), 54 (4), 335-366.
- Meregalli M, 2017. World Catalogue of the Curculionidae: Lixinae: Cleonini. In: Lyal C.H.C. (Ed.) International Weevil Community Website. Available from: <http://weevil.info/content/world-catalogue-curculionidae-lixinae-cleonini>.
- O'Hara JE, Henderson SJ, Wood DM, 2019. Preliminary Checklist of the Tachinidae of the World. Version 1.0. PDF document, 681p. Retrieved from <http://www.nadsdiptera.org/Tach/WorldTachs/Checklist/Worldchecklist.html>. (Date of access: 20 July 2020).
- Richter VA, Gültekin L, Korotyaev BA, 2002. *Zeuxia cinerea* Meigen New to the Fauna of Northeastern Turkey (Diptera: Tachinidae). Zoosystematica Rossica, 11 (1), 234.
- Stireman JO, O'Hara JE, Wood DM, 2006. Tachinidae: Evolution, Behavior and Ecology. Annual Review of Entomology, 51 (1), 525-555.
- Ter-Minassian ME, 1988. Weevils of the Subfamily Cleoninae of the Fauna of USSR: Tribe Cleonini. Opredeliteli po Faune SSSR, Izdavaemye Zoologicheskim Institutom Akademii Nauk SSSR, 155, 1–235.



- Tschorsnig HP, Herting B, 1994. Die Raupenfliegen (Diptera: Tachinidae) Mitteleuropas: Bestimmungstabellen und Angaben zur Verbreitung und Ökologie der Einzelnen Arten. Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde (A) 506: 1-170. Online Authorized Version of English Translation by Rayner R. & Raper C.: Tschorsnig H.P. and Herting B., 2001: The Tachinids (Diptera:Tachinidae) of Central Europe: Identification Keys for the Species and Data on Distribution and Ecology, <http://tachinidae.org.uk/site/downloads.php>. (Date of access: 16 June 2020).
- Tschorsnig HP, 2017. Preliminary Host Catalogue of Palaearctic Tachinidae (Diptera). 480pp [www.nadsdiptera.org/Tach/WorldTachs/CatPalHosts/Home.html](http://www.nadsdiptera.org/Tach/WorldTachs/CatPalHosts/Home.html). (Date of access: 16 June 2020).



## Adaption of COBRA Method for The Investigation of Nutrition-Based DNA Methylation Mechanism in *Escherichia coli*

Taha Yasin KOÇ<sup>1</sup>, Medine GÜLLÜCE<sup>2\*</sup>, Burak ALAYLAR<sup>3</sup>, Mehmet KARADAYI<sup>2</sup>

**ABSTRACT:** Epigenetics are changes that occur in the DNA sequence due to environmental conditions. In last few decades epigenetics has been one of the most important advances in biology and related fields. It is very important in that it offers a new approach to all relevant disciplines, especially biology, to explain how DNA sequencing in an epigenetic organism is affected by environmental conditions and phenotype changes that may result from this interaction. Although there are many environmental factors affecting organisms, starvation is one of the most important factors. In our study, epigenetic changes in *Escherichia coli* due to carbon starvation in the *sprE* (*rssB*) gene region were investigated by COBRA (Combined Bisulfite Restriction Analysis) technique, which is one of the quantitative methylation analyzes. As a result of the current results, it has been shown that the methylation status of the 16th CpG islet located in the *sprE* gene region does not play a role in the regulation of fasting metabolism in *E. coli* due to the restriction of the carbon level.

**Keywords:** Capillary gel electrophoresis, COBRA, DNA methylation, *Escherichia coli*, *sprE* gene

<sup>1</sup>Taha Yasin KOÇ (Orcid ID: 0000-0002-7786-5462), Atatürk University, Institute of Natural and Applied Sciences, Erzurum, Turkey

<sup>2</sup> Medine GÜLLÜCE (Orcid ID: 0000-0002-5957-8259), Atatürk University, Faculty of Science, Department of Biology, Erzurum, Turkey

<sup>3</sup>Burak ALAYLAR (Orcid ID: 0000-0001-6737-3440), Agri Ibrahim Cecen University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Molecular Biology and Genetics, Agri, Turkey

<sup>2</sup>Mehmet KARADAYI (Orcid ID: 0000-0002-2473-0409), Atatürk University, Faculty of Science, Department of Biology, Erzurum, Turkey

\*Corresponding Author: Medine GÜLLÜCE, e-mail: gullucem@atauni.edu.tr

## INTRODUCTION

The term epigenetics was first introduced to explain how cell lines were shaped during the development of multicellular eukaryotes in 1942 by Conrad Waddington, (Handy et al., 2011; Tollefsbol, 2011; Yaykaşlı et al., 2012; Casadesús and Low, 2013; Gulluce et al., 2014; Jurkowski et al., 2015). It is widely known that epigenetic control of gene expression plays an important role in the processes of cell differentiation in vertebrates (Takahashi, 2013). At this point, most textbooks and study books on epigenetic gene regulation only concern eukaryotes. One reason for this is the great success of eukaryotic epigenetics and its effects on human diseases (Casadesús and Low, 2013).

Although there are many different types of classification, epigenetic mechanisms that regulate gene expression fall into two sub-categories, mainly indirect and direct role mechanisms. Among these, the mechanisms that directly take part; Acetylation, methylation, phosphorylation, S-nitrosylation, SUMOylation, ADP-ribosylation, proline isomerization, deimination and non-covalent histone modifications (Gulluce et al., 2014; Alaylar et al., 2019). All these epigenetic modifications are known to be altered by external and internal environmental factors and affect gene expression. Thus, epigenetics can provide a new research framework for environment-related etiologic factors, as well as embryonic development and aging are known to be affected by many environmental factors (Choi and Friso, 2010).

Nutrition is defined as one of the most important environmental factors known. Therefore epigenetics is extremely important as it can alter the gene expression and epigenetic events of nutrients and bioactive food components at transcriptional levels. Folate, vitamin B-12, methionine, choline and betaine may affect DNA methylation and histone methylation through alteration of one carbon metabolism (Choi and Friso, 2010; Takahashi, 2013).

It is known that DNA methylation is one of the most important nutrient-related epigenetic mechanisms. This phenomenon is a vital mechanism in normal embryonic development. The DNA methylation event, which changes a cytosine base in CpG dinucleotide residues with methyl groups, is catalyzed by Dnmt (DNA methyl-transferase enzymes) and modulates gene expression motifs by altering chromatin structures (Choi et al., 2009; Lillycrop and Burdge, 2015; Warzak et al., 2015).

Natural microbial environments often require adaptation to various stresses, such as food hunger, which can occur quickly. *Escherichia coli* responds to fasting stress by entering a state where it is metabolically less active, known as the fixed phase. As one of the proteins with the highest degree of expression regulation in *E.coli*, RpoS draws attention. After binding of the *sprE* protein to RpoS, RpoS accumulation in cells is thought to be affected and regulates the transcription of target genes (Carabetta et al. 2009).

Many techniques have been developed to show methylation events, which are largely responsible for the emergence of epigenetic arrangements in living things, and especially methods based on bisulfite reaction that allows rapid diagnosis of methylated cytosine (5-MeC) in DNA. Methylation-specific PCR (MSP), bisulfite sequencing and COBRA (combined bisulfite restriction analysis) methods are among the most well-known of these applications (Kosova et al., 2011). Among all these methods aimed at measuring the methylation status of DNA, applications involving the combination of PCR and Restriction enzymes have given a new perspective and momentum to existing epigenetic studies by providing quantitative results (Alaylar, 2014).

In this study was designed to quantitatively investigate the methylation motifs that may occur in the regulation of the *sprE* (*rssB*) gene region activated by nutritional starvation stress in *Escherichia coli* by COBRA method. Also in the current study, it is aimed to contribute to filling the theoretical gap related to epigenetic mechanisms existing in prokaryotic organisms.

## MATERIALS AND METHODS

### Chemicals

Sodium chloride (NaCl) was provided from Merck (Hohenbrunn, Germany). Chloroform-isoamyl alcohol were provided Fluka (Steinheim, Germany), phenol-chloroform-isoamyl alcohol 25:24:1 were provided Amresco. All other compounds such as; isopropanol, glycerol, ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA), Tris-HCl, Direct Load™ wide-range DNA marker, CTAB, SDS, RNase, DMSO, Trizma base, Ethidium bromide and ethanol were purchased from Sigma-Aldrich (St. Louis, USA). The restriction enzymes for the COBRA analysis, TaqI and HinfI were obtained Thermo-Scientific (Waltham, MA USA). Wizard genomic DNA purification kit and Methyledge™ bisulfite conversion system were purchased from Promega (Madison, USA). Agarose was provided by Lonza. Expand high fidelity PCR system was acquired from Roche (Mannheim, Germany). Nutrient Broth and Nutrient Agar, Potato Dextrose Agar, bacteriological peptone and agarose acquired from Oxoid (Hampshire, England), LAB M (Lancashire, England) and Lonza (Rockland, USA) respectively.

### *Escherichia coli* Strain

The bacterial strain *Escherichia coli* WP2uvrA (ATTC® Number: 49979) used in this study was commercially available from LGC Standards (Middlesex, U.K.).

### Medium

Carbon Source Restricted Test Media is used to expose the test microorganism to carbon deficit. In preparation of this medium, 980 ml of distilled water is sterilized by autoclaving for 30 minutes at 121° C. After this process, the previously sterilized Vogel-Bonner (VB salts) medium E (50 ×) solution is added to the sterile water medium whose temperature is lowered to 45-65° C, and it is mixed well by gentle agitation in the sterile cabinet. This medium should be stored in sterile environments at room temperature (Mortelmans and Zeiger, 2000; Karadayı, 2010).

### Preparation of Test Samples

Stock cultures were thawed at room temperature before working cultures were prepared. Then, 200 µl of stock culture was added to NB liquid medium, each having a volume of 40 ml. Prepared working cultures were allowed to incubate at 37° C at 110 rpm for 48 hours. After this time, one of the growing group cultures was transferred to a new NB medium and the other group was transferred to a carbon-restricted medium and these new cultures were left to the second 24-hour incubation period. DNA isolation, sodium bisulfite application, High Fidelity PCR, restriction enzyme cutting and imaging applications were performed with these cultures.

### Genomic DNA Isolation

Genomic DNA was isolated from *Escherichia coli*. DNA isolation protocol was explained as follows.

Cultures were grown in NA media, and then two loops of bacteria are placed in eppendorf and shaken well after vortexing 1000 µl of STE buffer is added. The samples are centrifuged at 10000 rpm for 10 minutes and the supernatant is discarded. 1000 µl of STE (Sodium Chloride-Tris-EDTA) buffer is then added again and centrifuged at 10000 rpm for 10 minutes at 4 °C. After the centrifugation process is completed, the supernatant is discarded and 500 µl of STE buffer is added to the pellet and mixed in every 15 minutes for a total of 30 minutes in the water bath previously set to 75 °C. At the end of the period, 10 % SDS is added to eppendorf and mixed. After this, 8 µl of Proteinase K is added and shaken again. After rinsing, it is suspended for 1 hour in a water bath set to 40 °C. Add 1/5 of the total volume, 5M NaCl to the samples taken from the water bath. 10 % by volume of CTAB

(Hexadecyltrimethylammonium bromide) is added to the resulting new volume sample and shaken by finger. The sample is stored in a water bath set at 65 °C for 10 minutes. Then, the total volume of phenol-chloroform-isoamyl alcohol (25: 24: 1) is added to the sample and rinsed with a rotator for 15 minutes. After shaking, centrifugation is performed at 16000 rpm for 3 minutes at 3 °C. After centrifugation, the supernatant is transferred to a sterile eppendorf and after 10 % CTAB of volume is added, it is allowed to stand for 10 minutes in a water bath set at 65 °C. An equal volume of chloroform-isoamyl alcohol (24:1) is added to the sample removed from the water bath. After the addition, the sample is shaken with the rotator for 15 minutes and then centrifuged at 16000 rpm for 10 minutes. After centrifugation, the supernatant is transferred to the sterile eppendorf. 60 % of the sample transferred to the sterile eppendorf is transferred to isopropanol stored at -20 °C and incubated overnight at -20 °C in the freezer. The sample taken from the freezer is centrifuged at 15000 rpm at 3 °C for 10 minutes. 70 % ethanol is added to the sample that has finished centrifugation and then centrifuged at 15000 rpm for 3 minutes at 3 °C. After centrifugation, the supernatant is decanted and allowed to dry at room temperature for one hour. After removal of alcohol, 70 µl of TE (Tris-EDTA) buffer is added and 3 µl of RNAase is added and allowed to dry for one hour at room temperature. Store at -20 °C. The results of DNA isolation were shown in Figure 1 (Bozoğlu, 2014).

### Bisulfite Conversion Reaction Step

The kit was supplied from the Promega company for the bisulfite conversion reaction and the application was carried out according to the kit protocol provided by the company.

### Sodium Bisulfite Treatment

Many bisulfite conversion kits have been advanced for bisulfite treatment because it is hard to succeed and optimal balance between complete conversion and minimal degradation of DNA. In this present study, DNA treatment with sodium bisulfite was performed using the Methyledge™ bisulfite conversion kit (Promega, San Luis Obispo-USA) according to the manufacturer's protocol. Also specific primer sets were designed after the bisulfite treatment for *sprE* gene region. Detailed information of primer set for related genes were shown in Table 1.

**Table 1.** Primer sets for *sprE* gene region

<b>T2 Primer</b>	
Forward	TGATATCGCGATGCCACGAA
Reverse	CAATAACGCGCCCAACTCTG
Product length	565 base pair
<b>T7 Primer</b>	
Forward	GTAACAGAGGCGACCAGACC
Reverse	GGCAATGGGAAATCACCTGC
Product length	294 base pair

### PCR Protocol

Samples were prepared for as a volume of 30 PCR reactions for each reaction. Each PCR reaction was contained 16.1 µl distilled water, 3 µl 10xPCR buffer, 1.2 µl DMSO, 1.8 µl MgCl<sub>2</sub> solution (25mM), 3µl Forward primer, 3µl Reverse primer, 0.6 µl dNTPs (deoxynucleotide triphosphates: dATP, dGTP, dCTP, dTTP), 0.3 µl Taq DNA polymerase enzyme and 1 µl bisulfite-treated DNA.

PCR conditions were as follows: 95 °C for 2 minutes, 36 cycles of denaturing at 94 °C for 1 minute, 1 minute annealing at 58 °C (This step should prepare for each primer T<sub>m</sub> temperature), 2 minutes and 5 minutes extension steps at 72 °C (Warzak et al., 2015).

### Digestion of PCR Products with *HinfI* Restriction Enzyme

Digestion of PCR products was carried out by restriction enzyme *HinfI* enzyme following the following steps;

- 10 µl of PCR product, 18 µl of distilled water, 2 µl of 10X buffer R (compatible buffer) *HinfI* and 2 µl of *HinfI* enzyme are added. Mix vigorously and allow to incubate for 1-16 hours.
- The restriction enzyme is kept at 65 °C for 20 minutes in order to stop the reaction.
- The restriction products are stored at + 4 °C.

After this application the digested PCR products were evaluated with the QIAxcel Advanced analysis system.

### Restriction Enzymatic Digestion of PCR Products

RestrictionMapper program (<http://www.restrictionmapper.org>) is used to determine the restriction sites in the products to be obtained after the amplification of *sprE* gene region with the designed specific primer sets. Restriction sites for PCR products of *sprE* gene information were given in Table 2. Enzymatic digestion of PCR product was performed with *HinfI*. These restriction enzymes were provided from Thermo-Scientific (Waltham, MA USA).

**Table 2.** Restriction sites of the PCR product of the *sprE* gene region

Restriction Enzyme Name	Sequence	Cut Position
<i>HinfI</i>	GANTC	339,974

After this step the digested PCR products were analyzed by QIAxcel advanced analysis system.

### Selecting the Gene Region to Be Used in the Study

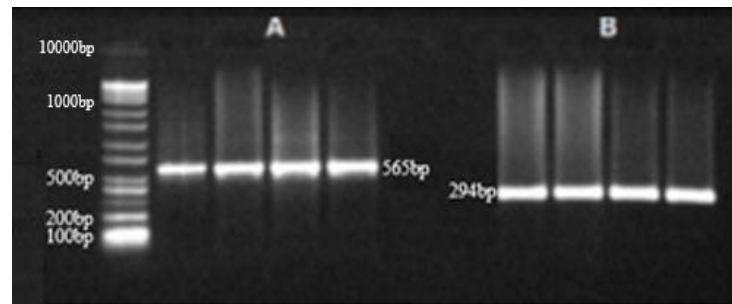
In this study, the basic gene region of *sprE* (*rssB*) related to nutrient starvation was selected for the applications. The known sequence information for this gene region is shown below.

([https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/NC\\_000913.3?report=fasta&from=1290242&to=1291255](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/NC_000913.3?report=fasta&from=1290242&to=1291255))

```
ATGACGCAGCCATTGGTCGGAAAACAGATTCTCATTGTTGAAGATGAGCAGGTATTCGCTCGCTTCTGGATT
CATGGTTTTTCCTCATTGGGAGCGACAACGGTACTGGCGGCTGATGGGGTGGATGCCCTTGAGTTGCTGGGAG
GTTTCACTCCAGACCTGATGATATGTGATATCGCGATGCCACGAATGAACGGGCTTAACTGCTGGAGCATA
TACGTAACAGAGGCGACCAGACCCCAGTTCTGGTGATATCTGCCACTGAAAATATGGCAGATATTGCCAAAG
CGTTACGTCTGGGCGTTGAAGATGTTTTGCTGAAACCAGTTAAAGATCTGAATCGCTTGC GCGAGATGGTTTT
TGCCTGTCTCTATCCAGCATGTTTAATTCGCGCGTTGAGGAAGAGGAAAGGCTTTTTTCGCGACTGGGATGCA
ATGGTTGATAACCCTGCCGAGCGGCGAAATTATTACAGGAACTACAACCGCCGGTTCAGCAGGTGATTTCC
CATTGCCGGGTTAATTATCGTCAATTGGTTGCCGCGACAAACCCGGCCTGGTGCTTGATATTGCCGCACTTT
CGGAAAACGATCTGGCATTATTATTGCCTTGATGTCACCCGAGCTGGACATAATGGCGTACTTGCTGCCTTGTT
ATTACGCGCATTGTTAACGGATTATTACAGGAACAGCTTGACACCAAATCAACGGTTGCCAGAGTTGGG
CGCGTTATTGAAGCAGGTAAACCATTACTTCGTCAGGCCAATCTGCCGGGGCAGTTTCCGCTATTAGTTGGC
TATTATCATCGGAACTGAAAAATCTCATTCTGGTTTCTGCGGGTCTGAATGCGACGTTAAATACCGGCGAAC
ACCAGGTGCAAATCAGTAATGGTGTTCCGTTAGGCACTTAGGTAACGCTTATTGAATCAATTGAGCCAGCG
ATGCGATGCCTGGCAATGCCAAATATGGGGAACCGGTGGTTCGACTGCGCTTGATGTTGTCTGCAGAATGA
```

The results of PCR performed to confirm the presence of the *sprE* gene region in *Escherichia coli* WP2uvrA bacterial strain, our experimental microorganism, are shown in Figure 1.





**Figure 1.** Demonstration of the presence of the *sprE* gene region in the *Escherichia coli* WP2uvrA bacterial strain.

\* A: T2 primer, B: T7 primer.

### Determination of Methylation Status Change That may Ocur in Case of Carbon Starvation in Selected CpG Islets in the *sprE* (*rssB*) Gene Region by COBRA Method

#### Bisulfite-treated *sprE* (*rssB*) Gene Region TAHA2 Primer

Sequence information of the *sprE* (*rssB*) gene region after bisulfite application and CpG islands were given Figure 2.

**Table 3.** TAHA2 Primers

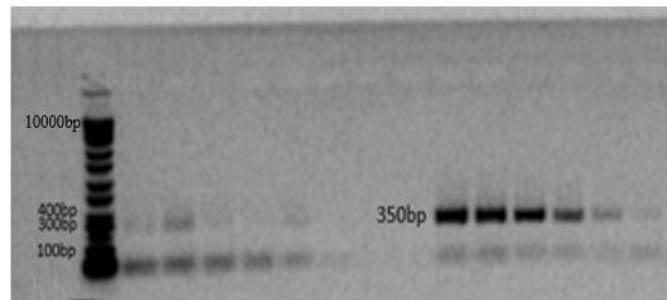
Primers	
Forward	GAGGYGATTAGATTTTAGTTTTGGTGATATTG
Reverse	TACRACAATATCAAACACCAAACC

ATGA **CG** TAGTTATTGGT **CG** GAAAATAGATTTTATTGTTGAAGATGAGTAGGTATTT **CG**  
 TT **CG** TTTTTGGATTTATGGTTTTTTTTATTGGGAG **CG** ATAA **CG** GTATTGG **CG** GTTGATG  
 GGGTGGATGTTTTGAGTTGTTGGGAGGTTTTATTTTAGATTTGATGATATGTGATAT **C**  
**GCG** ATGTTA **CG** AATGAA **CG** GGTTTAAATTGTTGGAGTATATA **CG** TAATAGAGG **CG** ATTA  
 GATTTTAGTTTTGGTGATATTTGTTATTGAAAATATGGTAGATATTGTTAAAG **CG** TTAC  
**G** TTTGGG **CG** TTGAAGATGTTTTGTTGAAATTAGTTAAAGATTTGAAT **CG** TTTG **CGCG** GAG  
 ATGGTTTTGTTTGTTTTTATTTTAGTATGTTAATT **CGCGCG** TTGAGGAAGAGGAAAG  
 GTTTTTT **CGCG** ATTGGGATGTAATGGTTGATAATTTTGT **CG** TAG **CGGCG** AAATTATTAT  
 AGGAATTATAAT **CGT** **CG** GTTTAGTAGGTGATTTTTTATTGT **CG** GGTTAATTAT **CG** TTAA  
 TTGGTTGT **CGCG** GATAAATT **CG** GTTTGGTGTTTGATATTGT **CG** TATTTT **CG** GAAAACGA  
 TTTGGTATTTTATTGTTTTGATGTTATT **CG** AGTTGGATATAATGG **CG** TATTTGTTGTTT  
 TGTTATTA **CGCG** TATTGTTTAA **CG** GATTATTATAGGAATAGTTTGTATATTTAAATTA  
**CG** GTTGTTAGAGTTGGG **CGCG** TTATTGAAGTAGGTAAATTTATTT **CG** TTAGGTAA  
 TTTGT **CG** GGGTAGTTTT **CG** TTATTAGTTGGTTATTATTAT **CGCG** AATTGAAAAATTTA  
 TTTTGGTTTTT **CG** GGTTTGAATG **CGA** **CG** TTAAATAT **CGGCG** AATATTAGGTGTAATTT  
 AGTAATGGTGTTT **CG** TTAGGTATTTTAGGTAA **CG** TTTATTTGAATTAATTGAGTTAG **CG**  
 ATG **CG** ATGTTTGGTAATGTTAAATATGGGGAAT **CG** GTGGT **CG** ATTG **CG** TTTGATGT

**Figure 2.** Sequence information of the *sprE* (*rssB*) gene region after bisulfite application and CpG islands.

#### Bisulfite Treatment and PCR Reaction

Specific products were obtained by PCR application with Taha-2 primer specially designed for bisulfite treatment after DNA isolation studies of *E. coli* samples developed on carbon restricted medium and Nutrient Broth (NB) media. The agarose gel (%1) image of these findings is shown in Figure 3.

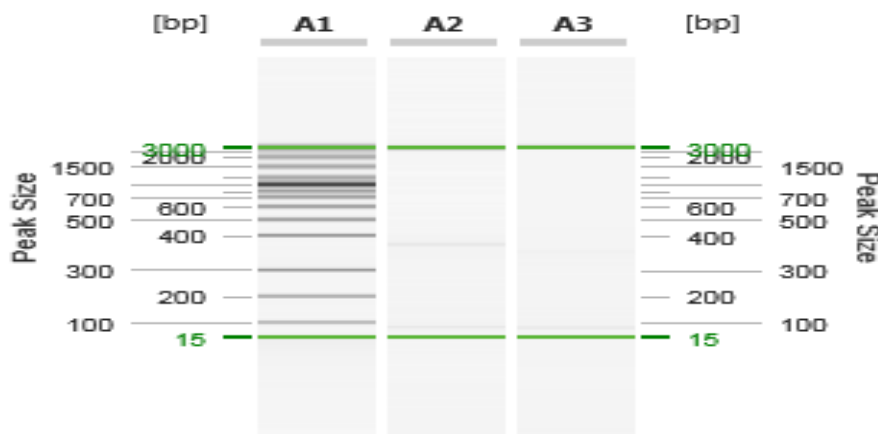


**Figure 4.** Results of PCR with Taha-2 Primer

## RESULTS AND DISCUSSION

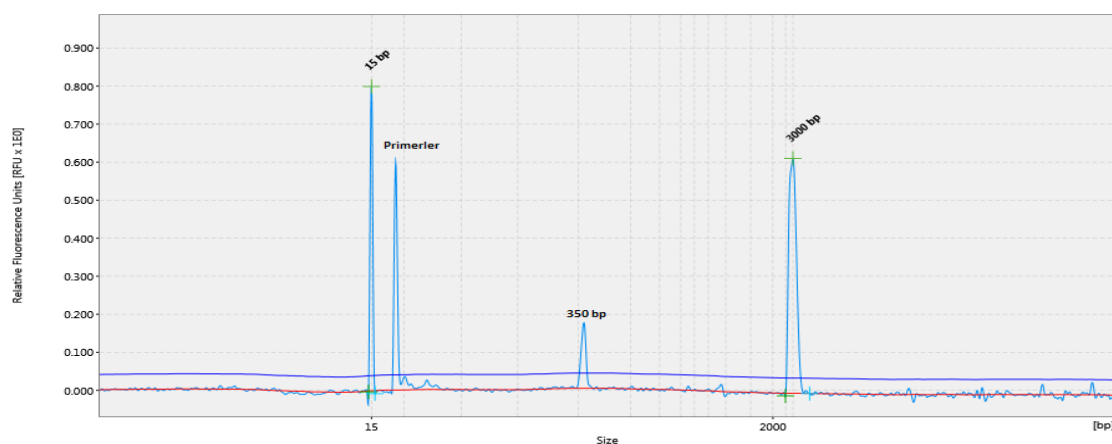
### *sprE* (*rssB*) PCR Products Restriction Application

Restriction application studies were performed with *HinfI* enzyme for *sprE* (*rssB*) PCR products. QIAxcel Advanced analysis results of this study are shown in Figure 5, Figure 5.1, Figure 5.2, Figure 5.3, Figure 5.4 and Figure 5.5.

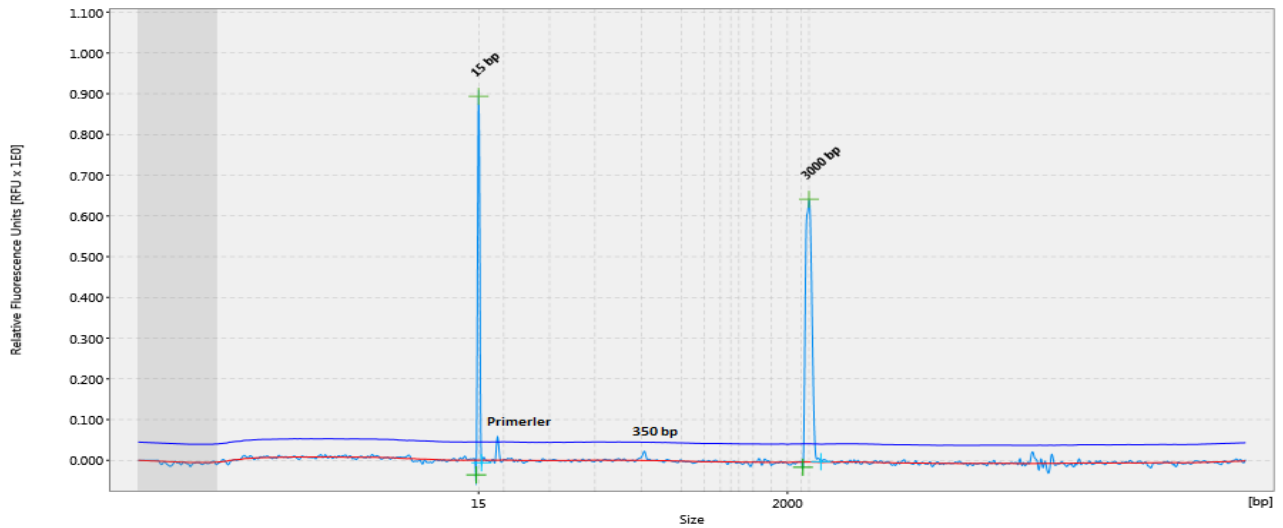


**Figure 5.** *sprE* gene region of organism developed on NB medium COBRA gel image analysis result

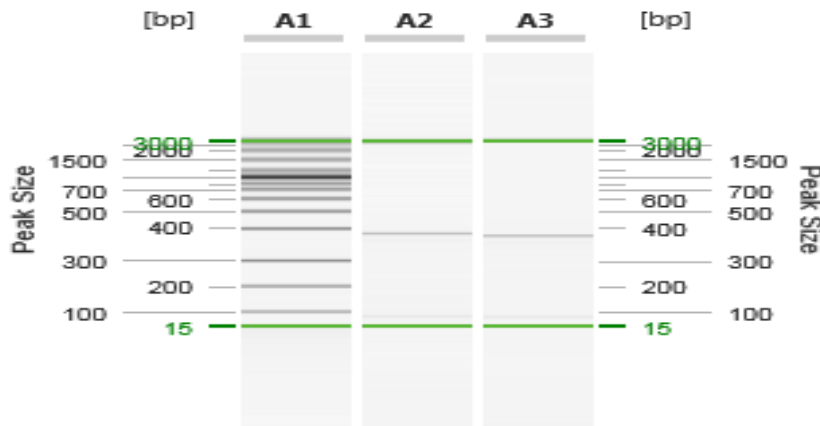
\* A1: Marker, A2: PCR product after bisulfite application, A3: The product after restriction application.



**Figure 5.1.** PCR product electrophoresis after bisulfite application for the *sprE* gene region of the organism developed on NB medium.

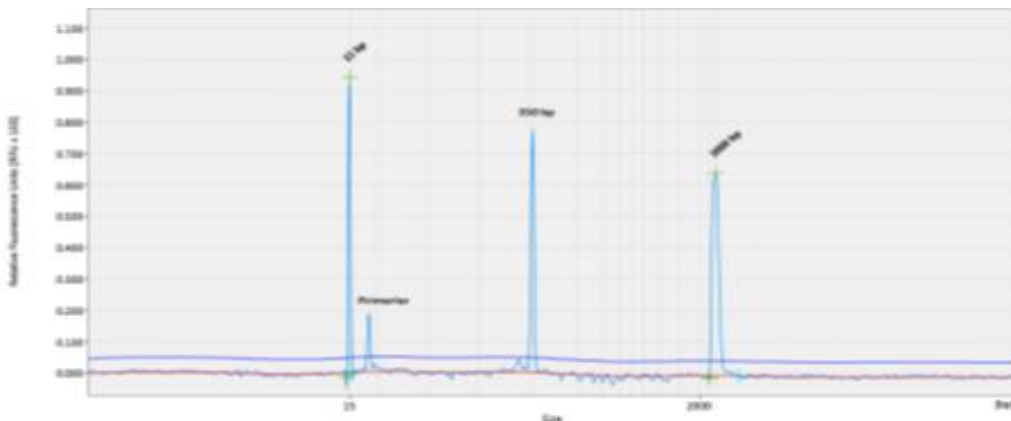


**Figure 5.2.** Electrophoresis of the product after restriction application for the *sprE* gene region of the organism developed on NB medium.

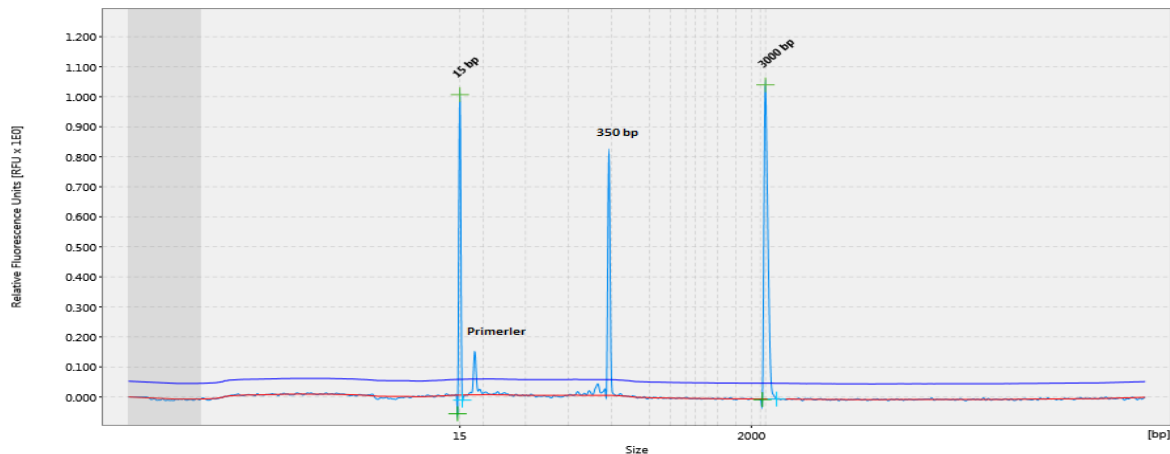


**Figure 5.3.** COBRA gel image analysis of the *sprE* gene region of the organism developed on carbon-restricted medium

\*A1: Marker, A2: PCR product after bisulfite application, A3: Product after restriction application



**Figure 5.4.** PCR product electropherogram after bisulfite application for the *sprE* gene region of the organism developed on carbon-restricted medium



**Figure 5.5.** Electrophoresis of the product after restriction application for the *sprE* gene region of the organism developed on carbon-restricted media

When the research findings are examined, this region is not methylated in both of the bacterial groups grown in the carbon-rich environment and in the poor environment, so that the DNA fragment is not cut due to the C → T transformation occurring in the recognition region of the enzyme as a result of the cutting application performed with the *HinfI* restriction enzyme and finally, it was concluded that the methyl profile of the CpG islet had no effect on the regulation of the gene in the case of carbon starvation due to the fact that the *sprE* (*rssB*) gene region of the *E.coli* WP2uvrA bacterial strain did not change due to development in the carbon-rich and poor environments.

## CONCLUSION

In this study, it was aimed to quantitatively investigate methylation motifs that may occur in regulation of *sprE* (*rssB*) gene region which is activated as a result of nutritional starvation in model prokaryotic microorganism *Escherichia coli* by COBRA method.

For this purpose, the restriction enzyme was examined in silico applications in *HinfI* restriction enzyme experiments depending on the formation of the COBRA analysis of the carbon-rich 16.CpG islets of the *sprE* (*rssB*) gene region of the *E.coli* WP2uvrA bacterial strain and the development of the methylation status.

In addition, the use of capillary gel electrophoresis technique for such sensitive applications appears to be the most efficient method of presenting the separation of both small and large molecules. Accordingly, a wide range of analytical diversity, high mass sensitivity, high efficiency separation, the ability to work with very low volumes, short analysis times, minimal use of consumables and basic device setup, such as the convenience of a number of features that highlight the use of capillary gel electrophoresis technique highlights (Karakaş ve Certel, 2006). When our findings are taken into consideration, it is clearly shown that the experimental results obtained after bisulfite applications which cause high product loss can be analyzed more precisely by using capillary electrophoresis systems.

As a result, the data obtained from our present study indicate that COBRA technique can be used effectively in prokaryotic systems in the investigation of DNA methylation profile changes due to epigenetic events, similar to the applications of many eukaryotic systems in the literature (Xiong and Laird, 1997; Goedecke et al., 2009). In this respect, our present study differs from other applications performed with eukaryotic systems and shows originality. However, it has been shown that the sensitivity of the technique can be increased by adapting the capillary electrophoresis system to the common COBRA method which is known with our present study.

**REFERENCES**

- Alaylar B, 2014. Determination of Epigenetic Changes Depending on Presence of Sucrose and Glucose in Related Gene Regions of *Saccharomyces cerevisiae*. Atatürk University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Master Thesis (Printed).
- Alaylar B, Gulluce M, Karadayı M, 2019. Development and Evaluation of Epigenetic Regulation of Sucrose Metabolism in *Saccharomyces cerevisiae* by Using COBRA Technique and Selected CpG Islands in *HXT10* and *SUC2* genes. Eastern Anatolian Journal of Science, 5, 50-55.
- Bozoğlu C, 2014. Purification of Laccase Enzyme of Thermophilic *Brevibacillus* sp. Isolated from Agri Diyadin Hot Spring and Determination of Potential Industrial Usage of the Enzyme. Atatürk University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Master Thesis (Printed).
- Carabetta, V.J., Mohanty, B.K., Kushner, S.R., Silhavy, T.J., 2009. The Response Regulator *sprE* (*rssB*) Modulates Polyadenylation and mRNA Stability in *Escherichia coli*. Journal of Bacteriology, 22, 6812 – 6821.
- Casadesús J, Low DA, 2013. Programmed Heterogeneity: Epigenetic Mechanisms in Bacteria. The Journal of Biological Chemistry, 288, 13929-13935.
- Choi SW, Friso S, 2010. Epigenetics: A New Bridge between Nutrition and Health. Advances in Nutrition-An International Review Journal, 1, 8-16.
- Choi SW, Corrocher R, Friso S, 2009. Nutrients and DNA Methylation. Nutrients and Epigenetics, Ed: Choi, S.W., Friso, S. CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, 105-125.
- Goedecke S, Schlosser S, Mühlisch J, Hempel G, Frühwald MC, Wunsch B, 2009. Determination of DNA methylation by COBRA: A comparative study of CGE with LIF detection and conventional gel electrophoresis. Electrophoresis, 30, 3063 – 3070.
- Gulluce M, Alaylar B, Koc TY, Karadayı M, 2014. Epigenetics: An Innovative Approach for Biotechnology and Food Science. International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics, 4 (3), 195-199.
- Handy DE, Castro R, Loscalzo J, 2011. Epigenetic Modifications Basic Mechanisms and Role in Cardiovascular Disease. Circulation Journal of American Heart Association, 123, 2145-2156.
- Jurkowski TP, Ravichandran M, Stepper P, 2015. Synthetic Epigenetics—Towards Intelligent Control of Epigenetic States and Cell Identity. Clinical Epigenetics, 7 (18), 1 – 11.
- Karadayı M, 2010. Determination of Mutagenic and Antimutagenic Properties of Some Active Compounds from *Origanum vulgare* L. ssp. *vulgare* Using Ames/Salmonella and *E. coli* Wp2 Test Systems. Atatürk University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Master Thesis (Printed).
- Karakaş B, Certel M, 2006. Kapiler Elektroforez Tekniği ve Gıda Analizlerinde Kullanım Olanakları - Tahıl Proteinlerinin Analizine Getirdiği Açılımlar. Türkiye 9. Gıda Kongresi, Bolu.
- Kosova B, Özel R, Aktan Ç, 2011. Has DNA Methylation any Impact in Prostate Cancer Diagnosis? Bulletin of Urooncology, 2, 33 - 40.
- Lillycrop KA, Burdge GC, 2015. Maternal Diet as a Modifier of Offspring Epigenetics. Journal of Developmental Origins of Health and Disease, 6 (2), 88 -95.
- Mortelmans K, Zeiger E, 2000. The Ames *Salmonella*/Microsome Mutagenicity Assay. Mutation Research, 455, 29 – 60.
- Szarc vel Szic K, Declerck K, Vidakovic M, Berghe WV, 2015. From Inflammaging to Healthy Aging by Dietary Lifestyle Choices: Is Epigenetics the Key to Personalized Nutrition? Clinical Epigenetics, 7 (33), 1 – 18.
- Takahashi K, 2013. Influence of Bacteria on Epigenetic Gene Control. Cellular and Molecular Life Sciences, 71, 1045- 1054.



- Tollefsbol TO, 2011. Epigenetics: The New Science of Genetics, Chapter 1. Handbook of Epigenetics-The New Molecular and Medical Genetics, Ed: Trygve Tollefsbol. University of Alabama at Birmingham, Birmingham, 1 - 6.
- Tollefsbol, TO, 2004. Methods of Epigenetic Analysis, Chapter 1. Epigenetics Protocols, Ed: Trygve Tollefsbol. Humana Press, New Jersey, 1 – 9.
- Warzak DA, Johnson SA, Ellersieck MR, Roberts RM, Zhang X, Ho Shuk-Mei, Rosenfeld CS, 2015. Effects of Post-Weaning Diet on Metabolic Parameters and DNA Methylation Status of the Cryptic Promoter in the Avy Allele of Viable Yellow Mice. Journal of Nutritional Biochemistry, 26, 667 - 674.
- Xiong Z, Laird PW, 1997. COBRA: A Sensitive and Quantitative DNA Methylation Assay. Nucleic Acids Research, 25 (12), 2532 – 2534.
- Yaykaşlı KO, Hatipoğlu ÖF, Kaya E, Yaykaşlı E, 2012. Epigenetics Mechanisms and Cancer. Düzce Medical Journal, 14 (3), 58 - 68.

**Acute Toxicity (LC<sub>50</sub>) Of Cyhalofop Butyl on *Gambusia Holbrooki***Utku GÜNER<sup>1\*</sup>

**ABSTRACT:** Cyhalofop butyl is a synthetic herbist. This herbicide is a systemic herbicide and is used in weed control especially on celtic agriculture. In this study, the acute toxicity (LC<sub>50</sub>) of this herbist (Chillinger 200 EC 200, Cyhalofop butyl) was investigated, which is currently used intensely in the fight against herbists in Thrace region, including Cyhalofop butyl. Acute toxicity (LC<sub>50</sub> value) for this herbicide has been investigated in the common mosquito fish (*Gambusia holbrooki*) in Thrace Region. Lethal Dose 50 experiments were performed in 3 replicates in static test runs (water temperature 27.70 ±0.56 °C, water pH 8.88± 0.37, and conductivity 718.25±21.113 µhos). The experiment results obtained for Chillinger 200 EC during the experiments were evaluated by Trimmed Spearman–Karber method. 96-hour LC<sub>50</sub> value for the mosquito fish *Gambusia holbrooki* was calculated as 4.140 ppm.

**Keywords:** Cyhalofop butyl, *Gambusia holbrooki*, Lethal Dose 50

**Cyhalofop butyl in' *Gambusia holbrooki* üzerindeki Akut toksisitesi (LC<sub>50</sub>)**

**ÖZET:** Cyhalofop-butyl sentetik herbist grubundadır. Bu herbisit sistemik bir herbisit olup özellikle celtik tarımında yabancı ot mücadelesinde kullanılmaktadır. Bu herbist sucul ekosistem için oldukça toksitir. Bu çalışmada Cyhalofop butyl içeren halen Trakya bölgesinde herbist mücadelesinde yoğun olarak kullanılan bu herbistin (Chillinger 200 EC , 200 Cyhalofop butyl) akut toksitesi (LC<sub>50</sub>) araştırılmıştır. Bu herbisit için akut toksite (LC<sub>50</sub> değeri) Trakya Bölgesinde yaygın sivrisinek balığında (*Gambusia holbrooki* ) araştırılmıştır. Lethal Doz 50 deneyleri 3 tekrarlı olarak statik deney koşullarında (su sıcaklığı 27.70 ±0.56 °C, pH 8.88± 0.37, iletkenlik 718.25±21.113 µhos) gerçekleştirilmiştir. Deneyler buyunca Chillinger 200 EC için elde edilen deney sonuçları Trimmed Spearman–Karber yöntemiyle değerlendirilmiştir. Sivrisinek balığı , *Gambusia holbrooki*, için 96-saat LC<sub>50</sub> değerleri 4.140 ppm olarak hesaplanmıştır.

**Anathar kelimeler:** Cyhalofop butyl, *Gambusia holbrooki*, Lethal Doz 50

<sup>1</sup> Utku GÜNER (Orcid ID: 0000-0003-4135-2486), Trakya üniversitesi, fen Fakültesi Biyoloji Bölümü, Edirne, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Utku Güner, e-mail: uguner@trakya.edu.tr

## INTRODUCTION

In today's modern agriculture the use of herbicides (pesticides) is inevitable. However, when using pesticides, both the protection of the product against diseases, pests and weeds and the negative effects on human and ecosystem should be evaluated together. Pesticides not only can control pests but also may have negative impact to the environment (Çebi, et al., 2017). Pesticides introduced into aquatic ecosystems can cause massive death or diseases of fish (Güner, 2012; Güner, 2016). Herbicides are one of the main groups of pesticides which are used in many parts of the western part of Turkey (Thrace region) to control wide variety of rice at application. Unfortunately, herbicides are spreading in the areas they are used and effected lakes, rivers and ponds creating hazardous effects to the aquatic fauna including fish. These toxic chemicals have been reported to create major effects (acute and chronic) especially on fish health (Atabey, 2016).

Cyhalofop butyl is a herbicide having outstanding selectivity between rice and *Echinochloa* sp. , even under conditions in which rice seedling roots are directly exposed to paddy water (Matsumoto, et al. 1993). Cyhalofop-butyl, CAS number 122008-85-9, is an herbicide widely used in weed control, especially in control of grasses in rice at application rates of 150 g ha<sup>-1</sup>, mainly against almost all *Echinochloa* sp. on western part of Turkey (Thrace Region). This herbicide is applied to pans that have been watered by spraying with herbicides with appropriate spraying tools and equipment after weeding against weeds that are especially problematic in paddy cultivation areas. Heavy use of agrochemicals, especially pesticides, has been identified as one of the main problems in rice culture in Thrace region (İnan, 2012).

The present test animal *Gambusia holbrooki* inhabits standing to slow-flowing water but are most common in vegetated ponds, lakes, and rice culture areas (Özuluğ, and Gaygusuz, 2013; Kurtul and Sarı, 2019).

Cyhalofop-butyl is one of most used herbicide widely employed in paddy fields in Thrace region, and can transfer into lakes and river environments via waterways. However, details of the environmental risk and aquatic toxicity of Cyhalofop-butyl (especially these herbicide commercial formulations) have not been fully investigated. Since it is a widespread organism and is used for biological control of mosquito (and to demonstrate acute toxicity of non-target organisms), this study was undertaken to evaluate acute effects of Cyhalofop-butyl on *G. holbrooki* under static test conditions.

## MATERIALS AND METHODS

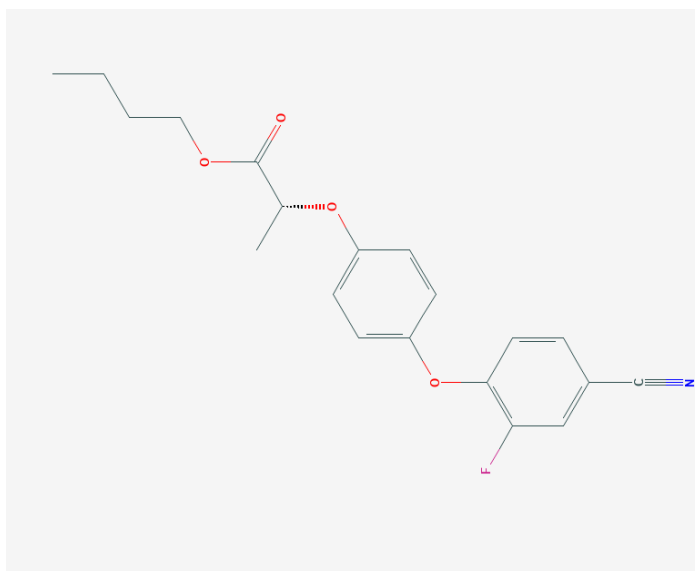
This test organism, *G. holbrooki* which has a wide distribution in Thrace region inhabits standing to slow-flowing small water; most common in vegetated ponds and lakes, backwaters and quiet pools of streams and paddy field.

In this study, about 100 adult *G. holbrooki* specimens were collected from Güllapoğlu Lake, Edirne. They were transported in well-aerated large containers (20 l) into the laboratory, and then kept here for 7 days for acclimatization before the start of the experiments. The fish used were adults of both females and males between 22 and 37 mm total length (about <1 g). They were transferred to glass aquarium (stock aquarium dimensions 10x40x50 cm, 20 l) in the aquarium room and maintained at 26 °C and 16:8 light: dark regime (Güner, 2009).

The experiments were conducted in 2 l disposable plastic tanks, each containing 2 l test solutions with different concentrations of the test substances (Cyhalofop-butyl commercial formulation: Chillinger 200 EC) or negative control, and 5 organisms were tested in one plastic tank. The experimental fishes were divided into five groups. The first group was kept in fresh untreated water and used as a control while the other four groups were exposed to the selected dose concentrations. The

fishes were exposed to 1, 2.5, 5, 10 ppm of Cyhalofop-butyl for 5 days (96 hours) for LC<sub>50</sub> test. All experiments were performed with three replicates. Tap water was aerated for dechlorinating pretreatment by air pump for over 24 h. The exposure lasted for 96 hour, and symptoms and mortality were recorded at 24, 48, and 96 hours post treatment.

The following herbicide was used in this study: Cyhalofop-butyl; molecular formula C<sub>20</sub>H<sub>20</sub>FNO<sub>4</sub> (CAS no: 122008-85-9), emulsion concentration is 50 mgL<sup>-1</sup> (fig 1). Commercial grade Cyhalofop-butyl (Chillinger 200 ec, proved by Agrobrest Grup, Turkey) was used in this study.



**Figure 1.** Cyhalofop-butyl (Chillinger 200 EC) 50 gL<sup>-1</sup> : butyl (2R)-2-[4-(4-cyano-2-fluorophenoxy) phenoxy] propanoate.

Statistical analysis was performed using LC<sub>50</sub> Trimmed Spearman–Kärber Program (1.5 version). The median lethal concentrations, LC<sub>50</sub> (96 hour) and 95% confidence interval were calculated statistically by the Trimmed Spearman–Kärber method (Hamilton, Russo, & Thurston, 1977).

## RESULT AND DISCUSSION

During the experiments, the physicochemical parameters of water were quite constant; dissolved oxygen level 12.17±1.29 mgL<sup>-1</sup>, water temperature 27.70 ±0.56 °C, water pH 8.88± 0.37, and water conductivity 718.25±21.113 μhos. LC<sub>50</sub> experiments were performed with three replicates (Table 2). No deaths were observed in the control group during the experiments (all three replicates). At the end of 96 hours, lethal concentration 50 was calculated with a special computer program (Hamilton et al., 1977) (Table 1).

**Table 1.** Water physicochemical parameters.

Parameter	Time				Mean	SD	Max	Min
	0 h	24 h	48 h	72 h				
pH	8.51	8.5	9.25	9.24	8.88	0.37	9.25	8.5
Conductive (μhos)	704	717	753	699	718.25	21.11	753	704
Temparatute(°C)	27.5	28	26.9	28.4	27.70	0.56	28.4	26.9

The median lethal concentration, LC<sub>50</sub> (for 96 hour) and 95% confidence interval were calculated as in Table 2.

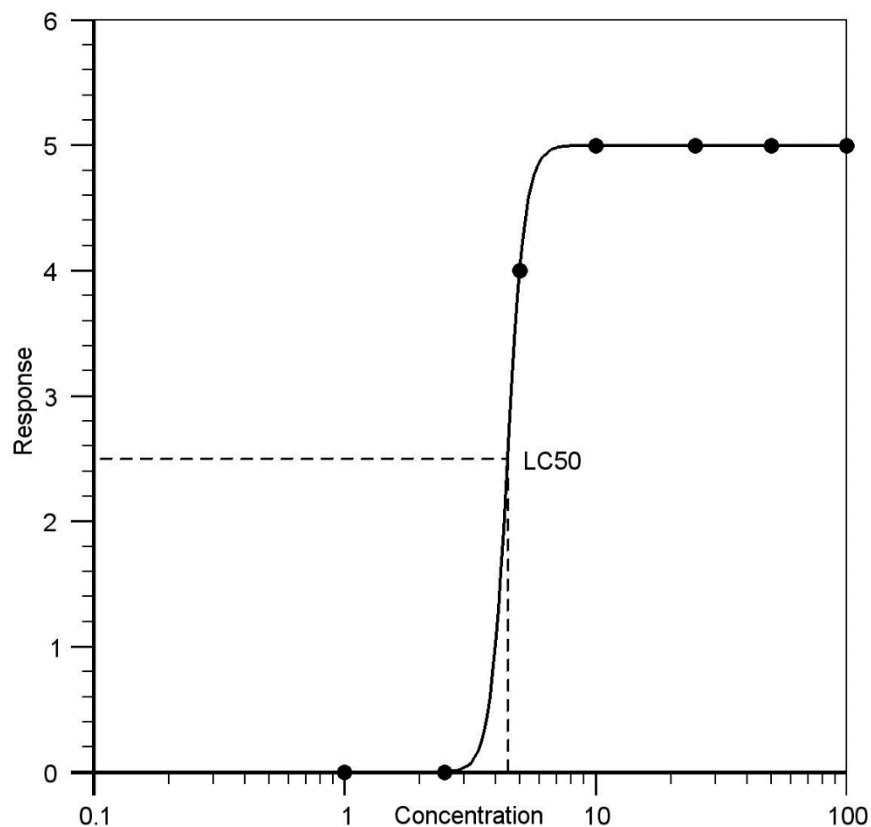
**Table 2.** Results of the LC<sub>50</sub> tests (R1, R2 and R3 are the replicates)

Concentrations	Number Exposed	Mortalities				Mortalite
		R 1	R 2	R 3	Mean	
0.0 ppm	5	0	0	0	0	%0
1.0 ppm	5	0	0	0	0	%0
2.5 ppm	5	0	0	0	0	%0
5.0 ppm	5	4	3	4	4	%80
10 ppm	5	5	5	5	5	%100

At the end of the tests (96 hours, three repetitions), calculated lethal dose 50 values and dose-response graph of Cyhalofop butyl are shown in Table 3 and Figure 2.

**Table 3.** Calculated 96-hour LC<sub>50</sub> values.

LC <sub>50</sub> value Trim	%40.00
Estimates LC <sub>50</sub> value	4.14 ± 1.731 ppm
% 95 lower confidence	4.751 ± 0.250 ppm
% 95 upper confidence	0.113 ± 0.605 ppm

**Figure 2.** Dose-response graph of Cyhalofop butyl herbicide.

This research evaluated the cytolofop -butyl acute toxic effect 96 hours LC<sub>50</sub> value. Low LC<sub>50</sub> value indicates that the active substance has high acute toxicity. The LC<sub>50</sub> concentrations of cyhalofop-butyl in 24 h, 48 h, and 96 h were 63.15, 51.91, and 34.41 ppm, respectively on *Daphnia carinata*. *Daphnia magna*, 21-day NOEC (the no observed effect concentration) value was 0.13 ppm (Li and Yuan,



2017). Another study showed that Daphnids (*Daphnia magna*; 48h EC<sub>50</sub> 63.62 ppm, measured), green algae (*Selenastrum capricornutum*; 72h EC<sub>50</sub>=9.71 ppm, measured), blue-green algae (*Anabaena flos-aquae*; 72h EC<sub>50</sub>>8.44 ppm, measured ester & acid), duckweed (*Lemna minor*; 14d EC<sub>50</sub> >5.3 ppm, measured ester & acid), and diatoms (*Navicula pelliculosa*; 120h EC<sub>50</sub>=1.33 ppm).

Cyhalofop-butyl was toxic for fish and some aquatic animals. (LC<sub>50</sub> values from 1.0 to 10.0 ppm in the most sensitive species). 96 hours LC<sub>50</sub> value of Cyhalofop-butyl was 11.0 ppm for *Oncorhynchus mykiss* (Rainbow trout), on semi-static test (Authority, 2015). Acute toxicity of cyhalofop-butyl varies by the organism type. Acute toxicity of Cyhalofop-butyl has been tested on a range of aquatic animals including the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*; 96h, LC<sub>50</sub> =1.65 ppm, nominal), the bluegill sunfish (*Lepomis macrochirus*, 96h, LC<sub>50</sub>=0.637 ppm, measured). Cyhalofop-butyl has toxicity to some aquatic organisms, with a 96-h LC<sub>50</sub> value of 0.79 ppm to *Lepomis macrochirus*, and a 48-h LC<sub>50</sub> value of up to 2.7 ppm to *Oncorhynchus mykiss* (Zhu et al., 2015). 96-h LC<sub>50</sub> value of cyhalofop-butyl to clover duckweed was 5.04 ppm. Another work tested the acute toxicity of Cyhalofop-butyl to *Rana limnocharis* tadpoles and found that with 24 h and 48-h LC<sub>50</sub> values of 0.718 and 0.677 ppm, respectively (Wu et al., 2011).

Cyhalofop-butyl causes acute toxic effects not only in adults but also in fish embryos. The 96 h-LC<sub>50</sub> value of Cyhalofop-butyl to *Danio rerio* embryos was 0.57 ppm. Exposure to Cyhalofop-butyl also caused developmental abnormalities, such as abnormal spontaneous movement hatching inhibition, depressed heart rates, and growth regression (Zhu et al., 2015). The mortality rate of embryos of the Yellow River carp (*Cyprinus carpio* var.) was increased on exposure to Cyhalofop-butyl and was significantly higher in the 1.6 and 2.0 ppm treatment groups over 48 h. All of the embryos of the 2 mgL<sup>-1</sup> treatment group died within the 48 h post-hatching stage (Xia et al., 2018).

The toxic mechanism of Cyhalofop butyl may be similar to that of organophosphorus pesticides with their neurotoxic effects (Rajyalakshmi et al., 1996). The toxicity of organophosphates takes place in the inactivations of acetylcholinesterase (AChE), where they combine with the enzyme that forms an irreversible enzyme inhibitor complex. Another important toxic mechanism of action may be that pesticides affect the resynthesize of Acetylcholinesterase (Colovic, et al., 2013)

Acute toxicity data are very important in the evaluation of toxic substances. In particular, herbicides should be investigated for their acute toxicity of commercial formulations in natural fish populations. Further studies with direct toxicity testing methods on fish will be very useful in assessing the possible ecological risks of these pesticides due to changing physicochemical parameters and chemical properties of pesticides.

In conclusion, the present study evaluated lethal dose for 96 hours effects of one of most used synthetic herbisit on mosquitofish. This herbicide is often used in mosquito fish habitats. The calculated value of the 96-hour LC<sub>50</sub> of Cyhalofop-butyl was 4.140 ppm (Table 3). It should be taken into consideration that mosquito fish, which are biological control agents, will be affected by this herbicide toxicity.

## REFERENCES

- Atabey T, 2016. Edirne yöresinde üretilen piriçlerde pestisit tayini. (Master Tezi), Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Authority EFS, 2015. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance cyhalofop (variant evaluated cyhalofop-butyl). EFSA Journal, 13(1), 3943.
- Çebi ÜK, Özcan C, Gürbüz MA, Selçuk Ö, 2017. Trakya Bölgesi'nde Ayçiçeği Tarımında Kullanılan İmazamox Herbisit'inin Toprak Ortamında Kalıntı Düzeylerinin İzlenmesi ve Değerlendirilmesi. SOIL WATER J, 6(2): 32-39.

- Colovic MB, Krstic DZ, Lazarevic-Pasti TD, Bondzic AM, Vasic VM, 2013. Acetylcholinesterase inhibitors: pharmacology and toxicology. *Curr. Neuropharmacol.*, 11(3): 315-335.
- Güner U, 2009. Determination of lambda cyhalotrin (Tekvando 5EC) 96 hour lethal concentration 50 at *Gambusia affinis* (Baird & Girard, 1853). *J Fishsci.com.*, 3(3): 214.
- Güner U, 2012. Determination of 24-and 48-hour LC50 values of diazinon in *Gambusia affinis* (baird & girard, 1853). *Arhiv Za Higijenu Rada i Toksikologiju*, 63: 32.
- Güner U, 2016. Behavioral differentiation induced by insecticide lambda-cyhalothrin in mosquito fish, *Gambusia affinis*. *LimnoFish.* , 2(1): 11-17.
- Hamilton MA, Russo RC, Thurston RV, 1977. Trimmed Spearman-Kärber method for estimating median lethal concentrations in toxicity bioassays, *Environ Sci Technol*, 11(7): 714-719.
- İnan İH, 2012. Trakya Bölgesinde Tarım ve Hayvancılığın Durumu, Discussion Paper, No. 2012/16, Turkish Economic Association, Ankara.
- Kurtul I, Sarı, MH, 2019. *Gambusia holbrooki* (Sivrisinek balığı)'nin Türkiye'deki Dağılımına Katkıları. *LimnoFish*, 5(3): 170-180.
- Li J, Yuan L, 2017. Acute toxicity study of glyphosate and cyhalofop-butyl to *Daphnia carinata*. *Acta. Phys. Sin* (9): 16.
- Matsumoto T, Matsuya K, Katahashi H, Kondo N, Imai Y, 1993. Cyhalofop butyl: grass herbicide-field performance in rice in Japan. Paper presented at the Proceedings I of the 10th Australian Weeds Conference and 14th Asian Pacific Weed Science Society Conference, Brisbane, Australia, 6-10 September,
- Özuluğ M, Saç G, Gaygusuz Ö, 2013. İstilacı özellikteki *Gambusia holbrooki*, *Carassius gibelio* ve *Pseudorasbora parva* (Teleostei) türleri İçin Türkiye'den yeni yayılım alanları. *Ist. Uni. J. Fish. & Aqu. Sci.*, 28: 1-22.
- Rajyalakshmi T, Srinivas T, Swamy K, Prasad NS, Mohan PM, 1996. Action of the herbicide butachlor on cholinesterases in the freshwater snail *Pila globosa* (Swainson). *Drug Chem Toxicol.*, 19(4): 325-331.
- Wu C, Zhao X, Wu S, Cheng L, Wang Y, Chang T, Ping L, 2011. Toxicity and risk of herbicide cyhalofop-butyl on *Rana limnocharis*. *Acta Agri. Zhejiangensis*, 23(4): 771-775.
- Xia X, Wang P, Wan R, Huo W, Chang Z, 2018. Toxic effects of cyhalofop-butyl on embryos of the Yellow River carp (*Cyprinus carpio* var.): alters embryos hatching, development failure, mortality of embryos, and apoptosis. *Environ. Sci. Pollut.*, 25(24): 24305-24315.
- Zhu L, Mu X, Wang K, Chai T, Yang Y, Qiu L, Wang C, 2015. Cyhalofop-butyl has the potential to induce developmental toxicity, oxidative stress and apoptosis in early life stage of zebrafish (*Danio rerio*). *Environ. Pollut.*, 203: 40-49.

**New Locality Record of the Red-Bellied Lizard, *Darevskia parvula* (Lantz & Cyrén, 1913) s.l.,  
from eastern Anatolia, Turkey**

Kamil CANDAN<sup>1,\*</sup>, Serkan GÜL<sup>2</sup>, Yusuf KUMLUTAŞ<sup>1,3</sup>, Elif YILDIRIM CAYNAK<sup>1,3</sup>, Çetin  
ILGAZ<sup>1,3</sup>

**ABSTRACT:** *Darevskia parvula* is a rock lizard that is endemic for Anatolia. The known distribution range of the species is limited on eastern and northeastern Anatolia. Although many morphological studies have been carried out on the species, there are also molecular studies to construct its taxonomy in recent years. Four adult lizard specimens were collected from eastern Anatolia in 2016 during a herpetological field survey. We present a summary of a morphological features, and report new locality which is the westernmost record (Çayırlı Village, Erzincan) for *D. parvula sensu lato* in Turkey. Our finding largely extends the known distribution of the species.

**Key Words:** *Darevskia parvula*, biodiversity, morphology, distribution, turkey

<sup>1</sup> Kamil CANDAN (Orcid ID: 0000-0002-6934-3971), Yusuf KUMLUTAŞ (Orcid ID: 0000-0003-1154-6757), Elif YILDIRIM CAYNAK (Orcid ID: 0000-0001-9614-5754), Çetin ILGAZ (Orcid ID: 0000-0001-7862-9106), Dokuz Eylül University, Faculty of Science, Department of Biology, Buca-İzmir, Turkey.

<sup>2</sup> Serkan GÜL (Orcid ID: 0000-0002-0372-7462), Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of Science and Arts, Department of Biology, Rize, Turkey.

<sup>3</sup> Yusuf KUMLUTAŞ (Orcid ID: 0000-0003-1154-6757), Elif YILDIRIM CAYNAK (Orcid ID: 0000-0001-9614-5754), Çetin ILGAZ (Orcid ID: 0000-0001-7862-9106), Dokuz Eylül University, Research and Application Center for Fauna Flora, Buca-İzmir, Turkey.

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Kamil CANDAN, e-mail: kamil.candan@deu.edu.tr

## INTRODUCTION

*Darevskia parvula* (Lantz & Cyren, 1913), the Red-Bellied Lizard, is a medium sized lizard species including into the genus *Darevskia* (Arribas, 1997). It was described as *Lacerta saxicola parvula nov. var.* (Lantz & Cyrén 1913). Based on the morphological characters, Darevsky and Eiselt (1980) described a new subspecies as *D. parvula adjarica*. After description of this taxon, some studies including distribution, morphology, taxonomy, ecology and phylogeny of the species were performed (Franzen, 2000; Kutrup, 2001; Baran et al., 2004; Ilgaz, 2009; Bülbül et al., 2016; Arribas et al., 2018; Yıldırım et al., 2019; Kurnaz et al., 2019). It was stated that *D. adjarica* is a differentiated from *D. parvula* as a distinct species based on the study covering information on morphology, osteology and the genetic markers (Arribas et al., 2018). A recent study was published on phylogeography, the red-bellied lizards group have three species groups; *D. parvula*, *D. adjarica* and unnamed *Darevskia sp.* (candidate species for genus *Darevskia*) (Kurnaz et al., 2019).

In this study, the meristic pholidolial and metric characters of the *D. parvula sensu lato* specimens collected from the new locality were given in detail.

## MATERIALS AND METHODS

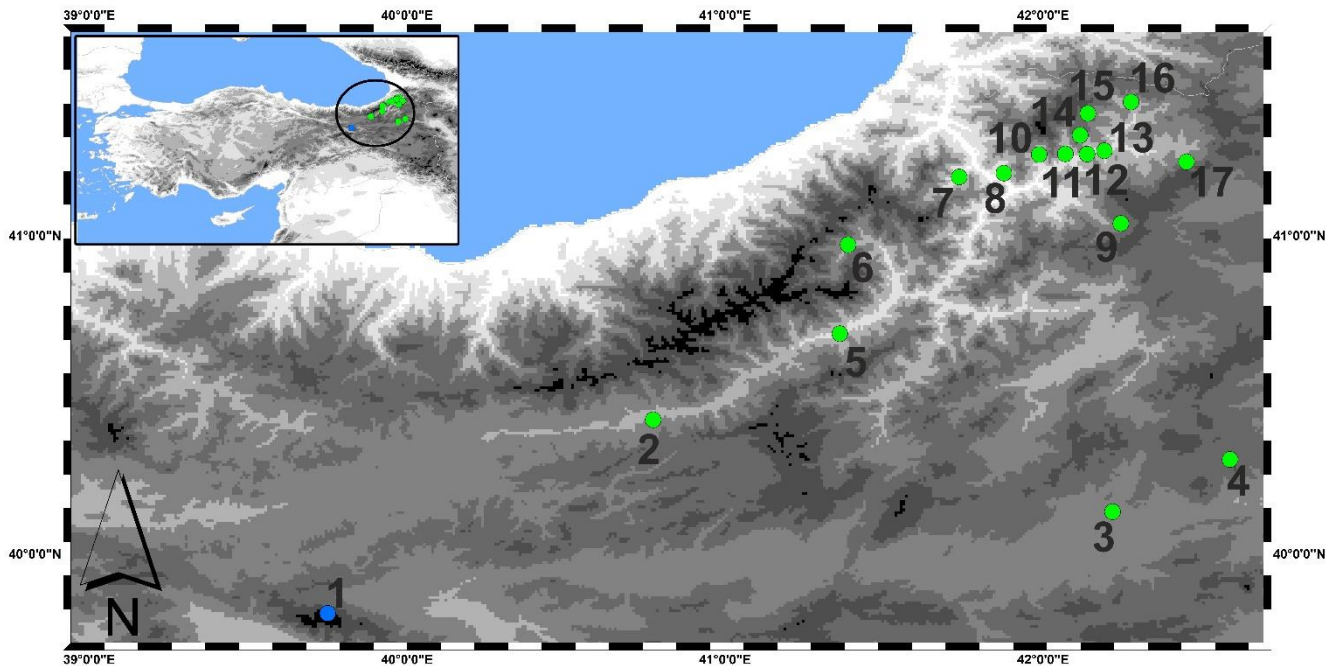
**Materials:** ZDEU. 97/2016, 2 ♂♂ 2 ♀♀, Yedigöller Plateau, Çayırılı Village, Erzincan, eastern Anatolia, Turkey, 17.08.2016, K. Candan and S. Gül.

Four adult lizard specimens were collected from eastern Anatolia in 2016 during a herpetological field survey. The exact locality of the collected specimens was determined using a Garmin eTrex® 30 Handheld GPS and was shown in Figure 1. The specimens were euthanized using tricaine methanesulfonate (MS222) and stored in 95% ethanol in the Zoology Lab of the Department of Biology at Science Faculty, Dokuz Eylül University. The metric measurements were taken using a digital caliper with sensitivity of 0.01 mm, and pholidosis characters were counted under a stereo microscope. All mensural and meristic data were recorded according to Ilgaz (2009) and Arribas et al. (2018) (Tables 1-2).

The following metric dimensions were taken: Snout-vent length (SVL): Tip of snout to anal cleft. Tail length (TL): Anal cleft to tip of tail. Pileus width (PW): At widest point between parietal plates. Pileus length (PL): Tip of snout to posterior margins of parietals. Head width (HW): At widest point of head. Head length (HL): Tip of snout to posterior margin of ear opening. Total Length (TOL): Tip of snout to tip of tail. Furthermore, morphometric indexes were calculated: Pileus index (PI) [(PW / PL) X 100], head index (HI) [(HW / HL) X 100].

Meristic pholidolial characters considered here consisted of the following counts: Supraciliar granules (right-left) (SCGR-SCGL), supraciliar plates (right -left) (SCPR-SCPL), supralabial plates (right-left) (SLPR-SLPL), sublabial plates (right-left) (SULBR- SULBL), transverse series of gular scales between inframaxillary symphysis and collar (MG), Collare (CO), supratemporal plates (right -left) (STMR -STML), temporal scales 1 (transverse rows of temporal scales between masseteric and tympanic) (right-left) (TS1a-TS1b), temporal scales 2 (longitudinal rows of temporal scales between tympanic and parietal) (right-left) (TS2a-TS2b), temporal scales 3 (longitudinal rows of temporal scales between supratemporal and masseteric) (right-left) (TS3a-TS3b), posttemporal plates (right -left) (PTR-PTL), ventral plates (transverse and longitudinal) (TVP and LVP), preanals 1 (number of preanals located anterior of anals) (PA1), preanals 2 (number of preanals surrounding anals) (PA2), femoral pores (right-left) (FPR-FPL), longitudinal rows of scales on ventral surface of thigh between the femoral pores and the outer row of enlarged scales (right-left) (SFOR-SFOL), subdigital lamellae in the 4th toe (right-left) (SDLR- SDLL), tibial scales (scales lying on dorsal surface of ankle between the large scales (TIB)

and transversal series of dorsal scales at the midtrunk (DL). In addition, the status of the following characters was evaluated: Contact between rostral and internasal (CRI), Contact between postorbital and parietal (CPP), Type of submaxillary (SMX).



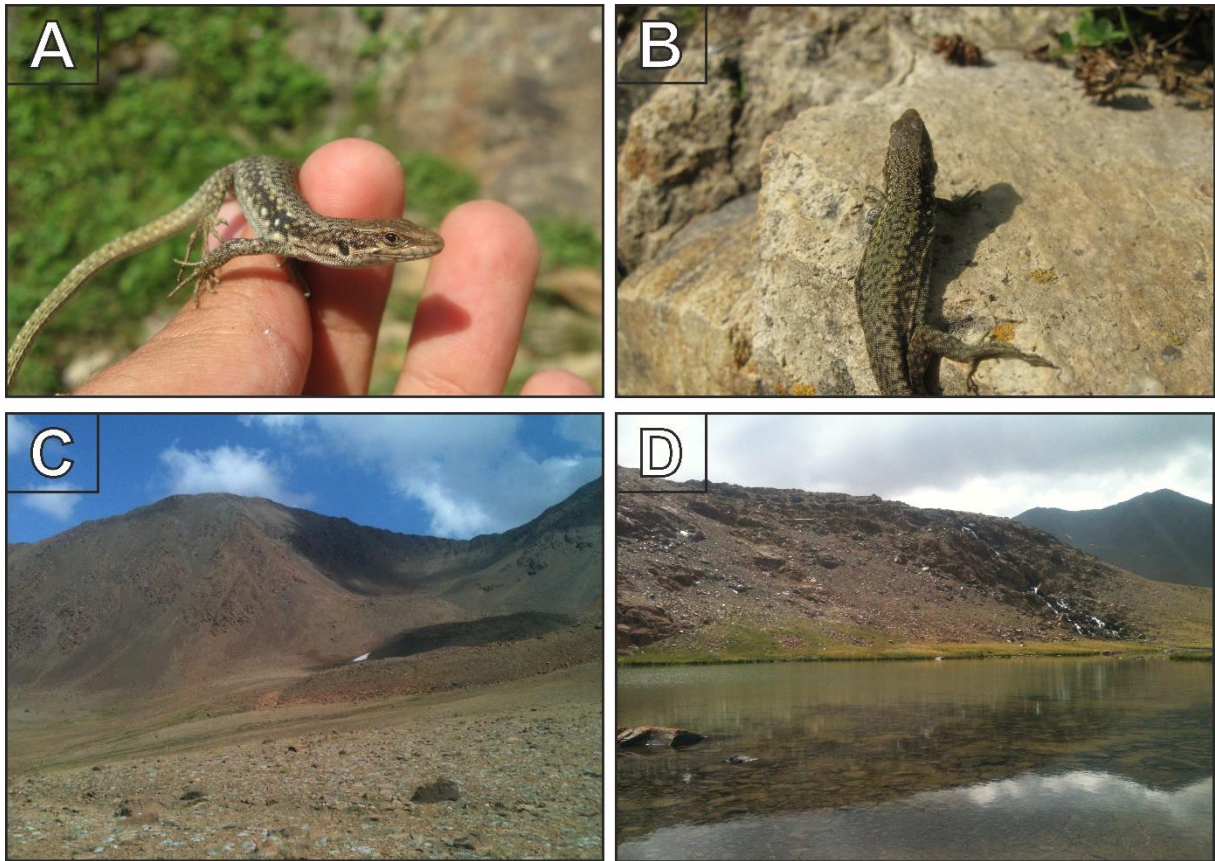
**Figure 1.** The distribution of *D. parvula s.l.* in Turkey based on literature (Arribas et al., 2018; Kurnaz et al., 2019). Blue circle represents the new one, while green circles are known localities. 1- Yedigöller, Çayırılı, 2- Pazaryolu, 3- Horasan, 4- Sarıkamış, 5- 30 km SW of Yusufeli, 6- Barhal Valley, 7- Hatila Valley, 8- Salkımlı, 9- Geçitli, 10- Ortaköy, 11- Pırnallı, 12- Soğuksu, 13- 15 km W of Şavşat, 14- Yanıklı, 15- Maden, 16- Erikli, 17- Sahara National Park.

## RESULTS AND DISCUSSION

The maximum TOL was 143.88 mm for females. The maximum SVL was 53.55 mm for males (Table 1). The rostral usually was separated from the internasal (75%). The postorbital was usually in contact to parietal at least one side (75%). SCG was generally complete (85%). SLP were usually 4-4 (50%) or rarely 5-5 (25%) or 4-5 (25%). SULB were usually 6-6 (75%) or rarely 7-7 (25%). A large and visible masseteric plate was in the temporal area in all specimens. The large supratemporal plate ended sharply like a nail in all specimens. Submaxillar plates were always 6; first 3 pairs in complete contact, last 3 pairs completely separated. Sulcus gularis was visible. Collar was more or less smooth. There is only one PA1 were usually present (75%). The dorsal scales were small and smooth. The configuration of the 6<sup>th</sup> submaxillary plate: 50% of type D, 25% of type A and 25% of type B. The 6<sup>th</sup> submaxillary plate was usually (50%) swollen and triangular (see Ilgaz, 2009). Descriptive statistics of meristic pholidolial characteristics of our specimens are given in Table 2.

The ground color of both the dorsum and the head is greenish brown with various-sized black spots (Figure 2A-2B). These spots are lighter and fewer on the head than the dorsum. Similar dark spotting which is from posterior side of the eye to tail is present on both side of the body with whitish ocelli. The ground color of the fore and hind limbs is yellowish brown with small black points. Supraciliar stripes consisting of intermittent white dots are not very evident. The lower side of the head, the body, and the tail are whitish.





**Figure 2.** General view of a male/female *Darevskia parvula s.l.* (A-B) and its habitat (C-D).

**Table 1.** Descriptive statistics of metric dimensions obtained from *Darevskia parvula s.l.* specimens. For abbreviations see text (N: Number of specimens).

Characters	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Error of Mean	Std. Deviation
PW	4	5.18	5.72	5.45	0.14	0.28
PL	4	10.53	12.64	11.27	0.47	0.94
HW	4	6.24	7.26	6.60	0.23	0.46
HL	4	10.91	13.09	11.6	0.50	0.99
SVL	4	46.76	53.55	49.12	1.54	3.08
TL	3	76.80	95.04	86.39	5.29	9.16
TOL	3	123.56	143.88	134.03	5.87	10.17
PI	4	45.25	51.31	48.48	1.32	2.64
HI	4	55.46	57.54	56.64	0.46	0.93

Yedigöller that has unique natural beauties is the highest parts of Keşiş Mountains (3000-3549 m) within the boundaries of Çayırılı district in Erzincan, eastern Anatolia (Korkmaz et al., 2013). The average temperature in the area is about 6.8 °C, the average in winter is about -3.7 °C and the average in summer is 23.9 °C. Average precipitation is 535 mm (Kandemir and Türkmen, 2008). The specimens were found in the late afternoon around 16.00 being active in a grassy open field on that Plateau (Figure 2C-2D). We also observed another sympatric herptile species, *Darevskia valentini* (Boettger, 1892), living in syntopy in the same habitat and *Rana macrocnemis* (Boulenger, 1885) which lives in ponds around that area.

*Darevskia parvula* which has been in a polytypic taxon until recently, first was evaluated a monotypic one (Arribas et al., 2018) and finally a candidate species belonging to the group was determined (Kurnaz et al., 2019). Morphological characters including meristic pholidolial features and metric dimensions of our specimens in Çayırılı Village, Erzincan were found similar to specimens of *D.*

*parvula s.l.* mentioned in the previous studies (Darevsky, 1967; Darevsky and Eiselt, 1980; Ilgaz, 2009; Arribas et al., 2018).

**Table 2.** Descriptive statistics of meristic pholidolial characteristics obtained from *Darevskia parvula s.l.* specimens. For abbreviations see text (N: Number of specimens).

Characters	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Error of Mean	Std. Deviation
SCGR	4	7	13	10.50	1.32	2.65
SCGL	4	7	11	10.00	1.00	2.00
SCPR	4	6	7	6.25	0.25	0.50
SCPL	4	6	7	6.25	0.25	0.50
SLPR	4	4	5	4.25	0.25	0.50
SLPL	4	4	5	4.50	0.29	0.58
SULBR	4	6	7	6.25	0.25	0.50
SULBL	4	6	7	6.25	0.25	0.50
MG	4	22	26	24.50	0.96	1.92
CO	4	8	10	9.00	0.58	1.16
STMR	4	1	1	1.00	0.00	0.00
STML	4	1	1	1.00	0.00	0.00
TS2a	4	2	2	2.00	0.00	0.00
TS2b	4	2	2	2.00	0.00	0.00
TS1a	4	3	4	3.50	0.29	0.58
TS1b	4	2	4	3.00	0.41	0.82
TS3a	4	2	3	2.50	0.29	0.58
TS3b	4	2	3	2.50	0.29	0.58
PTR	4	4	5	4.50	0.29	0.58
PTL	4	3	4	3.75	0.25	0.50
TVP	4	25	26	25.50	0.29	0.58
LVP	4	6	6	6.00	0.00	0.00
PA1	4	1	2	1.25	0.25	0.50
PA2	4	7	8	7.75	0.25	0.50
FPR	4	16	21	18.75	1.11	2.22
FPL	4	16	21	18.75	1.11	2.22
SFOR	4	4	4	4.00	0.00	0.00
SFOL	4	4	4	4.00	0.00	0.00
SDLR	4	24	26	25.25	0.48	0.96
SDLL	4	23	26	24.50	0.65	1.29
TIB	4	14	15	14.75	0.25	0.50
DL	4	50	55	52.75	1.03	2.06

## CONCLUSION

The new locality record presented in this study extends the known range of the *D. parvula s.l.* about 110 km to the northwest as measured from the Pazaryolu (Erzurum). Further land survey around the new locality sides from other direction may reveal the new localities in the region for *D. parvula s.l.* Additionally, this new locality may be shown difference in phylogeographic pattern of *D. parvula* complex. Therefore, next studies need to reconstruct phylogeny of the complex in detail.

## REFERENCES

- Arribas OJ, Ilgaz Ç, Kumlutaş Y, 2018. Reevaluation of the intraspecific variability in *Darevskia parvula* (Lantz & Cyren, 1913): an integrated approach using morphology, osteology and genetics (Squamata: Lacertidae). *Zootaxa*, 4472 (1): 071-099.

- Arribas OJ, 1997. Morfología, filogenia y biogeografía de las lagartijas de alta montaña de los Pirineos. Ph.D. Thesis. Universidad Autónoma de Barcelona. 353 pp. (8 pp in paper and 353 pp in microfiche). Publications Universitat Autònoma Barcelona.
- Baran İ, Kumlutaş Y, Tok CV, Ilgaz Ç, Kaska Y, Olgun K, Türkozan O, İret F, 2004. On two herpetological collections made in East Anatolia (Turkey). *Herpetozoa*, 16 (3/4): 99-114.
- Boettger O, 1892. Kriechthiere der Kaukasusländer, gesammelt durch die Radde-Valentin'sche Expedition nach dem Karabagh und durch die Herren Dr. J. Valentin un P. Reibisch. *Ber. Senck. Ges.* 1892: 131-150.
- Boulenger GA, 1885. Description of a new species of frog from Asia Minor. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 1885: 22-23.
- Bülbül U, Kurnaz M, Eroğlu Aİ, Koç H, Kutrup B, 2016. Age and growth of the red-bellied lizard, *Darevskia parvula*. *Animal Biology*, 66 (1): 81-95.
- Darevsky IS, Eiselt J, 1980. Neue Felseneidechsen (Reptilia: Lacertidae) aus dem Kaukasus und aus der Türkei. *Amphibia-Reptilia*, 1: 29-40.
- Darevsky IS, 1967. Rock lizards of the Caucasus: Systematics, ecology and phylogenesis of the polymorphic group of the Caucasian rock lizards of the subgenus *Archaeolacerta*. Nauka, Leningrad.
- Franzen M, 2000. Winteraktivität von *Darevskia*-Arten in der Nordost-Türkei. *Die Eidechse*. 11: 77-81.
- Ilgaz Ç, 2009. Comparative morphology of *Darevskia parvula* (Lantz-Cyren 1936) (Sauria: Lacertidae) subspecies in Northeastern Anatolia, Turkey. *North-Western Journal of Zoology*, 5 (2): 263-280.
- Kandemir A, Türkmen Z, 2008. The Flora of Üzümlü-Sakaltutan (Erzincan - Gümüşhane). *Turk. J. Bot.*, 32: 265-304.
- Korkmaz M, Özçelik H, Kandemir A, İlhan V, 2013. Erzincan ve Çevresinde Yayılış Gösteren Doğal Gül (*Rosa L.*) Taksonları. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17: 49-59.
- Kurnaz M, Kutrup B, Hosseinian Yousefkhani SS, Koç H, Bülbül U, Eroğlu İ, 2019. Phylogeography of the red-bellied lizard, *Darevskia parvula* in Turkey. *Mitochondrial DNA Part A*, 30 (3): 556-566.
- Kutrup B, 2001. On the Amphibia and Reptilia Species of Murgul (Artvin). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 4 (9): 1160-1164.
- Lantz LA, Cyrén O, 1913. Eine neue Varietät der Felseneidechse *Lacerta saxicola* Eversmann *parvula* nov. var. *Tiflis Mitt. Kaukas. Mus.*, 7: 163-168.
- Yıldırım E, Arribas O, Kumlutaş Y, Ilgaz Ç, 2019. Comparative skeletal osteology of *Darevskia parvula* (Lantz & Cyren, 1913) and *Darevskia adjarica* (Darevsky & Eiselt, 1980) (Squamata: Lacertidae). *J. BAUN Inst. Sci. Technol.*, 21 (2): 777-790.

**Su ile hazırlanan zeytin yaprağı özütünün ratlarda streptozotosin kaynaklı oksidatif stres ve lipid peroksidasyonu üzerine etkileri**Fatma GÜR<sup>1</sup>, Ahmet Gökhan AĞGÜL<sup>2</sup>, Mine GÜLABOĞLU<sup>3</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada, Streptozotosin'in (STZ) neden olduğu diyabetik ratlarda su içinde hazırlanan zeytin yaprağı özütünün (OLE) antidiyabetik ve antioksidatif etkilerinin araştırması amaçlanmıştır. Çalışmamızda Atatürk Üniversitesi Tıbbi Uygulama ve Araştırma Merkezi (ATADEM)'den temin edilen ve ağırlıkları 200-215 g arasında değişen toplam 25 adet Albino Wistar erkek rat kullanıldı. Ratlar Kontrol, 0.5 g kg<sup>-1</sup> OLE, 40 mg kg<sup>-1</sup> STZ, 0.25 g kg<sup>-1</sup> OLE + STZ ve 0.5 g kg<sup>-1</sup> OLE + STZ olmak üzere beş gruba ayrıldı. 14 günlük OLE uygulama sonrası ratların karaciğer dokuları süperoksit dismutaz (SOD), glutatyon peroksidaz (GPx), glutatyon S-transferaz (GST) aktivitelerinin ve malondialdehit (MDA) seviyelerinin belirlenmesi için alındı. Kan örnekleri ise alanin transaminaz (ALT), aspartat transaminaz (AST) ve alkalin fosfataz (ALP) biyokimyasal parametrelerinin ve ek olarak glikoz seviyelerinin belirlenmesi için alındı. İstatistiksel analizler SPSS 20.0 yazılım programı kullanılarak ANOVA testi ile belirlendi. STZ ile birlikte OLE'nin iki farklı dozda oral yoldan verilmesinden sonra, diyabetik grup ile karşılaştırıldığında OLE'nin her iki doz grubunda ALP, ALT ve AST düzeylerinde önemli düşüşler gözlenmiştir (p<0.001). Ayrıca, sadece STZ verilen gruba kıyasla, STZ ile birlikte OLE uygulanan gruplarda SOD, GPx ve GST aktivitelerinde anlamlı bir artışla birlikte MDA, ALT, AST ve ALP düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı düşüşler görülmüştür (p<0.001). Ancak OLE'nin 0.5 g kg<sup>-1</sup> dozu 0.25 g kg<sup>-1</sup> dozuna kıyasla daha etkili olmuştur. Sonuç olarak, elde edilen *in-vivo* veriler, suda hazırlanan OLE'nin oksidatif stresin kısıtlanması ve antioksidan aktivitelerin güçlendirilmesi sayesinde bir anti-diyabetik etkiye sahip olabileceğini göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Streptozotosin, Diabetes Mellitus, Zeytin yaprağı özütü, antioksidan, rat

**Effects of olive leaf extract prepared in water on streptozotocin-induced oxidative stress and lipid peroxidation in rats**

**ABSTRACT:** The present study aims to investigate antidiabetic and antioxidative effects of olive leaf extract (OLE) prepared in water in Streptozotocin (STZ)-induced diabetes in experimental rats. 25 Albino Wistar male rats, each weighing 200-215 g, were used for the experiment after being obtained from Medical Experimental Application and Research Centre (ADEM). The animals were divided into five groups: Control Group, 0.5 g kg<sup>-1</sup> OLE Alone Group, 40 mg kg<sup>-1</sup> STZ Alone Group, 0.25 g kg<sup>-1</sup> OLE+STZ Group (T1), and 0.5 g kg<sup>-1</sup> OLE+STZ Group (T2). Following the application of OLE for fourteen days, the livers of the animals were dissected to determine the activities of superoxide dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GPx), Glutathione S-transferases (GST) in addition to malondialdehyde (MDA) levels. Besides, their blood samples were obtained to investigate the biochemical parameters of alanine transaminase (ALT), aspartate transaminase (AST), and alkaline phosphatase (ALP) apart from glucose levels. Statistical analyses were performed via the ANOVA test using the SPSS 20.0 software program. After an oral administration of OLE in two different doses along with STZ, there was a significant decrease in ALT, AST and ALP levels of the animals in the high-dose group (T2: OLE+STZ) compared to the diabetic group (STZ) (p <0.001). After the administration of OLE with STZ in two different doses, there were significant changes in the ALT, AST and ALP levels of T1 and T2 Groups when compared to the diabetic group (p<0.001). Besides, compared to STZ Alone Group, the SOD, GPx and GST activities significantly increased while MDA, ALT, AST and ALP levels significantly decreased (p <0.001). However, 0.5 g kg<sup>-1</sup> of OLE was more effective than was 0.25 g kg<sup>-1</sup>. As a result, the *in-vivo* data showed that OLE dissolved in water could have an anti-diabetic effect by restricting oxidative stress and reinforcing antioxidant activities.

**Keywords:** Streptozotocin, Diabetes Mellitus, Olive Leaf Extract, Antioxidant, Rat

<sup>1</sup> Fatma GÜR (Orcid ID: 0000-0001-5983-1472), Department of Medical Services and Techniques, Health Services Vocational School, Atatürk University, Erzurum, Turkey

<sup>2</sup> Ahmet Gökhan AĞGÜL (Orcid ID: 0000-0003-0377-0388), Department of Biochemistry, Faculty of Pharmacy, Ağrı Ibrahim Çeçen University, Ağrı, Turkey

<sup>3</sup> Mine GÜLABOĞLU (Orcid ID: 0000-0002-3248-1502), Department of Biochemistry, Faculty of Pharmacy, Atatürk University, Erzurum, Turkey

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Fatma GÜR; e-mail: fatmagur@atauni.edu.tr

**ETİK KURUL ONAYI / ETHICS COMMITTEE APPROVAL:** Bu makale yer alan hayvan deneyi "Atatürk Üniversitesi Rektörlüğü Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu tarafından 22.04.2009 tarih ve B.30.2.ATA.0.22.02.00-208 sayılı yazısı ile etik kurallara uygun olduğu onaylanmıştır.

Geliş tarihi / Received: 24-08-2020  
Kabul tarihi / Accepted: 02-09-2020



## GİRİŞ

21. yüzyılın en büyük sağlık sorunlarından biri olan diyabet, dünyada ölüme neden olan en yaygın 10 hastalık arasında yer almaktadır. Uluslararası Diyabet Federasyonu (IDF) tarafından, 2017 yılında 20-79 yaşları arasında yaklaşık 4 milyon kişinin diyabet nedeniyle öldüğü ve bunun her sekiz saniyede bir ölüme tekabül ettiği bildirilmiştir. Ayrıca IDF 2017 raporuna göre, dünyada yaklaşık 425 milyon kişinin (20-79 yaş yetişkinlerin% 8.8'i) şeker hastası olduğu belirtilmiştir. Bu eğilimin devam etmesi durumunda, 2045 yılında yaklaşık 629 milyon kişinin (yetişkinlerin %10'u) şeker hastası olacağı rapor edilmiştir (Coşkunırmak 2018).

Diabetes mellitus (DM), hiperglisemi ile karakterize edilen metabolik bir hastalıktır. İnsülin salgılanmamasının, salgılanan insülinin etkisini göstermemesinin veya her iki durumun neden olduğu bu hastalık, başta göz, kalp, böbrek, kan damarları ve sinirler olmak üzere farklı organlarda uzun süreli hasar ve işlev bozukluğuna neden olmaktadır (Eidi ve ark., 2009, Tang ve ark., 2012, ADD 2014). Diyabet hastalığı sonucu ortaya çıkan birçok sorun vardır. Bunlardan bir tanesi de serbest oksijen radikallerinin neden olduğu hücre hasarı sonucu ortaya çıkan komplikasyonlardır (Tietz 1995, Dawn ve ark., 1996, Burtis ve Ashwood 1999).

Serbest radikaller, bir veya daha fazla sayıda eşleşmemiş elektron içeren moleküllerdir. Biyolojik sistemlerde serbest radikaller normal metabolik olayların seyrinde ve bazı yabancı maddelerin (ksenobiyotikler) metabolize edilmesi sırasında oluşabildiği gibi organizmanın radyasyon gibi dış etkenlere maruz bırakılmasıyla da meydana gelebilir. Bunlar kimyasal olarak oldukça aktiftirler ve ortamdaki diğer biyomoleküllere özellikle de nükleik asit, protein ve lipitlere bağlanarak onların biyolojik yapılarını oksitleyebilir ve metabolizmada olumsuz etkiler gösterebilirler. Organizmalar istenmeyen bu etkileri antioksidan sistemler ile yok etmektedir (Fantel 1996, Yanbeyi 1999, Temple 2000, Stadtman 2004).

Antioksidan aktivitesi ve kimyasal kompozisyon yönüyle zeytin meyvesi ve zeytinyağı ile ilgili çalışmalar yapılmıştır (Kritsakis 1998, Bouaziz ve ark., 2004, Bouaziz ve Sayadi 2005). Zeytin yaprakları, en yüksek antioksidan aktiviteye sahip doğal ürünlerdir ve içerdikleri fenolik bileşenler açısından sağlıklı beslenmenin vazgeçilmez bir unsurudur (Visioli ve ark., 2002, Jemai ve ark., 2009, El-Amin ve ark., 2013). Zeytin yaprakları başlıca flavonoidler, sekoiridoidler ve triterpenler olmak üzere üç farklı bileşik içerir. Zeytin yaprağının en etkili etken maddesi secoiridoid grubunun doğal bir ürünü olan oleuropeindir (Benavente-García ve ark., 2000).

Ayrıca, zeytin yapraklarının da antidiyabetik ve antihipertansif bitkisel bir ilaç etkisine sahip olduğu bilinmektedir (Pereira ve ark., 2006). Zeytin yaprağı ile hazırlanan özütlerin antioksidan kapasitesi güçlü bir antioksidan olan hidroksitirosolin antioksidant etkisine yakın, C ve E vitaminin antioksidan etkisinden ise çok daha yüksek düzeyde olduğu rapor edilmiştir (Benavente-García ve ark., 2000, Benavente-García ve ark., 2002). Yapılan çalışmalarda, su ile hazırlanan zeytin yaprağı özütünün (OLE) antidiyabetik ve antioksidan etkileri 8-10 hafta gibi uzun tedavi sürelerine bağlı olarak süperoksit dismutaz (SOD), glutatyon peroksidaz (GPx), glutatyon S transferaz (GST) aktiviteleri ve malondialdehit (MDA) seviyeleri ile araştırılmıştır.

Yapılan bu çalışmada, su ile hazırlanan OLE'nin sadece 2 haftalık tedavi sonrası ratlarda streptozotosin kaynaklı oksidatif stres ve lipid peroksidasyonu üzerine etkileri, ALT, ALP, AST, SOD, GPx ve GST aktiviteleri ve MDA seviyeleri dikkate alınarak araştırılmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada yer alan hayvan deneylerinin "Atatürk Üniversitesi Rektörlüğü Hayvan Deneyleri



Yerel Etik Kurulu tarafından 22.04.2009 tarih ve B.30.2.ATA.0.22.02.00-208 sayılı yazısı ile etik kurallara uygun olduğu onaylanmıştır.

### **Kimyasallar**

Streptozotosin (STZ,  $C_8H_{15}N_3O_7$ ; moleküler ağırlık 265.221 Da, CAS: 66395-18-4) Sigma-Aldrich, ABD'den temin edildi. Diğer kimyasallar analitik bir saflıkta Merck Chemicals, Almanya firmasından satın alındı ve herhangi bir işlem yapılmadan doğrudan kullanıldı.

### **Hayvanlar ve beslenme**

Bu çalışma, Ulusal Sağlık Enstitüsü (NIH) Laboratuvar Hayvanlarının Bakımı ve Kullanımı Kılavuzu tarafından yayınlanan kriterler dikkate alınarak yapılmıştır. Bu çalışmada kullanılan ratlar, deney boyunca standart çevresel koşullar altında ( $22 \pm 2$  °C, 12 saat açık/kapalı ışık döngüsü) özel kafeslerde tutuldular. OLE uygulama tedavileri de aynı dönemler içerisinde gerçekleştirildi. Tedavi boyunca hayvanlar ad libitum ile beslendiler (pellet diyeti ve su).

### **STZ'ye bağlı diyabetin indüksiyonu**

Ratlarda 12 saat açlık sonrası 10 mM soğuk sitrat tamponu içinde yeni hazırlanmış STZ (40 mg/kg) solüsyonunun intraperitoneal (i.p.) tek doz uygulaması sonrası diyabet geliştirildi. Uygulamadan yaklaşık 4 ila 6 saat sonra, öldürücü hipoglisemi nedeniyle ratlara 24 saat süreyle % 5.0 dekstroz çözeltisi verildi. STZ uygulamasından 72 saat sonra, ölçülen kan glikoz seviyeleri (BGL'ler) ölçülerek 200 mg  $dL^{-1}$ 'nin üzerinde olan ve poliüri ve polidipsi semptomlarının geliştiği hayvanlar diyabetli kabul edildi (Macdonald 2008).

### **OLE'nin hazırlanması**

OLE hazırlama metodu literatür çalışmaları dikkate alınarak bazı modifikasyonlar ile belirlendi. Bu çalışma için deney materyali olarak Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki Artvin iline bağlı Yusufeli ilçesinden taze zeytin yaprakları (*Olea europae* L.) toplanmıştır. Bu yapraklar temizlendikten ve oda sıcaklığında kurutulduktan sonra, sıvı azotta bir havanda öğütülerek toz haline getirildi ve  $22$  °C  $\pm 1$  °C sıcaklıkta kuru bir yerde saklandı. Elde edilen toz 3 saat boyunca sürekli karıştırılarak kaynatılarak su içinde art arda özümlendi. Daha sonra konsantre hale gelen öz, bir filtre kağıdından süzüldü. Süzüntü daha sonra 40-45 °C sıcaklıkta bir döner buharlaştırıcı yardımıyla vakum altında tutularak kalan çözücü nihai çözüldüden uzaklaştırıldı. Böylece, yüksek konsantrasyonlu ham özüt elde edildi (Baz 2014, Al-Attar ve Alsalmi 2019).

### **Kan şekeri ölçümü**

BGL'ler, STZ indüksiyonundan 72 saat sonra kuyruk veninden alınan kan örneklerinin haftalık aralıklarla Accu-Check Active glukometre belirlenerek ratların açlık kan şekeri ölçüldü. Seviyeler mg  $dL^{-1}$  cinsinden ifade edildi.

### **Vücut ağırlığı tayini**

Deney hayvanları başlangıçta tartıldı ve 200-220 g aralığında olduğu belirlendi. 14 gün tedavi uygulama süresince ratların ağırlıkları takip edildi.

### **OLE uygulaması**

Hazırlanan OLE'nin uygulama dozları, ratların vücut ağırlığına bağlı olarak hesaplandı ve distile suda hazırlandı. Tüm dozlar ( $0.25$  g  $kg^{-1}$  ve  $0.5$  g  $kg^{-1}$ ), 14 gün süreyle günde bir defa olmak üzere 1.0 mL oral gavaj yoluyla uygulandı.

## Deneysel tasarım

Deney için, 25 yetişkin erkek Wistar albino rat kullanıldı. Hayvanlar, aynı vücut ağırlığına sahip ratlardan oluşan 5 gruba ayrıldı. Gruplar, bir tanesi kontrol grubu olmak üzere aşağıdaki şekilde kategorize edildi:

(i) Grup K (Kontrol): Sadece su verilen ratlardan oluşmuştur.

(ii) Grup OLE (0.5 g kg<sup>-1</sup> OLE): 0.5 g kg<sup>-1</sup> dozunda özüt uygulanan ratlardan oluşmuştur. OLE ile literatür çalışmaları dikkate alınarak 0.5 g kg<sup>-1</sup> dozun yüksek doz olduğu göz önüne alındığında, çalışmamızda bu grupta yüksek doz kullanıldı ve bu sayede hayvan israfını önledi.

(iii) Grup D (STZ), diyabetik ratlardan oluşmuştur.

(iv) Grup T1 (0.25 g kg<sup>-1</sup> OLE + STZ) vücut ağırlığına göre 0.25 g kg<sup>-1</sup> dozunda özüt verilen diyabetik ratlardan oluşmuş tedavi grubudur.

(v) Grup T2 (0.5 g kg<sup>-1</sup> OLE + STZ), vücut ağırlığına göre 0.5 g kg<sup>-1</sup> dozunda özüt verilen diyabetik ratlardan oluşmuş tedavi grubudur.

## Biyokimyasal deneyler

Biyokimyasal analizler yapmak amacıyla 14 gün OLE uygulaması sonrası deney gruplarından intrakardiyak kan örnekleri alındı. Daha sonra tiopentalin yüksek dozda uygulaması sonucu tüm rat grupları ötanazi edildi ve akabinde tüm rat gruplarından karaciğer doku örnekleri alındı. Vakumlu normal biyokimya tüplerine alınan kan örnekleri 5-10 dakika arası oda sıcaklığında bekletildikten sonra 10 dakika boyunca 3000 rpm'de santrifüj edildi (Baz 2014). Ratların alanin transaminaz (ALT), aspartat transaminaz (AST) ve alkalin fosfataz (ALP) düzeylerinin belirlenmesinde serum örnekleri kullanılmış ve daha sonra Atatürk Üniversitesi Araştırma Hastanesinde Cobas c501 analizörü (Roche Ltd, İsviçre) ile analiz edilmiştir. Karaciğer doku örnekleri ise süperoksit dismutaz (SOD), glutatyon peroksidaz (GPx), glutatyon S transferaz (GST) aktiviteleri, malondialdehit (MDA) ve protein düzeylerinin belirlenmesinde kullanıldı.

Daha sonra karaciğer dokuları çıkarıldı ve hemen serum fizyolojik tuzlu su ile (% 0.9 NaCl) yıkanarak çalışma gününe kadar -80 °C'de muhafaza edildi. Deneysel çalışmada doku örnekleri sıvı azot ile toz haline getirildi. Doku örnekleri, MDA ve protein seviyeleri ile birlikte SOD, GST ve GPx aktivitelerini belirlemek için homojenize edildi. SOD, GST ve GPx aktiviteleri literatürde açıklanan prosedürler kullanılarak test edildi (Paglia ve Valentine 1967, Habig ve ark., 1974, Sun ve ark., 1988). MDA seviyesi Jain ve ark. tarafından açıklanan prosedür kullanılarak belirlendi (Jain ve ark., 1989). Ayrıca karaciğer doku örneklerinde bulunan toplam protein konsantrasyonu Bradford protein tayin metoduna göre belirlendi (Bradford 1976).

## İstatistiksel analiz

İstatistiksel analizler SPSS ver. 20.0 yazılımı (SPSS Inc., Chicago, ABD) software programı kullanılarak yapıldı. Bütün ölçümlerde istatistiksel farklılıklar ve önem seviyeleri ANOVA testi ile belirlendi. Sonuçlar, rat gruplarındaki ölçümün ortalaması (ortalama  $\pm$  SD) olarak gösterildi. \* diyabetik gruba (D) göre  $p < 0.05$  seviyesinde anlamlı, \*\* diyabetik gruba (D) göre  $p < 0.001$  seviyesinde anlamlı kabul edildi. Çoklu karşılaştırmalarda LSD testi uygulandı (Baz 2014).

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, OLE tedavisinin STZ kaynaklı diyabetik ratlarda oksidatif stres ve lipid peroksidasyonu üzerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda OLE'nin kan glikoz

seviyeleri (BGL) üzerindeki etkileri, rat ağırlıklarına etkisi, biyokimyasal parametreler üzerine etkisi ve antioksidan enzim aktiviteleri araştırıldı.

OLE'nin kan glikoz seviyeleri (BGL) üzerindeki etkileri tüm çalışma gruplarında ölçülmüş, ancak bu seviyeler için önemli bir fark bulunamamıştır. Ayrıca OLE'nin rat ağırlıklarına etkisi takip edilmiştir. 14 günün sonunda, sağlıklı ratlara (0.5 g kg<sup>-1</sup> OLE) kıyasla iki farklı özüt dozu (0.25 g kg<sup>-1</sup> ve 0.5 g kg<sup>-1</sup> OLE+ STZ) verilen ratların vücut ağırlığındaki artış arasında önemli farklılıklar gözlenmedi. Tüm çalışma gruplarının karaciğer enzim seviyeleri, tedavi bittikten sonra ölçüldü ve serum ALP, ALT ve AST seviyeleri üzerindeki etkileri Çizelge 1'de gösterilmiştir.

**Çizelge 1.** Tüm çalışma grupları için ortalama ALP, ALT ve AST değerleri

GRUPLAR	ALP (U mL <sup>-1</sup> )	ALT (U mL <sup>-1</sup> )	AST (U mL <sup>-1</sup> )
Grup K	253.08 ± 34.46**	54.71 ± 6.12**	157.70 ± 18.48**
Grup OLE	259.32 ± 30.35**	61.08 ± 7.89**	156.63 ± 18.01**
Grup D	530.69 ± 50.28**	108.81 ± 11.82**	299.31 ± 30.64**
Grup T1	515.78 ± 48.73**	106.69 ± 10.94**	286.54 ± 20.23**
Grup T2	502.53 ± 46.10**	90.34 ± 8.86**	257.18 ± 28.93**

Tüm değerler ortalama ± SD (n: 5) olarak ifade edildi. \*P < 0.05 Grup D'ye kıyasla, \*\*P < 0.001 Grup D'ye kıyasla LSD çoklu karşılaştırma testlerinden önce gelen tek yönlü ANOVA. K: Kontrol; OLE: Yüksek doz OLE (0.5 g kg<sup>-1</sup>); D: Diyabetik; T1: Diyabetik + düşük doz OLE (0.25 g kg<sup>-1</sup>); T2: Diyabetik + yüksek doz OLE (0.5 g kg<sup>-1</sup>).

Çizelge 1 dikkate alındığında karaciğer ALP, ALT ve AST seviyelerinin, kontrol grubuna göre diyabetik ratlarda yükseldiği anlaşılmaktadır (p < 0.001). OLE'nin iki farklı dozda (0.25 g kg<sup>-1</sup> ve 0.5 g kg<sup>-1</sup>) oral yoldan verilmesini takiben Grup T1 ve T2'nin ALP, ALT ve AST düzeylerinde Grup D'ye kıyasla anlamlı düşüş gözlemlendi (p < 0.001). Öte yandan düşük doz OLE uygulamasına kıyasla yüksek doz OLE uygulaması sonrası, karaciğer enzim seviyelerindeki düşüşün istatistiki olarak daha anlamlı olduğu Çizelge 1'de gösterilmiştir.

OLE'nin rat karaciğer oksidan-antioksidan durumları üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla tüm grupların oksidan-antioksidan durumları OLE uygulaması sonrasında ölçülmüş ve belirlenen SOD, GPx ve GST antioksidan enzim aktiviteleri ve MDA seviyeleri Çizelge 2'de sunulmuştur.

**Çizelge 2.** Tüm çalışma grupları için ortalama SOD, GPx, GST ve MDA değerleri

GRUPLAR	SOD (U mg <sup>-1</sup> protein)	GPx (U mg <sup>-1</sup> protein)	GST (U mg <sup>-1</sup> protein)	MDA (nmol mg <sup>-1</sup> protein)
Grup K	25.65 ± 1.14**	9.42 ± 0.87**	11.27 ± 0.59**	350.34 ± 35.19**
Grup OLE	26.59 ± 0.95**	8.97 ± 0.61**	10.47 ± 0.81***	358.25 ± 36.03**
Grup D	23.00 ± 1.12**	5.82 ± 0.48**	8.49 ± 0.70**	475.26 ± 47.02**
Grup T1	23.13 ± 0.95**	6.08 ± 0.49**	8.68 ± 0.76**	469.64 ± 45.25**
Grup T2	23.68 ± 0.97**	8.13 ± 0.26**	9.81 ± 0.73**	417.30 ± 43.63**

Tüm değerler ortalama ± SD (n: 5) olarak ifade edildi. \*P < 0.05 Grup D'ye kıyasla, \*\*P < 0.001 Grup D'ye kıyasla LSD çoklu karşılaştırma testlerinden önce gelen tek yönlü ANOVA. K: Kontrol; OLE: Yüksek doz OLE (0.5 g kg<sup>-1</sup>); D: Diyabetik; T1: Diyabetik + düşük doz OLE (0.25 g kg<sup>-1</sup>); T2: Diyabetik + yüksek doz OLE (0.5 g kg<sup>-1</sup>).

Çizelge 2 dikkate alındığında STZ indüksiyonu sonrasında diyabetik grubun serum SOD, GPx ve GST enzim aktivitelerinde kontrol grubuna kıyasla anlamlı bir düşüş olduğu anlaşılmaktadır. Daha sonra 0.25 g kg<sup>-1</sup> ve 0.5 g kg<sup>-1</sup> OLE ile tedaviden sonra bu enzim aktivitelerinde diyabetik gruba kıyasla anlamlı bir artış olduğu görülmektedir. 0.5 g kg<sup>-1</sup> OLE dozu, 0.25 g kg<sup>-1</sup> OLE dozu uygulamasına kıyasla daha anlamlı sonuçlara neden olmuştur. Öte yandan lipid peroksidasyonunun belirteci olan MDA seviyesinde, STZ indüksiyonu sonrası diyabetik grupta kontrol grubuna kıyasla istatistiki olarak önemli bir artış olduğu gözlenmiştir. Düşük ve yüksek doz OLE uygulaması sonrası (Grup T1 ve T2 için) MDA seviyelerinde anlamlı bir azalma olduğu gözlenmiştir.

Biyokimyasal sonuçlarımız ve antioksidan aktivite ölçümlerimiz literatürde verilen çalışmalar ile karşılaştırılarak değerlendirilmiş ve Çizelge 3 ve 4'te gösterilmiştir.

**Çizelge 3.** Mevcut çalışma ile diğer çalışmalar arasında bir karşılaştırma: STZ ile indüklenen ratlarda OLE uygulamasından sonra OLE'nin ALP, ALT ve AST seviyeleri üzerindeki etkileri

Çözücü	Tedavi zamanı (hafta)	Analiz materyali	ALP/ALT/AST (U mL <sup>-1</sup> )			Kaynak
			Kontrol grup	Diyabetik rat	STZ diyabetik + OLE (T2)	
Su	10	Serum	Rapor edilmemiş			(Afify ve ark., 2018)
		RBC lizat	-	-	-	
Su	8	Pankreas	-	-	-	(Al-Attar ve Alsalmi 2019)
Etanol	2	Serum	Rapor edilmemiş/ 80.5±6.1/ 130±11.6	Rapor edilmemiş/ 168±23.25/ 205.6±8	Rapor edilmemiş/ 88.6±7.6/ 117.5±6.6	(Eidi ve ark., 2009)
Etanol	8	Serum	Rapor edilmemiş			(Abdel-Kader ve ark., 2019)
		Pankreas	Rapor edilmemiş			
Etanol	9	Testis	Rapor edilmemiş			(Soliman ve ark., 2019)
Su	2	Serum	253.08 ±34.46 54.71 ± 6.12 157.70 ±18.48	530.69 ± 50.28 108.81 ± 11.82 299.31 ± 30.64	502.53 ± 46.10 90.34 ± 8.86 257.18 ± 28.93	Mevcut çalışma

Su içinde hazırlanan yüksek doz OLE'nin, bu özütün uygulanmasından sadece iki hafta sonra diyabetik ratların karaciğer enzimlerinde, antioksidan aktivitelerinde ve lipid peroksidasyon seviyelerinde önemli değişikliklere neden olduğu gözlemlendi. STZ'ye bağlı hasarı tedavi etmek için her iki doz OLE verilen grupta ALT, AST ve ALP seviyeleri, Grup D'ye kıyasla istatistiki olarak önemli ölçüde azaldı ve Kontrol Grubu seviyelerine yaklaştı. Öte yandan, SOD, GPx ve GST enzim aktiviteleri artarken, MDA seviyeleri azaldı. Aynı etkiler düşük doz OLE uygulamasında da gözlemlendi ancak yüksek dozda elde edilen sonuçlar istatistiki olarak daha anlamlı bulundu.

STZ indüklemesi sonrası diyabetik ratların yüksek doz OLE ile tedavisinden elde edilen veriler, diyabete bağlı olarak hasar gören karaciğer dokusunda önemli bir iyileşme olduğunu gösterdi. Buna ek olarak, bu çalışmada STZ ile indüklenen diyabetik ratlara verilen yüksek doz OLE, önceki çalışmalarla tedavi süresi ve çözücü ortamı açısından karşılaştırılmış, Çizelge 3 ve 4'te sunulmuştur. Suda hazırlanan OLE'nin karaciğer enzimleri üzerine etkisi dikkate alındığında literatürde bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu bakımdan çalışmamız özgündür. Ancak etanol içerisinde hazırlanan OLE'nin karaciğer enzimleri üzerine etkisi literatürde Eidi ve ark. tarafından araştırılmıştır (Eidi ve ark., 2009). Eidi ve ark.'nin sonuçları ile mevcut çalışmamızın sonuçları ile karşılaştırıldığında aynı tedavi süresi sonunda benzer iyileşmenin olduğu gözlemlenmiştir.

**Çizelge 4.** Mevcut çalışma ile diğer çalışmalar arasında bir karşılaştırma: STZ ile indüklenen ratlarda OLE uygulamasından sonra OLE'nin SOD, GPx, GST aktiviteleri ve MDA düzeyleri üzerine etkileri

Çözücü	Tedavi zamanı (hafta)	Analiz materyali	SOD/GPx/GST			MDA			Kaynak
			Kontrol grup	Diyabetik rat	STZ diyabetik + OLE (T2)	Kontrol grup	Diyabetik rat	STZ diyabetik + OLE (T2)	
Su	10	Serum	-	-	-	13.41±0.73 (nmol mL <sup>-1</sup> )	23.77±1.66 (nmol mL <sup>-1</sup> )	15.07±0.25 (nmol mL <sup>-1</sup> )	(Afify ve ark., 2018)
		RBC lizat	35.9±0.5/ 1469.81±86.46/ - (U mL <sup>-1</sup> )	17.7±2.7/ 907.82±74.88/ - (U mL <sup>-1</sup> )	31.7±1.9/ 1253.66±114.38/ - (U mL <sup>-1</sup> )	-	-	-	
Su	8	Pankreas	Histopatolojik değerlendirmeler, diyabetik ratların SOD aktivitelerinin Kontrol Grubuna göre azaldığını ve MDA düzeylerinin arttığını göstermiştir. Ayrıca, yüksek doz OLE tedavisini bu değerlerin kontrol grubuna yaklaştığı gösterilmiştir.						(Al-Attar ve Alsalmi 2019)
Etanol	2	Serum	Rapor edilmemiş						(Eidi ve ark., 2009)
Etanol	8	Serum	Rapor edilmemiş						(Abdel-Kader ve ark., 2019)
		Pankreas	Histopatolojik değerlendirmeler, diyabetik ratların SOD aktivitelerinin Kontrol Grubuna göre azaldığını ve MDA düzeylerinin arttığını göstermiştir. Ayrıca, yüksek doz OLE tedavisini bu değerlerin kontrol grubuna yaklaştığı gösterilmiştir.						
Etanol	9	Testis	45.6/5.9/-- (U mg <sup>-1</sup> protein)	23.4/1.7/-- (U mg <sup>-1</sup> protein)	42.03/3.59/-- (U mg <sup>-1</sup> protein)	25.4 nmol g <sup>-1</sup>	47.5 nmol g <sup>-1</sup>	27.6 nmol g <sup>-1</sup>	(Soliman ve ark., 2019)
Su	2	Karaciğer	25.65±1.14/ 9.42±0.87/ 11.27±0.59 (U mg <sup>-1</sup> protein)	23.00±1.12/ 5.82±0.48/ 8.49±0.70 (U mg <sup>-1</sup> protein)	23.68±0.97/ 8.13±0.26/ 9.81±0.73 (U mg <sup>-1</sup> protein)	350.34±35.19 (nmol mg <sup>-1</sup> protein)	475.26±47.02 (nmol mg <sup>-1</sup> protein)	469.64±45.25 (nmol mg <sup>-1</sup> protein)	Mevcut çalışma

Çizelge 4'te görüldüğü gibi Afify ve ark.'nın çalışmalarında STZ ile indüklenen diyabetik ratların 10 haftalık 17.8 mg kg<sup>-1</sup> OLE ile tedavisini takiben, SOD, GPx ve GST aktivitelerinde anlamlı bir artış olduğunu rapor etmişlerdir (Afify ve ark., 2018). Mevcut çalışmamızda SOD, GPx ve GST aktivitelerinde Afify ve ark.'nın elde ettiği sonuç sadece 2 haftada elde edilmiştir. Bu yönüyle mevcut çalışma avantaj sağlamaktadır. Tedavi süresindeki bu azalmanın, çalışmamızda kullandığımız zeytin yaprağı kökeninin ve özüt hazırlama metodunun farklı olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Öte yandan Çizelge 4'te verilen çalışmalarda Soliman ve ark. ile Al-Attar ve ark.'nın çalışmaları ile mevcut çalışma sonuçlarımız karşılaştırıldığında mevcut çalışmamızın tedavi süresi bakımından avantajlı olduğu söylenebilir (Al-Attar ve Alsalmi 2019).

MDA, lipid peroksidasyon sürecinin bir biyobelirtecidir (Taysi ve ark., 2008, Yoruk ve ark., 2010, Cengiz ve ark., 2016). Çizelge 4'te sunulan çalışmaların verileri, STZ ile indüklenen diyabetik ratlarda MDA düzeylerinin arttığını ortaya koymuştur. Önceki çalışmaların sonuçlarına uygun olarak, STZ'ye maruz kalma, bu çalışmada MDA düzeylerini önemli ölçüde artırmıştır. Ayrıca OLE ile tedavi edilen diyabetik ratların MDA seviyelerinde Grup D'ye göre istatistiki olarak anlamlı bir düşüş gözlenmiştir (p <0.001).



Enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidan seviyelerinde gözlenen OLE tedavisine dayalı değişiklikler, diyabetik ratlarda iyileşme sebebini açıklayabilir (Saddala ve ark., 2013, Abdel-Kader ve ark., 2019), bu da OLE'nin reaktif oksijen türleri (ROS) aracılı oksidatif stres ve lipit peroksidasyonu ile mücadele edebildiğini göstermektedir (Rabbani ve ark., 2010). Başka bir çalışmada Soliman ve ark (Soliman ve ark., 2019) 0.5 g kg<sup>-1</sup> OLE (% 90 etanol içinde hazırlanmıştır) 9. haftanın sonunda SOD ve GPx aktivitelerinde artış gösterirken, 2. haftanın sonunda mevcut çalışmamızda aynı OLE dozu ile aynı artış elde edilmiştir. Mevcut çalışmamızda SOD, GPx ve GST faaliyetlerinin arttığı sürenin çok daha kısa olması açık bir avantaj olarak değerlendirilebilir. Önceki çalışmalar, hem suda hem de etil alkolde hazırlanan OLE uygulama sürelerinin mevcut çalışmaya kıyasla daha uzun olduğunu göstermiştir (Tablo 3 ve 4). Bu bakımdan çalışmamızın, Tablo 3 ve 4'te sunulan çalışmalara kıyasla kısa sürede benzer etkileri göstermesi oldukça avantajlı görülmektedir.

## SONUÇ

Çalışmamızdan elde edilen veriler, zeytin yaprağının su özütünün ratlarda uygulanmasının, diyabet kaynaklı lipit peroksidasyonunu düşürdüğünü ve antioksidan savunma sistemi üzerine koruyucu etki göstererek zeytin yaprağı özütünün antioksidan aktif bileşikler içerdiğini kanıtlamıştır. Bu etki, diyabet gibi oksidatif stresle ilişkili metabolik hastalıklar üzerine OLE'nin bir antioksidan kaynağı olarak tedavi edici yönünü vurgulamaktadır. OLE'nin, STZ ile indüklenen diyabetik ratlarda diyabete bağlı olarak değişen enzimatik ve enzimatik olmayan parametreler üzerine tedavi edici etkisinin kısa olması ve serum parametre seviyelerinde anlamlı değişikliklere neden olması dikkate alındığında kullandığımız OLE'nin streptozotosin kaynaklı oksidatif stres ve lipit peroksidasyonu üzerine koruyucu bir etkisinin olabileceği sonucuna varılabilir.

## TEŞEKKÜR

Yazarlar olarak çalışma alanlarının ve ekipmanların sağlanması ile ilgili destekleri için Atatürk Üniversitesi'ne teşekkür ediyoruz. Bu araştırma, kamu, ticari veya kar amacı gütmeyen sektörlerdeki finans kuruluşlarından herhangi bir hibe almadı.

## KAYNAKLAR

- Abdel-Kader MS, Soliman GA, Abdel-Rahman RF, Saeedan AS, Abd-Elsalam RM, & Ogaly HA, 2019. Effect of olive leaves extract on the antidiabetic effect of glyburide for possible herb-drug interaction. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 27(8), 1182-1195.
- ADD, 2014. American Diabetes Association.
- Afify A, El-Beltagi H, Fayed, S, & El-Ansary A, 2018. In vivo correlation of olive leaves extract on some oxidative stress markers in streptozotocin-induced diabetes mellitus in rats. *Grasas y Aceites*, 69(1), 243.
- Al-Attar AM, & Alsalmi FA, 2019. Effect of *Olea europaea* leaves extract on streptozotocin induced diabetes in male albino rats. *Saudi journal of biological sciences*, 26(1), 118-128.
- Baz H (2014). Streptozotocinle indüklenen diyabetli ratlar üzerinde *myrtus communis* l. Yaprak su ekstresi etkilerinin araştırılması.
- Benavente-Garcia O, Castillo J, Lorente J, & Alcaraz M, 2002. Radioprotective effects in vivo of phenolics extracted from *Olea europaea* L. leaves against X-ray-induced chromosomal damage: comparative study versus several flavonoids and sulfur-containing compounds. *J Med Food*, 5(3), 125-135.
- Benavente-García O, Castillo J, Lorente J, Ortuño A, & Del Rio JA, 2000. Antioxidant activity of phenolics extracted from *Olea europaea* L. leaves. *Food Chemistry*, 68(4), 457-462.

- Bouaziz M, Chamkha M, & Sayadi S, 2004. Comparative study on phenolic content and antioxidant activity during maturation of the olive cultivar Chemlali from Tunisia. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(17), 5476-5481.
- Bouaziz M, & Sayadi S, 2005. Isolation and evaluation of antioxidants from leaves of a Tunisian cultivar olive tree. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 107, 497-504.
- Bradford MM, 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical biochemistry*, 72(1-2), 248-254.
- Burtis CA, & Ashwood ER, 1999. *Tietz Textbook of Clinical Chemistry*. Philadelphia, Pennsylvania W.B. Saunders Company.
- Cengiz M, Ayhanci A, Kutlu HM, & Musmul A. (2016). Potential therapeutic effects of silymarin and silymarin-loaded solid lipidnanoparticles on experimental kidney damage in BALB/c mice: biochemical and histopathological evaluation. *Turkish Journal of Biology*, 40(4), 807-814.
- Coşkunırmak D, 2018. Diyabetik ayak yarası gelişen hastaların geleneksel ve tamamlayıcı tıp uygulamalarını kullanma durumlarının incelenmesi. Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Dawn BM, Allan DM, & Colleen MS, 1996. *Basic Medical Biochemistry a Clinical Approach*. Baltimore, Maryland Lippincott Williams & Wilkins.
- Eidi A, Eidi M, & Darzi, R 2009. Antidiabetic effect of *Olea europaea* L. in normal and diabetic rats. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 23(3), 347-350.
- El-Amin M, Virk P, Elobeid M, Almarhoon ZM, Hassan ZK, Omer SA, . . . Al-Olayan EM, 2013. Anti-diabetic effect of *Murraya koenigii* (L) and *Olea europaea* (L) leaf extracts on streptozotocin induced diabetic rats. *Pak J Pharm Sci*, 26(2), 359-365.
- Fantel AG, 1996. Reactive oxygen species in developmental toxicity: review and hypothesis. *Teratology*, 53(3), 196-217.
- Habig WH, Pabst MJ, and Jakoby WB, 1974. "Glutathione S-transferases the first enzymatic step in mercapturic acid formation." *Journal of biological Chemistry* 249(22), 7130-7139.
- Jain SK, McVie R, Duett J, and Herbst JJ, 1989. "Erythrocyte membrane lipid peroxidation and glycosylated hemoglobin in diabetes." *Diabetes* 38(12), 1539-1543.
- Jemai H, El Feki A, & Sayadi S, 2009. Antidiabetic and antioxidant effects of hydroxytyrosol and oleuropein from olive leaves in alloxan-diabetic rats. *Journal of agricultural and food chemistry*, 57(19), 8798-8804.
- Kritsakis A, 1998. *Olive oil – From the tree to the table*. Trumbull, CT (USA): Food and Nutrition Press, Inc.
- Macdonald G, 2008. *Harrison's Internal Medicine*, 17th edition. - by A. S. Fauci, D. L. Kasper, D. L. Longo, E. Braunwald, S. L. Hauser, J. L. Jameson and J. Loscalzo. *Internal Medicine Journal*, 38(12), 932-932.
- Paglia DE and Valentine WN, 1967. "Studies on the quantitative and qualitative characterization of erythrocyte glutathione peroxidase." *The Journal of laboratory and clinical medicine* 70(1), 158-169.
- Pereira JA, Pereira AP, Ferreira IC, Valentao P, Andrade PB, Seabra R. . . Bento A, (2006). Table olives from Portugal: phenolic compounds, antioxidant potential, and antimicrobial activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(22), 8425-8431.
- Rabbani SI, Devi K, & Khanam S, 2010. Protective role of glibenclamide against nicotinamide-streptozotocin induced nuclear damage in diabetic Wistar rats. *Journal of pharmacology & pharmacotherapeutics*, 1(1), 18.
- Saddala RR, Thopireddy L, Ganapathi N, & Kesireddy SR, 2013. Regulation of cardiac oxidative stress and lipid peroxidation in streptozotocin-induced diabetic rats treated with aqueous extract of *Pimpinella tirupatiensis* tuberous root. *Experimental and Toxicologic Pathology*, 65(1), 15-19.
- Soliman GA, Saedan AS, Abdel-Rahman RF, Ogaly HA, Abd-Elsalam, RM, & Abdel-Kader MS, 2019. Olive leaves extract attenuates type II diabetes mellitus-induced testicular damage in rats: Molecular and biochemical study. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 27(3), 326-340.
- Stadtman ER, 2004. Role of oxidant species in aging. *Current Medicinal Chemistry*, 11(9), 1105-1112.

- Sun Y, Oberley LW, and Li Y, 1988. "A simple method for clinical assay of superoxide dismutase." *Clinical chemistry* 34(3), 497-500.
- Tang SY, Sivakumar M, Ng, AM-H, & Shridharan P, 2012. Anti-inflammatory and analgesic activity of novel oral aspirin-loaded nanoemulsion and nano multiple emulsion formulations generated using ultrasound cavitation. *International journal of pharmaceutics*, 430(1-2), 299-306.
- Taysi S, Memisogullari R, Koc M, Yazici AT, Aslankurt M, Gumustekin K, . . . Ozder TH, 2008. Melatonin reduces oxidative stress in the rat lens due to radiation-induced oxidative injury. *International Journal of Radiation Biology*, 84(10), 803-808.
- Temple NJ, 2000. Re: "Dietary flavonoid intake and risk of cardiovascular disease in postmenopausal women". *American Journal of Epidemiology*, 151(6), 634-635.
- Tietz NW, 1995. *Clinical Guide to Laboratory Tests*. Philadelphia, Pennsylvania: W.B. Saunders Company.
- Visioli F, Poli A, & Gall C, 2002. Antioxidant and other biological activities of phenols from olives and olive oil. *Medicinal research reviews*, 22(1), 65-75.
- Yanbeyi S, 1999. Aspirin ve antioksidant buthylated hydroxyanisole' ün tavşanlarda eritrosit total katalaz, süperoksit dismutaz ve glutatyon peroksidaz aktiviteleri üzerine etkileri. *Ondokuz Mayıs Üni. , Samsun*.
- Yoruk O, Gur F, Uyanik H, Yasar M, Mutlu V, Altas E, . . . Taysi S, 2010. Antioxidant effects of *Nigella sativa* in the treatment of experimentally induced rhinosinusitis. *Macedonian Journal of Medical Sciences*, 3(2), 132-137.

**Occurrence of *Ligula* sp. plerocercoids in *Ladigesocypris irideus* (Ladiges, 1960) from South-Western Turkey: new host and new locality records**Somayeh DOOSTI<sup>1\*</sup>, Fevzi YILMAZ<sup>2</sup>

**ABSTRACT:** In this study, the occurrence of the tapeworm *Ligula* cestoda was reported from the body cavity of Anatolian ghizani *Ladigesocypris irideus* collected from Ula pond, Aegean Region of Turkey in November 2018. Six infected fish were observed having eighteen parasites in total with minimum and maximum lengths of 40.23 mm and 51.79 mm, respectively. The prevalence, mean intensity and abundance of infection were assessed as 42.85%, 3 and 1.28 respectively. This study reports the first record of this endoparasite from Anatolian ghizani, a species endemic to South-Western Turkey. This is also the first record of this parasite from Aegean Region that is an evidence of increasing spread of this group in non-infected parts of Turkey mainly through the forced biological invasion.

**Keywords:** *Ligula* sp., *Ladigesocypris irideus*, endemic fish, Anatolian ghizani, pond ecosystems, biological invasion

<sup>1</sup> Somayeh DOOSTI (Orcid ID: 0000-0002-6330-4779), Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Muğla, Türkiye

<sup>2</sup> Fevzi YILMAZ (Orcid ID: 0000-0001-7487-6652), Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Muğla, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Somayeh DOOSTI, e-mail: somayehdoosti.ir@gmail.com

## INTRODUCTION

*Ligula* (Linnaeus, 1758) is the most known genus of Cestoda from Pseudophyllidea that mostly infects members of Cyprinidae (Wootten, 2012). This parasite has the potential to influence fish in many aspects, which causes heavy losses on host species (Brown et al., 2002; Lagrue et al., 2018).

*Ladigesocypris irideus* (Ladiges, 1960) is a small cyprinid endemic to the Aegean Region of Turkey (Yilmaz et al., 2015). It has been reported from the main watercourses of southwestern Anatolia, i.e. Akçapınar, Balıklı, Gediz, Küçük Menderes, Tersakan, Yuvarlakçay rivers and streams, Köyceğiz Lake and Ula pond (Bogutskaya, 1997; Yilmaz et al., 2006; Fricke et al., 2007; Giannetto et al., 2015; Top and Tarkan, 2015). *L. irideus* inhabits slow running freshwaters especially in areas with tree roots, small caverns and plenty of vegetation. *L. irideus* lives up to 5 years and mostly feeds with small invertebrates, algae, and plant material. Spawning happens mostly in late spring and early summer (Yilmaz and Öğretmen, 2001). Rainfall reduction, water pollution and abstraction, habitat degradation and dam's water retention are the main threatening factors for this species (Freyhof, 2008; Yilmaz et al., 2015).

In Turkish inland waters, *Ligula* cestode infection is one of the most stated causes of fish stocks declining. Since the first record by Güralp (1968) several reports of infection have been given from various regions of Turkey referring to the infection as *Ligula intestinalis* (Cantorary and Özcan, 1975; Keskin and Erk'akan, 1987; Yilmaz et al., 1996; Yıldız et al., 2003; Innal et al., 2007; Aydoğdu et al., 2008; Innal et al., 2010; Özbek and Öztürk, 2010; Demirtaş, 2011). Also, some other studies reported intensity and infection prevalence of parasites by size, sex and seasonal distribution on the host fish species (Kır et al., 2004; Tekin et al., 2006; Kurupınar and Öztürk, 2009; Özbek and Öztürk, 2010; Turgut et al., 2011). In addition, the effect of parasites on physiological and anatomical structures of fish and pathological investigation on infected hosts were also reported (Akmirza, 2007; Korkmaz and Zencir, 2009; Saç et al., 2016; Aydoğan et al., 2018).

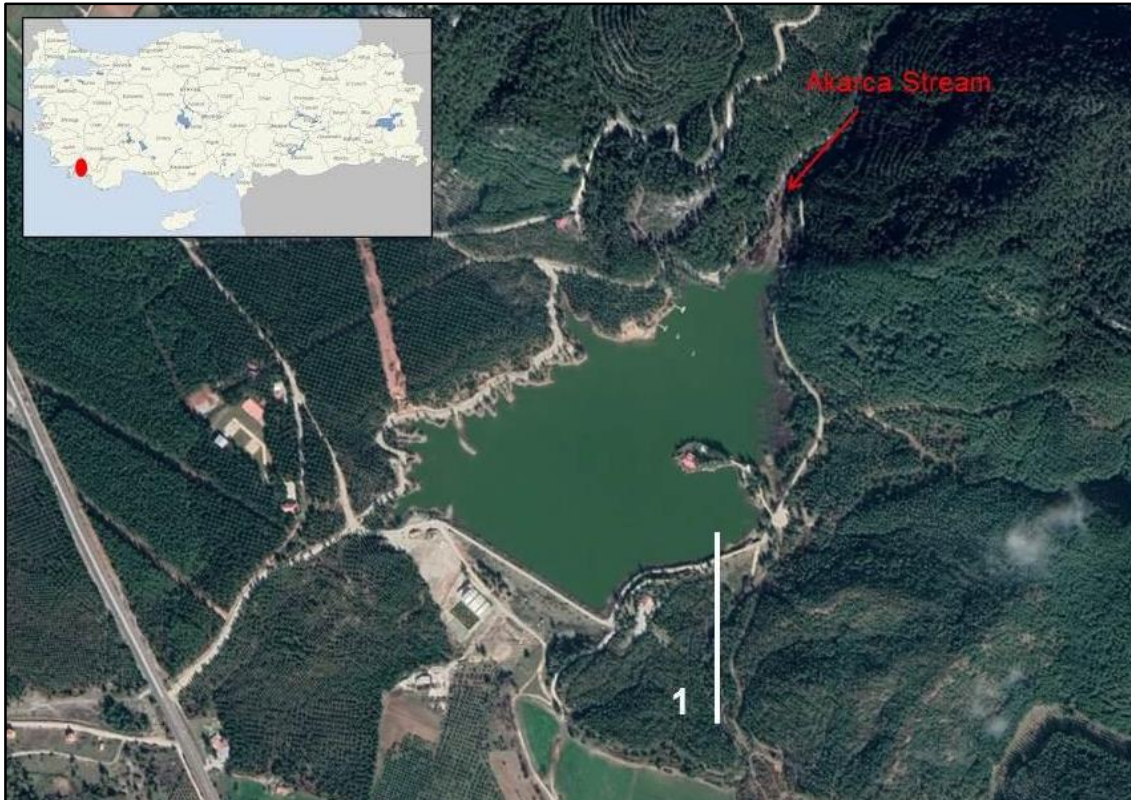
The present study aims to report the first occurrence of *Ligula* plerocercoids from a new host species *L. irideus* and a new locality (Ula pond in the Aegean Region of Turkey).

## MATERIALS AND METHODS

### Study Area

Ula pond is an artificial reservoir constructed on Akarca streambed in 1987, for irrigation purpose and water supply of fire helicopters. The pond has an area of 9750 km<sup>2</sup> and 2.5 km long (37°07' N, 28°23'E) and it is fed by Akarca stream (Figure 1). Until 1988, *L. irideus* and Aegean chub *Squalius fellowesii* were composing the only fish fauna of the pond. However, after the release of a large number of common carp *Cyprinus carpio* in the pond for sport fishing other alien species as gibel carp *Carassius gibelio*, goldfish *Carassius auratus*, and Eastern mosquitofish *Gambusia holbrooki* species were also introduced unintentionally into the pond (Top and Tarkan, 2015). The output water of the pond runs slowly in summer and does not show a significant increase in winter. This small output water does not join with any other water basin. Therefore, fish are trapped in small pools during summer and become easily exposed to threats.





Şekil 1. Ula Pond, Mugla province (Sampling areas are shown by white line) (<https://earth.google.com/>).

### Fish Collection

A total of 14 *L. irideus* samples were collected in November 2018, from the output water of Ula pond using electrofishing (SAMUS 725MS) during fieldwork aimed to collect data on the biology of this endemic fish species. The samples were brought to the laboratory on the same day. For each collected fish, total, fork and standard lengths (nearest to 0.1 cm), also total weight (nearest to 0.1 g) were recorded. After measuring the biological characteristics of fish, specimens were dissected to examine the body cavity and viscera. The parasites were identified using the following references: Cheng (1973), Ekingen (1983), Chubb et al. (1987), Yamaguti (1959) and Schmidt (1986). The numbers of plerocercoides occurring in each fish specimen were counted. The numbers of plerocercoides occurring in each fish specimen were counted. The total length and weight of parasites were measured. Prevalence (%), mean intensity and abundance were also calculated as per Bush et al. (1997) and Gholami et al. (2011).

### RESULTS

Out of fourteen collected *L. irideus* samples six of them were found infected having 1 to 11 parasites. Due to morphology, the abdomens of infected *L. irideus* specimens were salient and stretched as the body cavity and viscera were coiled up with plerocercoides. In this study, total, fork and the standard length of fish samples ranged between 22.13-67.23 mm, 20.41-61.15 mm and 18.56-53.20 mm, respectively. Total weight ranged between 1.17 and 3.49 gr for infected fish. As most parts of viscera were found devastated during dissection sex determination of fish was not possible.

The examined parasites were identified as plerocercoides of *Ligula* sp. being those flat with no divided scolex dome at the apex and arrowed annulation. It has no external segmentation of strobila but a round anterior end. The maximum and minimum of parasite length were 69.41 mm and 7.32 mm and

also the maximum and minimum of parasite weight were 0.33 gr and 0.07 gr, respectively. The prevalence, mean intensity and abundance of infection by plerocercoid of *Ligula* were found 42.85%, 3 and 1.28, respectively (Table 1).

**Table 1.** Details of infected *L. irideus* with *Ligula* sp. plerocercoids and non-infected specimens from Ula pond (Mugla, Southwest Turkey)

Fish No.	Fish TL (mm)	Fish FL (mm)	Fish SL (mm)	Fish Weight (gr)	Total Parasite No	Prevalence (%)	Mean Intensity	Abundance
1	67.23	61.15	53.2	3.49	2			
2	57.86	50.71	46.97	1.95	2			
3	55.52	50.45	45.77	1.81	-			
4	55.41	50.11	45.32	2.10	1			
5	53.35	49.84	44.84	2.09	11			
6	55.18	51.76	45.29	1.87	1			
7	54.65	50.48	45.21	2.88	-			
8	52.56	47.13	42.63	1.17	1			
9	51.66	46.26	42.25	1.28	-			
10	46.73	41.68	37.55	1.07	-			
12	39.26	37.12	33.95	0.72	-			
13	29.10	26.52	23.67	0.22	-			
14	22.13	20.41	18.56	0.09	-			
Total						42.85	3	1.28

## DISCUSSION

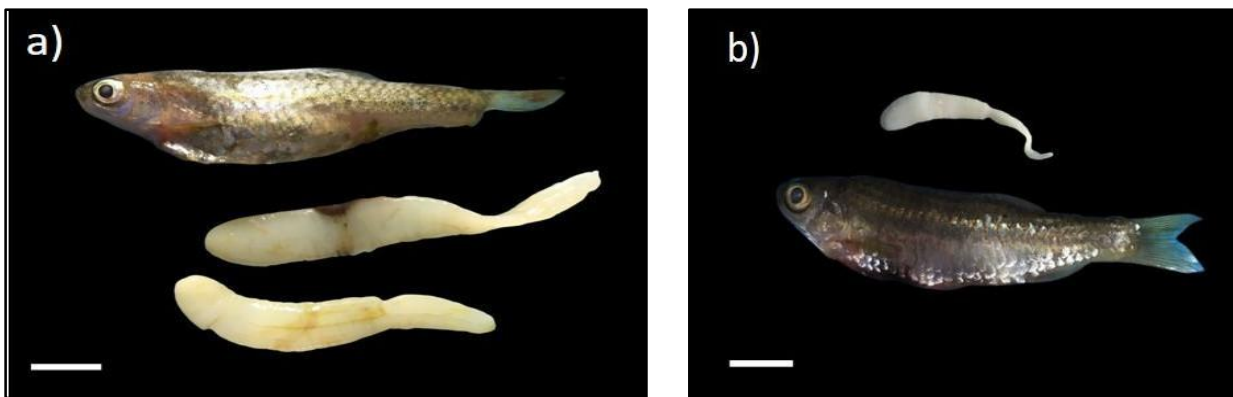
With a three-hosted life cycle, *Ligula* cestode can infect many freshwater fishes in its plerocercoid stage which inhabits the fish's abdominal cavity in its second host (Lagrue et al., 2018). This parasite has the potential to influence fish in many aspects, which causes heavy losses on host species (Brown et al., 2002; Lagrue et al., 2018). Besides giving serious harm to fish stocks and economic value, it can also affect non-commercial but endangered species like Anatolian ghizani *Ladigesocypris irideus* (Ladiges, 1960) which is a small cyprinid endemic to Aegean Region of Turkey (Yilmaz et al., 2015).

Due to Turgut et al. (2011) prevalence of *L. intestinalis* plerocercoid was found highest in the autumn as 73.3% value while the same value in Korkmaz and Zencir (2009) studies was found 96.8% in winter and informed as 21 parasites mostly in spring by Tekin et al. (2006). This data was mentioned as maximum 12.6% in summer by Kurupinar and Öztürk (2009). In the present study, prevalence of *Ligula* plerocercoid was found 42.85% in winter. The smaller value can be due to the shorten period of investigation as the study was not seasonal but restricted to a one-month samplings carried on in a small group of specimens. The presence of stretched and salient abdomen in the examined fish was related to the number and size of parasites in their body cavity (Kır et al., 2004; Hoole et al., 2010; Mehraban et al., 2014). Hence Aydoğan et al. 2018 stated that infected cyprinid specimens behave differently when compared to others such as swimming closer to the surface, less predation avoidance and losing depth preference, which would make them more vulnerable to predation by avian predators and also less vigilant to escape from deep net (Loot et al., 2002; Gabagambi et al., 2019). Figure 2a and b report the infected *L. irideus* and the plerocercoids of *Ligula* sp. found in collected samples. As was observed by Saç et al. (2016) the difficulty in determine the sex of the infected fish was probably due to absence or degeneration of sexual organs possibly caused by compression or potential inhibition acted by the parasite on development of the reproductive system with diverting gonad development to somatic growth

in infected fish (Arme, 1968; Loot et al., 2002; Cowex et al., 2008; Hoole et al., 2010). Moreover, the infected fish samples were found to be bigger and heavier than the other fish. It has been suggested that the increase in *Ligula* infection may be related to increasing fish size due to the consumption of more infected copepods in larger fish (Loot et al., 2001; Özbek and Öztürk, 2010). The highest number of *Ligula* plerocercoids in this study was 11 small ones in a 53.35 mm (TL) length sample, which explains the decreased size of plerocercoids due to inadequate place in the body cavity for parasites growth.

No previous reports on the occurrence of *Ligula* from *Ladigesocypris irideus* are available in the literature. The only similar study is the occurrence of rhabdochonid nematode *Rhabdochona leucaspis* in *Ladigesocypris ghigii* (Moravea, 2006), which is another cyprinid endemic to Greece with restricted distribution to mainland Greece and Rhodes Island (Stoumboudi et al., 2002; Fricke et al., 2007; Giannetto et al., 2015).

Nevertheless, no previous records of *Ligula* from Aegean Region have been reported in the literature to date. This report underlines the further spread of this parasite throughout Turkey mainly due to the increasing number of introduced fish species throughout the country (Tarkan et al., 2015).



**Figure 2.** Plerocercoids of the cestode *Ligula* sp. (a and b) from the body cavity of Anatolian ghizani *Ladigesocypris irideus* specimens collected from Ula pond, Aegean Region of Turkey. Scale bar = 1 cm

## CONCLUSION

The reported increasing number of infections with *Ligula* species in freshwater fishes of Turkey (Innal et al., 2007) is a concerning situation that could act as a further factor affecting the survival of already threatened endemic and endangered cyprinid species (Brown et al., 2002; Şaşı and Giannetto, 2016) as *Ladigesocypris irideus* due to behavioral change and pathological side effects.

Considering the position of the reservoir, Ula pond is situated in an area fed only by Akarca stream with no previous report of infection. Topcam reservoir is the closest basin with no aquatic connection to Ula pond in which infection with *Ligula* tapeworms has been reported previously (Innal et al., 2007). As the biological invasion threaten the native ecosystem by changing the local biodiversity or even transmission of new parasites (Lagrue et al., 2018) the introduction of cyprinid fish *C. carpio* to Ula pond and impulsively transfer of some infected alien species could be considered as the major source of parasite introduction in this watercourse. Moreover, infected bird species probably have an important role in the transmission of *Ligula* tapeworms in Ula pond being the avian fauna in the region very rich (Hoole 1994; Kiraç et al., 2012). Rainfall reduction and human impact (Hoole et al., 2010) are considered as other potential impacts of spreading parasite infection in the pond.

Although other species in Ula pond have not been examined in term of parasite presence in this study, all fish species of Ula pond can be considered as a potential infection source, which may cause



zoonose also in native people though fish consumption. Further researchers are also suggested to progress a successful infection control strategy for the conservation of endemic fish fauna.

## ACKNOWLEDGMENT

We are grateful to Professor Robert Poulin (Department of Zoology, University of Otago) for his useful opinion of the identification of the parasite. We also thank Murat Senturk for assistance in the fieldwork. This study is a part of Ph.D. thesis and was supported by Scientific Research Projects of Mugla Sıtkı Kocman University (BAP Project Number: 18/063).

## REFERENCES

- Akmirza A, 2007. *Ligula intestinalis* L. plerocercoidlerinin acı balığın (*Rhodeus amarus* Bloch, 1782) büyümesi üzerine etkisi. *J. Black Sea/Mediterranean Environment*, 13: 155–160.
- Arme C, 1968. Effects of the plerocercoid larva of pseudophyllidean cestode, *Ligula intestinalis*, on the pituitary gland and gonads of its host. *Biological Bulletin* 134, 15–25.
- Aydoğan A, İnnal D, Dolu H, 2018. Pathological Investigations in Tench (*Tinca tinca* (L., 1758)) Naturally Infected with *Ligula intestinalis* Plerocercoids *Israel Journal of Veterinary Medicine*, Vol. 73
- Aydoğdu A, Emence H, İnnal D, 2008. Gölbaşı Baraj Gölü (Bursa)'ndeki eğrez balıkları (*Vimba vimba* L. 1758)'nda görülen helmint parazitler. *Türkiye Parazit Derg*, 32(1): 86–90.
- Bogutskaya NG, 1997. Contribution to the knowledge of leuciscine fishes of Asia Minor. Part 2. An annotated check-list of leuciscine fishes (Leuciscinae, Cyprinidae) of Turkey with descriptions of a new species and two new species. *Instituto Espanol de Oceanografia* 94, 161–186.
- Brown SP, Loot G, Teriokhin A, Brunel A, Brunel C, Guégan JF, 2002. Host manipulation by *Ligula intestinalis*: a cause or consequence of parasite aggregation. *International Journal for Parasitology* 32, 817–824.
- Bush AO, Lafferty KD, Lotz JM, Shostak AW, 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et. al., revisited. *Journal of Parasitology* 83, 575–583.
- Cantoray R, Ozcan A, 1975. Elazığ ve çevresindeki tatlısu balıklarında Ligulose. *F.U. Veteriner Fak. Dergisi* 2(3), 288–301.
- Cheng CT, 1973. *General Parasitology*. Academic Press Inc, London, p. 965.
- Chubb JC, Pool DW, Weltkamp CJ, 1987. A key to species of cestodes (tapeworms) parasitic in British and Irish Freshwater fishes. *Journal of Fish Biology* 31, 517–543.
- Cowx IG, Rollins D, Tumwebaze R, 2008. Effect of *Ligula intestinalis* on the reproductive capacity of *Rastrineobola argentea* in Lake Victoria. *Journal of Fish Biology* 73, 2249–2260.
- Demirtaş M, 2011. Terkos Gölü'nde Yaşayan Kadife Balıklarının (*Tinca tinca* L. 1758) Helmint Parazitlerinin Mevsimsel Dağılımı ve Etkileri. *Türkiye Parazit Derg*. 2011; 35: 159-63
- Ekingen G, 1983. *Tatlısu Balık Parazitleri*. Fırat Üniv. Su Ür. Yüksek Okulu Yay. No: 1, s. 253.
- Freyhof J, 2014. *Ladigesocypris irideus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2014: e.T61266A19009700. <https://www.iucnredlist.org/> (date of access: 14 October 2019)
- Fricke R, Bilecenoğlu M, Sarı HM, 2007. Annotated checklist of fish and lamprey species (Gnathostomata and Petromyzontomorphi) of Turkey, including a Red List of threatened and declining species. *Stuttgarter Beitrage zur Naturkunde Serie A* 706.
- Gabagambi NP, Salvanes AGV, Midtoy F, Skorping A, 2019. The tapeworm *Ligula intestinalis* alters the behavior of the fish intermediate host *Engraulicypris sardella*, but only after it has become infective to the final host. *Behavioural Processes*, 158, 47–52.
- Gholami Z, Akhlaghi M, Esmaeili HR, 2011. Infection of *Aphanius dispar* (Holly, 1929) with *Ligula intestinalis* plerocercoids in Mehran River, Hormuzgan province, south of Iran. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 10(2), 346–351.
- Giannetto D, Tarkan AS, Akbaş F, Top N, Ağdamar S, Karakuş U, Pompei L, Lorenzoni M, 2015. Length-weight and length-length relationships for three endemic cyprinid species of the Aegean region (Turkey) with proposed standard weight equations. *Turkish Journal of Zoology* 39 (5), 925–932. DOI: 10.3906/zoo-1410-44
- Güralp N, 1968. Yurdumuz baraj gölleri balıklarında Ligulose. *Türk Veteriner Hekimleri Dernegi Dergisi* 3, 29–30.
- Hoole D, 1994. Tapeworm infections in fish: past and future problems. *Parasitic Diseases of Fish* 119–140.

- Hoole D, Carter V, Dufour S, 2010. *Ligula intestinalis* (Cestoda: Pseudophyllidea): an ideal fish-metazoan parasite model. *Parasitology* 137, 425–438.
- Innal D, Keskin N, Erkakan F, 2007. Distribution of *Ligula intestinalis* (L.) in Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 7, 19–22
- Innal D, Erkakan F, Keskin N, 2010. The Dynamics of the *Ligula intestinalis* (Cestoda: Pseudophyllidea) in Three Cyprinid Species [*Alburnus escherichii* Steindachner, 1897; *Gobio gobio* (Linnaeus, 1758) and *Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758)] in Camkoru Pond (Ankara-Turkey) *Hacettepe Journal of Biology And Chemistry. Hacettepe J. Biol. & Chem.*, 2010, 38 (4) 319-324
- Keskin N, Erkakan F, 1987. Ülkemiz tatlısu balıklarında Ligulosis. *Hacettepe Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8: 57-70.
- Kıraç CO, Ünal V, Veryeri NO, Güçlüsoy H, Yalçın AC, 2012. Gökova'da Yürütülen Kıyı Alanları Yönetimi Temelli Projeler Envanteri ve Korumada Verimlilik. *Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları IX. Ulusal Kongresi*, Hatay, Antakya.
- Kır İ, Ayvaz Y, Barlas M, Tekin-Özan S, 2004. Karacaören I Baraj Gölü'nde yaşayan sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758)'lardaki parazitlerin mevsimsel dağılımları ve etkileri. *Türkiye Parazitol Derg*, 28 (1): 45–49.
- Korkmaz AŞ, Zencir O, 2009. Annual dynamics of tape-worm, *Ligula intestinalis* parasitism in tench (*Tinca tinca*) from Beyşehir Lake, Turkey. *J Anim Vet Advances*, 8 (9): 1790–1793.
- Kurupınar E, Öztürk MO, 2009. Mevsimsel değişime ve boy büyüklüğüne bağlı olarak *L. cephalus* L.'un (Örenler Baraj Gölü, Afyonkarahisar) helmint faunası üzerine bir araştırma. *Türkiye Parazitol Derg*, 33 (3): 248–253.
- Lagrange C, Presswell B, Dunckley N, Poulin R. 2018. The invasive cestode parasite *Ligula* from salmonids and bullies on the South Island. *New Zealand Parasitology Research* 117, 151–156
- Loot G, Brosse S, Lek S, Guegan JF. 2001. Behaviour of roach (*Rutilus rutilus*) altered by *Ligula intestinalis* (Cestoda: Pseudophyllidea): a field demonstration. *Freshwater Biology* 46, 1219–1227.
- Loot G, Aulagnier S, Lek S, Thomas F, Guégan JF. 2002. Experimental demonstration of a behavioural modification in a cyprinid fish, *Rutilus rutilus* (L.), induced by a parasite, *Ligula intestinalis* (L.). *Canadian Journal of Zoology* 80, 738–744.
- Mehraban HR, Sayyadzadeh G, Malekzahi H, Ahmadi A. 2014. A first report of infection with the Tapeworm *Ligula intestinalis* (Linnaeus, 1758) plerocercoids in Persian bleak, *Alburnus hohensekleri* Kessler, 1870 in Southeastern. *Iranian Journal of Ichthyology* 1(1), 12–16.
- Moravec F. 2006. Systematic status of *Rhabdochona leucaspis* Kritscher, 1979 (Nematoda: Rhabdochonidae). *Folia parasitologica* 53, 240, 2006
- Özbek M, Öztürk MO, 2010. Kunduzlar Baraj Gölü (Kırka, Eskişehir)'nde Yaşayan Bazı Balıkların *Ligula intestinalis* Plerocercoid L., 1758 Enfeksiyonu Üzerine Araştırmalar. *Türkiye Parazitol. Derg.* 2010:34 (2): 112 – 117,
- Saç G, Serezli E, Okgerman H, 2016. The Occurrence Of *Ligula Intestinalis* In Its Fish Host *Rutilus Rutilus* (L.) And The Effects Of Parasite On The Fish Growth (Büyükçekmece Reservoir, Turkey) *Journal Of Aquaculture Engineering And Fisheries Research E-Issn 2149-0236* 2(3): 142-150 (2016) doi: 10.3153/JAEFR16016
- Saşi H, Giannetto, D. 2016 First record of adult Nematomorpha *Gordius* sp. from western Anatolia (Turkey). *Turkish Journal of Zoology* 40 (3), 320-323.
- Schmidt Gd, 1986. CRC Handbook of Tapeworm Identification. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Stoumboudi M, Barbieri R, Mamuris Z, Corsini-Foka MJ, Economou AN, 2002. Threatened fishes of the world: *Ladigesocypris ghigii* (Gianferrari, 1927) (Cyprinidae). *Environmental Biology of Fishes* 65, 340.
- Tarkan AS, Marr SM, Ekmekçi FG, 2015. Non-native and translocated freshwater fish species in Turkey. *FISHMED Fishes in Mediterranean Environments* 2015.003: 28p
- Tekin-Özan S, Kır İ, Ayvaz Y, Barlas M, 2006. Beyşehir Gölü kadife balığı (*Tinca tinca* L., 1758)'nın parazitleri üzerine bir araştırma. *Türkiye Parazitol Derg*, 30(4): 333–338.
- Top N, Tarkan AS, 2015. Yabancı tatlısu balıklarının endemik bir tatlı su balığı, *ladigesocypris irideus* (ladiges, 1960) üzerine etkileriyle ilgili bir araştırma. *Su Ürünleri Mühendisleri Derneği Dergisi* 58-61
- Turgut E, Develi N, Yeşilayer N, Buhan E, 2011. Seasonal Occurrence of *Ligula intestinalis* Infection in Cyprinids from Almus Dam Lake, Turkey *KSÜ Doğa Bil. Derg.*, 14(3), 2011
- Wootton R. 2012. *The Parasitology of Teleosts. In: Fish Pathology*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Yamaguti S, 1959. *Systema Helminthum*, Vol. II. The Cestodes of Vertebrates. Interscience Publishers Inc, New York and London.



- Yıldız Y, Korkmaz H, Zencir O, 2003. The infection of tench (*Tinca tinca*) with *Ligula intestinalis* Plerocercoids in Lake Beyşehir (Turkey). Bull Eur Ass Fish Path 23(5), 223–227.
- Yılmaz F, Solak K, Alaş A, 1996, September. Yukarı Porsuk Havzasındaki *Ligula intestinalis* L. hakkında bir araştırma. XIII. Ulusal Biyoloji Kongresi, İstanbul.
- Yılmaz F, Öğretmen F, 2001. Growth and reproduction features of *Ladigesocypris ghigii ghigii* (Gianferrari, 1927). In: Proceeding of XI. National Fisheries Symposium, Hatay 2001 (pp. 288–295) (in Turkish).
- Yılmaz F, Barlas M, Yorulmaz B, Özdemir N, 2006. Taxonomical Study on the Inland Water Fishes of Muğla. E.U. Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 23 (1–2), 27–30.
- Yılmaz F, Yorulmaz B, Giannetto, D, 2015. Threatened fishes of the world: *Ladigesocypris irideus* (Ladiges, 1960) (Cyprinidae) Croatian Journal of Fisheries 177–180.

**Karyotype Analysis of *Paronychia anatolica* subsp. *anatolica* (Caryophyllaceae, Paronychioideae)**Halil Erhan EROĞLU<sup>1\*</sup>, Ümit BUDAK<sup>1</sup>

**ABSTRACT:** In the study, the chromosomal data of *Paronychia anatolica* subsp. *anatolica* are provided for the first time. The diploid chromosome number and karyotype formula are  $2n = 2x = 18 = 16m + 2sm$  with metacentric chromosomes out of submetacentric chromosome 1. No all chromosomes have satellite and secondary constriction. The values of total haploid length and mean chromosome length are very low with 14.47 and 1.61  $\mu\text{m}$ , respectively; because the taxon has low numbers and relatively small of chromosomes, which are range from 1.21 to 1.84  $\mu\text{m}$ . The karyotype is symmetrical type. Within the scope of all the results, the data will provide important contributions to the cytotaxonomy of genus *Paronychia*. Especially, taxon contains very different karyotypic data from other subspecies and it is very important knowledge for cytotaxonomic point of view.

**Keywords:** Chromosome, karyotype asymmetry, *Paronychia*, Turkey

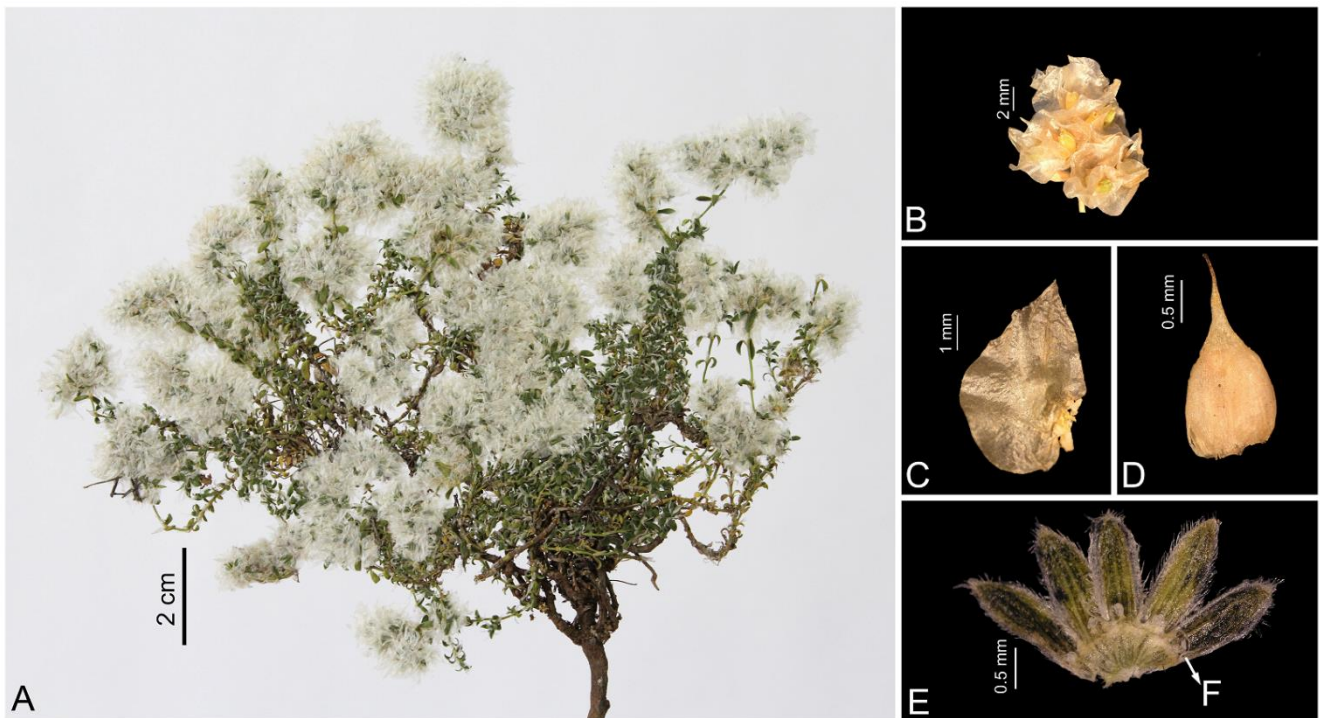
<sup>1</sup> Halil Erhan EROĞLU (Orcid ID: 0000-0002-4509-4712), Ümit BUDAK (Orcid ID: 0000-0002-7517-7092), Yozgat Bozok Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Yozgat, Türkiye

\*Corresponding Author: Halil Erhan EROĞLU, e-mail: herhan.eroglu@bozok.edu.tr

## INTRODUCTION

The genus *Paronychia* Miller consists of approximately 110 species widespread all over the world. Turkey together with Peru-Bolivia and America are one of the most important distribution centers of *Paronychia* species (Bittrich, 1993). The flora of Turkey currently includes 29 species and 12 subspecies and varieties with 16 endemic taxa in genus *Paronychia* (Chaudhri, 1967, 1968; Eroğlu et al., 2017; Eroğlu et al., 2020).

*Paronychia anatolica* Czecz. is a perennial herb with flowers white; stems much branched at the base, decumbent to ascending, 5-10 cm length; base diameter 3-6 mm (Figure 1). The species is endemic to Turkey and grows at rocky-stone areas and forest openings in 980-1500 m. Vernacular names are “etyaran” or “ana etyaran” (Eroğlu et al., 2017).



**Figure 1.** *Paronychia anatolica*: A) habit, B) glomerule, C) bract, D) fruit, E) sepals, F) petals

Within *Paronychia*, the basic chromosome numbers are  $x = 5, 7, 8, 13$  and more common  $x = 9$  (Eroğlu et al., 2020). The chromosomal data are reported from 23 Turkish taxa. Three species are only diploid and they reveal only one basic number:  $x = 9$  ( $2n = 18$ ). Seventeen species are polyploid and reveal three different polyploidy levels: tetraploidy ( $2n = 4x = 28, 36$  and  $52$ ), hexaploidy ( $2n = 6x = 54$ ), and octoploidy ( $2n = 8x = 56, 72$  and  $104$ ). Three species are diploid and polyploid (Lorenzo Andreu and García Sanz, 1950; Blackburn and Morton, 1957; Löve, 1975; Küpfer, 1980; Diosdado and Pastor, 1994; Runemark, 1996; Eroğlu et al., 2017; Eroğlu et al., 2020). In the study, it is aimed to investigate to the parameters of chromosome number, karyotype formula, detailed chromosome measurements, and karyotype asymmetry in *P. anatolica* subsp. *anatolica*.

## MATERIALS AND METHODS

### Plant Material

*P. anatolica* subsp. *anatolica* was collected from its natural habitats in Turkey. The collection information: Tokat; Çamlıbel mountain, near Çatalkaya village,  $40^{\circ}01'43''N$   $36^{\circ}23'28''D$ , 1140 m,

07.07.2014, Budak 3126 & Hamzaoğlu. Exsiccates were deposited at the herbarium of the Department of Biology, at the Yozgat Bozok University in Yozgat.

### Cytogenetic Procedure

The cytogenetic procedure consists of six different stages and these are listed below. The first is the germination of seeds in petri dishes at room temperature. The second is pretreatment in  $\alpha$ -monobromonaphthalene solution at 4°C for 16 h. The third is fixation in fixative solution (alcohol: acetic acid, 3:1, v:v). The fourth is hydrolysis in 1 N HCl at 60°C for 12 min. The fifth is staining in 2% acetoorcein for 2 h. The sixth is the preparation with the squash method (Elçi and Sancak, 2013; Martin et al, 2020).

### Karyotype Analysis

Photographs of chromosome spreads were taken using a Olympus BX53 microscope fitted with a DP72 digital camera. Ten mitotic cells were analyzed by Software KaryoType. The following formulae were used for karyotype analysis.

$$TL \text{ (total chromosome length)} = LA \text{ (long arm)} + SA \text{ (short arm)} \quad (1)$$

$$AR \text{ (arm ratio)} = LA / SA \quad (2)$$

$$CI \text{ (centromeric index)} = [(SA) / (LA + SA) \times 100] \quad (3)$$

$$THL \text{ (total haploid length)} = TL_1 + TL_2 + TL_3 + TL_4 + TL_5 + TL_6 + TL_7 + TL_8 + TL_9 \quad (4)$$

$$MCL \text{ (mean chromosome length)} = THL / n \quad (5)$$

$$RL \text{ (relative length)} = [(LA + SA) \times 100 / THL] \quad (6)$$

The chromosome classifications and karyotype formula were determined according to the Levan et al. (1964). All known methods, mainly  $M_{CA}$  (mean centromeric asymmetry) and  $CV_{CL}$  (coefficient of variation of chromosome length), were used to calculate karyotype asymmetries (Stebbins, 1971; Paszko, 2006; Peruzzi and Eroğlu, 2013). The following formulae were used for intrachromosomal and interchromosomal asymmetry.

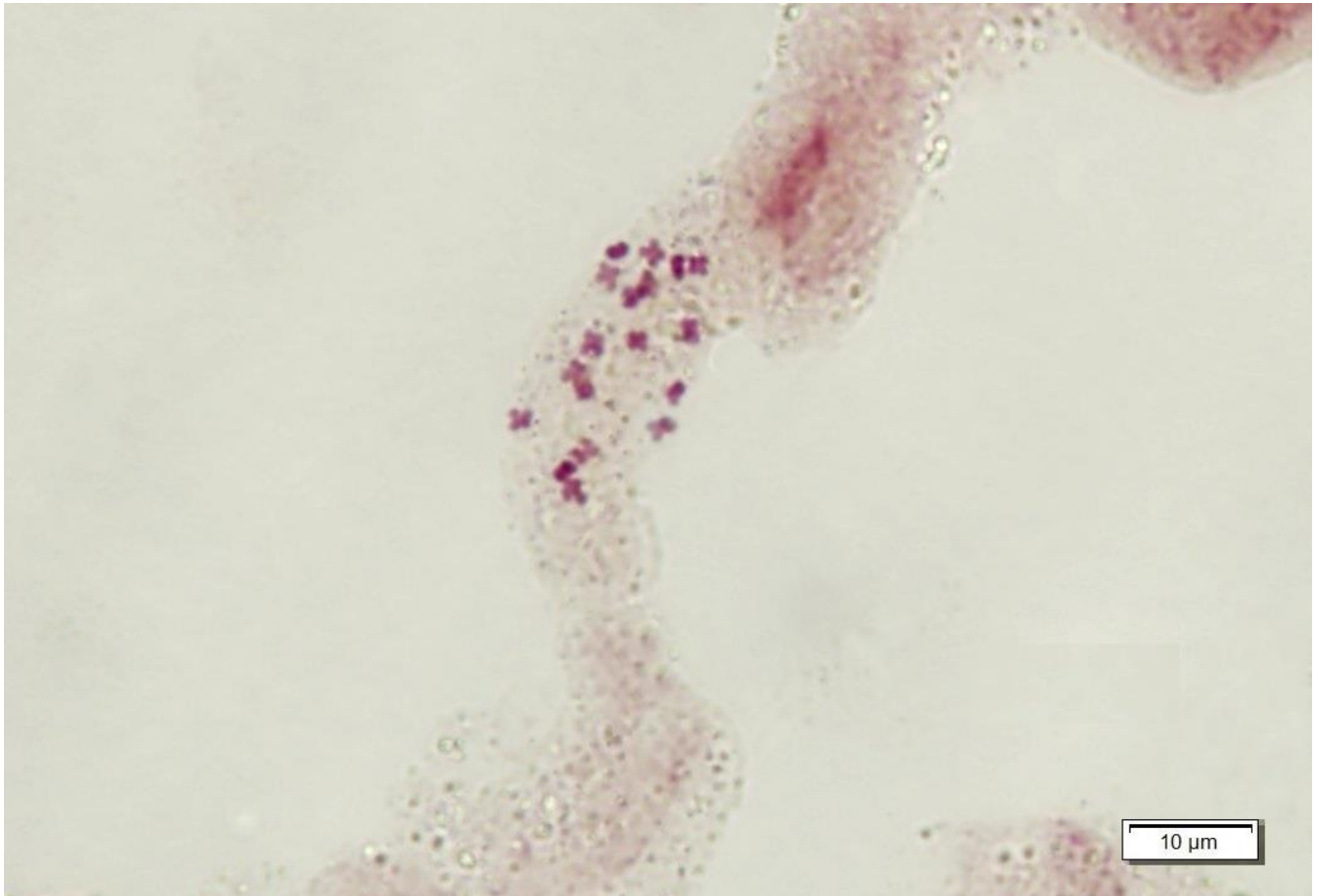
$$M_{CA} = \text{mean} [(TOTAL_{LA} - TOTAL_{SA}) / (TOTAL_{LA} + TOTAL_{SA})] \times 100 \quad (7)$$

$$CV_{CL} = [SD \text{ (standard deviation)} / MCL] \times 100 \quad (8)$$

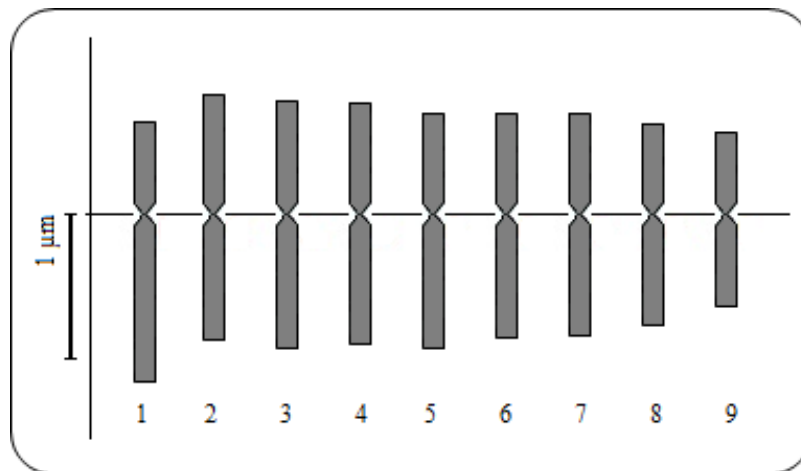
## RESULTS AND DISCUSSION

Figure 2 and Figure 3 present the somatic metaphase chromosomes and haploid ideogram in *P. anatolica* subsp. *anatolica*. The karyotype formula is  $2n = 2x = 18 = 16m + 2sm$  with metacentric chromosomes out of submetacentric chromosome 1 (Table 1). No all chromosomes have satellite and secondary constriction. THL and MCL values are very low with 14.47 and 1.61  $\mu\text{m}$ , respectively, because the taxon has relatively small and low numbers of chromosomes compared with other taxa given detailed measurements. The detailed chromosomal measurements of *P. anatolica* subsp. *anatolica* are given in Table 2. The values of TL, RL, and CI range from 1.21-1.84  $\mu\text{m}$ , 8.36-12.72%, and 35.33-49.11%, respectively. The high CI is characterized with median region. The chromosome 2 is the most

symmetric chromosome with the highest centromeric index and the lowest arm ratio. Unlike, the low CI is characterized with centromere shift. The chromosome 1 is the most asymmetric chromosome with the lowest centromeric index and the highest arm ratio. Table 3 presents the karyotype asymmetry values with symmetry/asymmetry limits. Stebbins classification is a qualitative parameter and others are quantitative parameters (Stebbins, 1971; Paszko, 2006; Peruzzi and Eroğlu, 2013).



**Figure 2.** Somatic metaphase chromosomes of *Paronychia anatolica* subsp. *anatolica*



**Figure 3.** The haploid ideogram of *Paronychia anatolica* subsp. *anatolica*



**Table 1.** The karyotype parameters of *Paronychia anatolica* subsp. *anatolica*

<b>Karyotype parameters</b>	
$x$ (basic number)	9
$2n$ (diploid number)	18
Karyotype formula	16m + 2sm
THL (total haploid length, $\mu\text{m}$ )	14.47
MCL (mean chromosome length, $\mu\text{m}$ )	1.61

**Table 2.** The detailed chromosome measurements of *Paronychia anatolica* subsp. *anatolica*

Chromosome pair	Total length ( $\mu\text{m}$ )	Long arm ( $\mu\text{m}$ )	Short arm ( $\mu\text{m}$ )	Arm ratio	Relative length (%)	Centromeric index (%)	Chromosome type
1	1.84	1.19	0.65	1.83	12.72	35.33	submetacentric
2	1.75	0.89	0.86	1.03	12.09	49.14	metacentric
3	1.74	0.94	0.80	1.17	12.02	45.98	metacentric
4	1.71	0.92	0.79	1.16	11.82	46.20	metacentric
5	1.66	0.94	0.72	1.31	11.47	43.37	metacentric
6	1.58	0.87	0.71	1.23	10.92	44.94	metacentric
7	1.57	0.85	0.72	1.18	10.85	45.86	metacentric
8	1.41	0.78	0.63	1.24	9.74	44.68	metacentric
9	1.21	0.64	0.57	1.12	8.36	47.11	metacentric

**Table 3.** The karyotype asymmetry values in *Paronychia anatolica* subsp. *anatolica*

Parameters	Value	Symmetry–Asymmetry limits*
S Cl. (Stebbins' classification)	1A	1A – 4C
As K (%) (karyotype asymmetry index)	55.42	50 – 100
TF (%) (total form percent)	44.58	50 – 0
Syi (%) (index of karyotype symmetry)	80.42	100 – 0
Rec (%) (chromosomal size resemblance)	87.38	100 – 100
A <sub>1</sub> (intrachromosomal asymmetry)	0.18	0 – 1
A <sub>2</sub> (interchromosomal asymmetry)	0.12	0 – 0
DI (dispersion index)	5.26	0 – 0
A (degree of karyotype asymmetry)	0.11	0 – 1
AI (asymmetry index)	1.05	0 – NA
CV <sub>CI</sub> (variation coefficient of centromeric index)	8.67	0 – NA
CV <sub>CL</sub> (variation coefficient of chromosome length)	12.13	0 – 0
M <sub>CA</sub> (mean centromeric asymmetry)	10.53	0 – 100

\* Stebbins, 1971; Paszko, 2006; Peruzzi and Eroğlu, 2013. NA, not applicable

The chromosome number is reported here for the first time for *P. anatolica* subsp. *anatolica*. The taxon has chromosome number of  $2n = 18$  as reported with also earlier Turkish taxa, which are *P. kapela* (Hacq.) A. Kern., *P. kurdica* Boiss. subsp. *hausknechtii* Chaudhri, *P. kurdica* Boiss. subsp. *montis-munzur* Chaudhri, and *P. macrosepala* Boiss., alphabetically (Löve, 1975; Küpfer, 1980; Runemark, 1996; Eroğlu et al., 2020).

In *P. anatolica* subsp. *anatolica*, the basic chromosome number is  $x = 9$  with ploidy level of  $2x$ . This is the most common basic number in Turkish species. However, the basic number of  $x = 8$  dominates in Macaronesia and Spain (Hartman, 1972, 1974; Diosdado and Pastor, 1994; Suda et al., 2003). In addition, the polyploidy is quite common in Turkish species. The basic numbers are  $x = 7$  with ploidy levels of  $4x$ ,  $8x$  in *P. argentea* Lam., *P. echinulata* Chater, and *P. polygonifolia* (Vill.) DC.;  $x = 9$  with ploidy levels of  $4x$ ,  $6x$ ,  $8x$  in many species;  $x = 13$  with ploidy levels of  $4x$ ,  $8x$  in *P. chionaea* Boiss subsp. *kemaliya* Chaudhri (Lorenzo Andreu and García Sanz, 1950; Blackburn and Morton, 1957; Löve,

1975; Küpfer, 1980; Diosdado and Pastor, 1994; Runemark, 1996; Eroğlu et al., 2017; Eroğlu et al., 2020).

The taxon has karyotype formula containing metacentric (m) and submetacentric (sm) chromosomes. The similar karyotypes have been showed, namely 18m in *P. kurdica* (Mirzadeh Vaghefi et al., 2014) and 34m + 2sm in *P. adalia* Chaudhri (Eroğlu et al., 2017). Eroğlu et al. (2020) reported that 16 taxa have karyotypes containing only m or m-sm but not subtelocentric (st) and telocentric (t) chromosomes. However, karyotypes containing subtelocentric chromosomes have been reported, namely 12m + 8sm + 2sm/st + 6st in *P. argentea* and m + 4sm + 6st in *P. echinulata* (Diosdado and Pastor, 1994).

According to the all parameters, *P. anatolica* subsp. *anatolica* shows the low intrachromosomal and interchromosomal asymmetry with a quite symmetrical karyotype. The values of AsK, TF, Syi, A1, A, and especially M<sub>CA</sub> refer the intrachromosomal asymmetry. In addition, the values of Rec, A2, and especially CV<sub>CL</sub> refer the interchromosomal asymmetry. The values of the Stebbins classification, CV<sub>CL</sub>, and M<sub>CA</sub> are 1A, 12.13, and 10.53, respectively. In literature, *P. adalia* has a symmetrical karyotype (Eroğlu et al., 2017); unlike, *P. argentea* and *P. echinulata* have more asymmetric karyotypes by several subtelocentric chromosomes (Diosdado and Pastor, 1994). In the most comprehensive study, 16 karyotypes are symmetrical (Eroğlu et al., 2020). Turkish *Paronychia* have symmetrical karyotypes. The symmetric karyotypes suggest early stages of karyotype evolution. This shows that Anatolia is an important distribution center of the genus.

The taxon contains quite different karyotypic data compared to other subspecies, which is *P. anatolica* subsp. *balansae* Chaudhri. In the literature, *P. anatolica* subsp. *balansae* is tetraploid taxon with  $2n = 4x = 36$  chromosomes (Eroğlu et al., 2020). Whereas *P. anatolica* subsp. *anatolica* is diploid taxon with  $2n = 2x = 18$  chromosomes. In addition, *P. anatolica* subsp. *anatolica* and *P. anatolica* subsp. *balansae* are different taxa morphologically. A key to closely relate to the taxonomic status of subspecies is given below. The key was made from plant samples collected for cytogenetic analysis.

Glomerules 5-7 × 8-11 mm; fruits 2.5-3 mm ..... **subsp. balansae**

Glomerules 10-18 × 10-18 mm; fruits 2-2.4 mm ..... **subsp. anatolica**

The cytotaxonomic differences seemed to support morphological differences. A comparison list including karyological and morphological data is given in Table 4. In our opinion, systematic status of two subspecies should be reviewed.

**Table 4.** Comparison of karyological and morphological data of subspecies

<i>P. anatolica</i> subsp. <i>anatolica</i>	<i>P. anatolica</i> subsp. <i>balansae</i>	Data type
Glomerules 10-18 × 10-18 mm	Glomerules 5-7 × 8-11 mm	Morphological
Fruits 2-2.4 mm	Fruits 2.5-3 mm	Morphological
$2n = 18$	$2n = 36^*$	Karyological
Diploid (2x)	Tetraploid (4x)*	Karyological
Symmetrical karyotype	Symmetrical karyotype*	Karyological

\* Eroğlu et al., 2020

## CONCLUSION

In the study, the chromosomal data of *P. anatolica* subsp. *anatolica* are showed and the data are the first report. The listed data provide important contributions to the cytotaxonomy of genus *Paronychia*: (1) the diploid chromosome number of  $2n = 18$ , (2) the basic chromosome number of  $x = 9$ , (3) no polyploidy with ploidy level of  $2x$ , and (4) symmetrical karyotype. Especially, taxon contains

very different karyotypic data from other subspecies and it is very important knowledge for cytotaxonomic point of view.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by Yozgat Bozok University, Scientific Research Projects Fund with project number 6601-FBE/17-74.

## REFERENCES

- Bittrich V, 1993. Caryophyllaceae. in: Kubitzki K, Rohwer J, Bittrich V, The Families and Genera of Vascular Plants, Magnoliid, Hamamelid, and Caryophyllid Families, Vol. 2. Springer, pp. 206-236, Berlin-Germany.
- Blackburn KB, Morton, JK, 1957. The Incidence of Polyploidy in the Caryophyllaceae of Britain and of Portugal. *New Phytologist*, 56: 344-351.
- Chaudri MN, 1967. *Paronychia* Mill. in: Davis PH, Flora of Turkey and the East Aegean Islands Vol. 2. Edinburgh University Press, pp. 250-262, Edinburgh-Scotland.
- Chaudri MN, 1968. A Revision of the Paronychinae. Tilburg H. Gianotten, Utrecht-Netherlands.
- Diosdado JC, Pastor J, 1994. Estudio Cariológico del Género *Paronychia* Miller (Caryophyllaceae) en Andalucía (España). *Acta Botanica Malacitana*, 19: 89-95.
- Elçi Ş, Sancak C, 2013. Sitogenetikte Araştırma Yöntemleri ve Gözlemler. Ankara Üniversitesi Yayınevi, Ankara-Türkiye.
- Eroğlu HE, Doğan H, Altay D, Budak Ü, 2017. The Medicinal Plant of Genus *Paronychia* and the Karyotype Analysis of *Paronychia adalia*. *International Journal of Secondary Metabolite*, 4(3): 103-107.
- Eroğlu HE, Altay D, Budak Ü, Martin E, 2020. Karyotypic Phylogeny and Polyploidy Variations of *Paronychia* (Caryophyllaceae) Taxa in Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 44(3): 245-254.
- Hartman RL, 1972. *Paronychia pulvinata* - *P. sessiliflora*: A Cytological and Chemical Study. *Journal of the Colorado-Wyoming Academy of Science*, 7(2-3): 102.
- Hartman RL, 1974. Rocky Mountain Species of *Paronychia* (Caryophyllaceae). A Morphological, Cytological, and Chemical Study. *Brittonia*, 26(3): 256-263.
- Küpfer P, 1980. Contribution à la Cytotaxonomie de Quelques Orophytes Iraniens. *Revue de Biologie et d'Écologie Méditerranéenne*, 7: 37-48.
- Levan AK, Fredga K, Sandberg AA, 1964. Nomenclature for Centromeric Position on Chromosomes. *Hereditas*, 52: 201-220.
- Lorenzo Andreu A, García Sanz MP, 1950. Cromosomas Somáticos de Plantas Espontáneas en la Estepa de Aragón. II. *Anales de la Estación Experimental de Aula Dei*, 2: 12-63.
- Löve Á, 1975. IOPB Chromosome Number Reports XLIX. *Taxon*, 24: 501-516.
- Martin E, Kahraman A, Dirmenci T, Bozkurt H, Eroğlu HE, 2020. Karyotype Evolution and New Chromosomal Data in *Erodium*: Chromosome Alteration, Polyploidy, Dysploidy, and Symmetrical Karyotypes. *Turkish Journal of Botany*, 44(3): 255-268.
- Mirzadeh Vaghefi SS, Jalili A, Ghasemi FS, Ashrafi S, 2014. Chromosome Numbers of *Paronychia kurdica* and *Salsola yazdiana*. *Iranian Journal of Botany*, 20(2): 230-232.
- Paszko B, 2006. A Critical Review and a New Proposal of Karyotype Asymmetry Indices. *Plant Systematics and Evolution*, 258: 39-48.
- Peruzzi L, Eroğlu HE, 2013. Karyotype Asymmetry: Again, How to Measure and What to Measure? *Comparative Cytogenetics*, 7: 1-9.
- Runemark H, 1996. Mediterranean Chromosome Number Reports 6 (590-678). *Flora Mediterranea*, 6: 223-243.
- Stebbins GL, 1971. *Chromosomal Evolution in Higher Plants*. Edward Arnold, London-England.
- Suda J, Kyncl T, Freiova R, 2003. Nuclear DNA Amounts in Macaronesian Angiosperms. *Annals of Botany*, 92: 153-164.

## Water Quality in Marmara Sea

Esin BOZKURT KOPUZ<sup>1\*</sup>, Gökberk KARA<sup>2</sup>

**ABSTRACT:** The purpose of the study is to determine the water quality for the continuity of the aquatic life' diversity and the health of the citizens and tourists swimming in the Kucuksu, Fenerbahce and Suadiye beaches. Between 5 June 2019 and 29 August 2019, water temperature, pH, dissolved oxygen and salinity were measured weekly onsite and seawater samples were collected to analyze heavy metal concentrations (Ba, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Pb, Cd and Se) via ICP-OES. Results showed that values are under the limits and there is no harm to human health and aquatic life. The measurements were compared with the literature data of beaches in the Mediterranean and of the same beaches in the previous studies.

**Keywords:** Marmara Sea, sea water quality, beaches, recreation

<sup>1</sup> Esin BOZKURT KOPUZ (**Orcid ID:** 0000-0002-9950-7279), Marmara University, Faculty of Engineering, Civil Engineering Department, Istanbul, Turkey

<sup>2</sup> Gökberk KARA (**Orcid ID:** 0000-0001-9204-3486), Marmara University, Faculty of Engineering, Department of Environmental Sciences Master Student, Istanbul, Turkey

\*Corresponding Author: Esin BOZKURT KOPUZ, e-mail: esin.bozkurt@marmara.edu.tr

## INTRODUCTION

As in the study of the Baltic Sea (Storie et al., 2020), healthy marine ecosystems provide many benefits to the society, but the hazardous substances can be in the seafood due to the human impact on the environment. So accumulated heavy metals in marine organisms such as fishes and bivalves pose toxicity on human health via the food chain (Yuan et al., 2020). Aluminum can cause Alzheimer's disease, lead Plumbism, copper at levels above 100 mg L<sup>-1</sup> vomiting and liver damage, selenium dental caries, manganese black stain, cadmium accumulating in kidney and liver. Barium can stimulate the heart muscles and affect the gastrointestinal tract and central nervous system (Alley, 2007).

pH naturally decreases at night and increases daytime because of the aquatic organism's respiratory and phytoplankton's photosynthetic activities. But highly acidic or alkaline seawater can directly damage the skin, gills and pores in fish (Ölmez and Sarac, 2009).

While producing dissolved oxygen by photosynthesis, it is consumed by breathing or respiration by marine organisms. Depletion of dissolved oxygen can affect movement and reproduction of marine organisms, storage of organic matter in the sediments, nitrate remove, production of greenhouse gases such as nitrous oxide, and the release of phosphorus and iron from sediments (Mahaffey et al., 2020).

The sea water salinity affects the morphology, vital activities and distribution of the organisms. While some bacteria and algae tolerate low salinity differences (homeosmotic), most primitive plants and animals can withstand large salinity differences (eurihalin) (Kocataş, 2005). For example, the minimum salinity required for bream fish is ‰ 5 and the highest is ‰ 40, and the temperature range they can survive is 3-34 °C (Chervinski and Chanin, 1985).

In this study, temperature, pH, dissolved oxygen and salinity measured onsite and concentrations of aluminum (Al), barium (Ba), chromium (Cr), manganese (Mn), iron (Fe), cobalt (Co), nickel (Ni), copper (Cu), zinc (Zn), lead (Pb), cadmium (Cd) and selenium (Se) in water samples collected from Kucuksu, Fenerbahce and Suadiye beaches between 5 June 2019 and 29 August 2019 were investigated to determine the effects on public health.

## MATERIALS AND METHODS

### Experimental Procedure

100 ml-polyethylene bottles, which were soaked in a mixture of nitric acid and deionized water for 24 hours, rinsed three times with deionized water and dried in the oven, were used for sample collection. The bottle at the end of the telescopic rod (Batley, 1989) was rinsed three times with water 50 cm below the water surface and filled with sea water.



**Figure.1.** Kucuksu, Fenerbahce and Suadiye beaches (Anonymous, 2020).

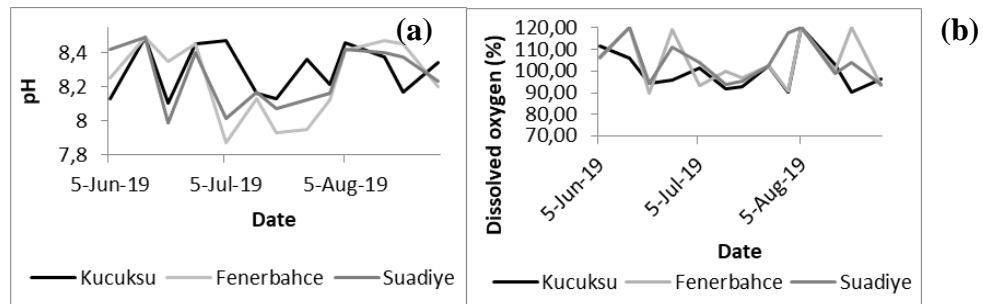
Sea water temperature, dissolved oxygen and pH were measured with multiparameter (YSI) device. Sea water collected from three beaches (Figure 1) was filtered with a 0.45 µm sieve syringe filter (Sartorius) and sterile syringe in the laboratory of Marmara University. In order to have a pH below 2,



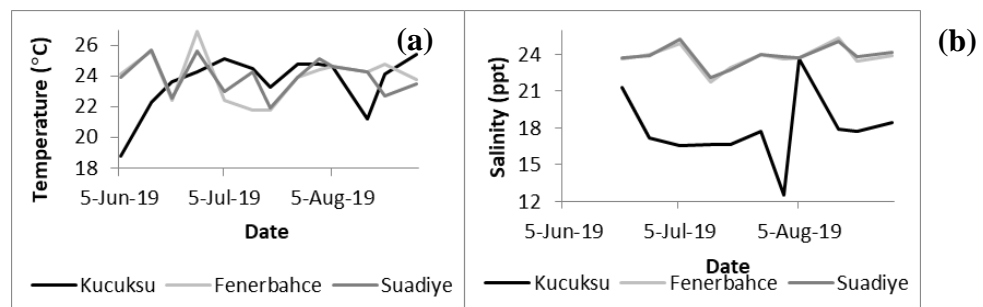
2% nitric acid ( $\text{HNO}_3$ ) was added and placed in a 4 °C refrigerator. All prepared samples were analyzed with ICP-OES for heavy metals.

## RESULTS AND DISCUSSION

pH values measured between June 5, 2019 and August 29, 2019 were within the threshold ranges for Turkey (General Quality Criteria of Sea Water in Turkey, 2004; Turkey Recreational Standards, 2006) (6–9) and EPA (U.S. EPA, 1986) (5–9 for human health, and 6.5–8.5 for aquatic life) are given in Figure 2a. Figure 2b shows dissolved oxygen in the threshold ranges for Turkey.

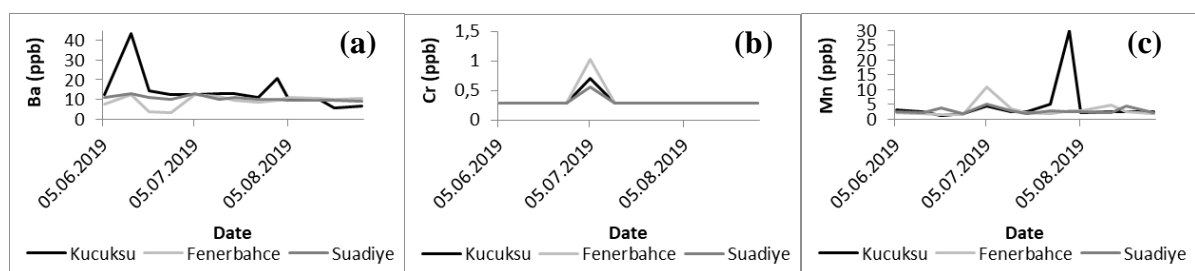


**Figure.2** (a) pH and (b) dissolved oxygen.



**Figure.3.** (a) Sea water temperatures and (b) salinity.

Sea water temperatures (Figure 3a), pH, and dissolved oxygen range from the three sites between 18.8 and 26.9 °C, between 7.87 and 8.49, and between 90 and 120 % respectively. The weekly salinity was in the range of 12.54 to 25.3 ‰ so the values did not exceed the U.S. EPA human health standard for the consumption of water and organism (Figure 3b). In addition, sea water temperatures and salinity were very similar in Fenerbahce and Suadiye beaches. In Fenerbahce, water temperatures ranged from 21.8 to 26.9 °C, with a higher range of 18.8 to 25.4 °C in Kucuksu, with a lower range of 21.9 to 25.7 °C in Suadiye. The weekly salinity from the Fenerbahce and Suadiye beaches were from 22 to 25 ‰ but from Kucuksu it was in the range of 13 to 24 ‰.



**Figure.4.** (a) Ba, (b) Cr, and (c) Mn (ppb).

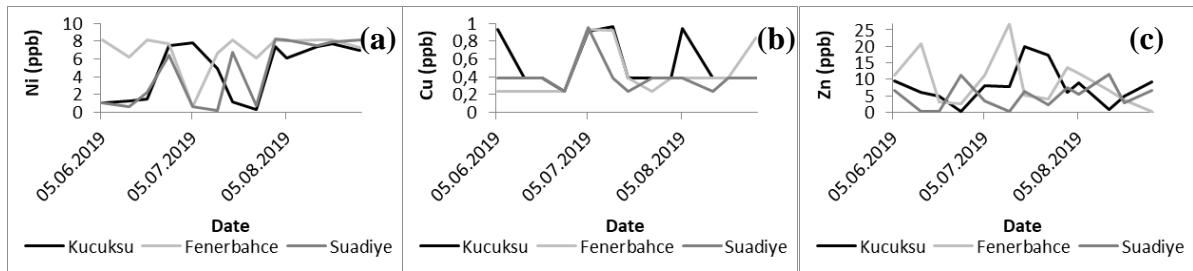


Figure.5. (a) Ni, (b) Cu, and (c) Zn (ppb).

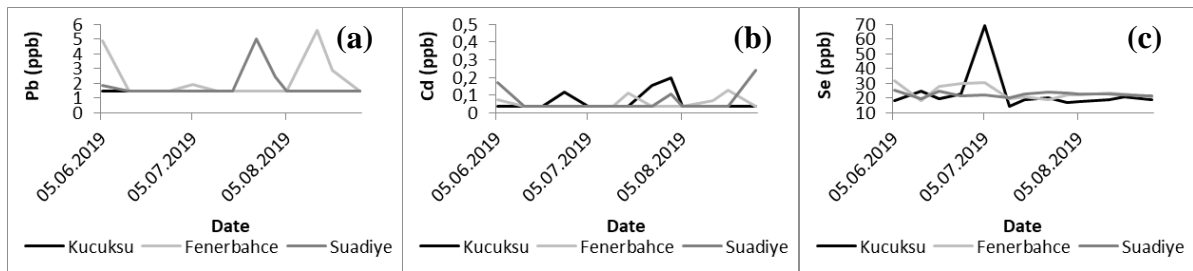


Figure.6. (a) Pb, (b) Cd, and (c) Se (ppb).

Ba, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Pb, Cd and Se varies among different sampling sites from 3.4 to 43.3ppb, from 0.3 to 1.0 ppb, from 1.4 to 28.8 ppb, from 0.3 to 8.2 ppb, from 0.2 to 1.0 ppb, from 0.2 to 26.7 ppb, from 1.4 to 5.6 ppb, from 0.04 to 0.24 ppb, and from 14.7 to 69.3 ppb respectively (Figure 4, 5, and 6). Comparison of results showed that none of the metal concentrations (Ba, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Pb, Cd and Se) exceeded the Turkish recreational and general sea quality standards or EPA human health and aquatic life standards (Table 1).

**Table 1.** The Turkish recreational (Turkey Recreational Standards, 2006), general sea quality standards (General Quality Criteria of Sea Water in Turkey, 2004), and EPA human health and aquatic life standards (U.S. EPA, 1986).

Parameter	Turkey Recreational Standards	General Quality Criteria Of Sea Water in Turkey	U.S. EPA Human Health standard for the consumption of Water + Organism	U.S. EPA Human Health standard for the consumption of Organism Only	U.S. EPA Aquatic Life Criteria for saltwater (acute)	U.S. EPA Aquatic Life Criteria for saltwater (chronic)
Cu ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	-	10	1300	-	4.8	3.1
Cd ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	10	10	-	-	33	7.9
Cr ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	100	100	-	-	1100	50
Pb ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	100	100	-	-	140	5.6
Ni ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	-	100	610	4600	74	8.2
Zn ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	-	100	-	-	90	81
Se ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	-	-	170	4200	290	71
Ba ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	-	-	1000	-	-	-
Mn ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	-	-	50	100	-	-
Zn ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	-	-	7400	26000	-	-
pH	6.0-9.0	6.0-9.0	5.0-9.0	-	-	6.5-8.5
Dissolved oxygen (%)	80-120	90<	-	-	-	-
Salinity ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	-	-	250 000	-	-	-

Strength of association for Pearson correlation was investigated according to the ranges in the study of Bozkurt Kopuz et al., 2017. Temperature (0.71), pH (0.77), dissolved oxygen (0.59), and salinity (0.98) had strong positive correlations between Fenerbahce and Suadiye. Therefore, when one of these values increased for Fenerbahce, same value increased for Suadiye. For Kucuksu and Fenerbahce and

for Kucuksu and Suadiye, temperature had weak negative correlations and salinity had also weak positive correlations.

Dissolved oxygen and pH correlation was 0.50 for Kucuksu, 0.63 for Fenerbahce, and 0.55 for Suadiye and these correlations were strong for all beaches. For Kucuksu, dissolved oxygen and salinity had strong positive correlation (0.62). There was a positive correlation between temperature and pH and between temperature and dissolved oxygen for Fenerbahce and for Suadiye in the range from 0.61 to 0.71.

### Comparisons with the Literature

In the same beaches, the pH, and Ni values between February 9 and May 4, 2009 and temperature values on the May 2009 in the previous study were similar with the values measured in this study but only Pb values were a little higher than values in this study. (Bozkurt et al., 2014). The pH values measured from 19 October 2016 to 26 March 2017 and the pH, dissolved oxygen, Cr, Ni, Zn, Pb values from 18 November 2018 to 31 January 2019 and temperature values on the October 2016 and November 2018 were similar with the values measured in this study (Bozkurt Kopuz et al., 2019).

The highest value in Gulluk Lagoon, Turkey between June 2011 and May 2012 was 29.76 °C in July in Özdemir and Alparslan's study (Özdemir and Alparslan, 2013) and was higher than the values we measured in the Marmara Sea. The sea water temperature of the Karavasta lagoon in Albania in the spring of 2013 between 19 °C and 23.5 °C (Koto et al., 2014), the highest sea water temperatures of the Butrinti lagoon in Albania between May 2010 and January 2011 from 26 °C to 27.3 °C in August (Topi et al., 2013), and June-July mean sea water temperatures in the range of 24.6 °C and 26.3 °C in the Bages-Sigean and Canet-St Nazaire lagoons (France) in 2009 (Vouvé, 2014) were close to our measurements in the Marmara Sea. In the summer of 2014, minimum 28.2 °C and maximum 33.6 °C sea water temperature values for the Akyatan lagoon in Turkey (Demir et al., 2014) were higher than our values.

Alkaline pH values in the lagoons in Albania, France, and Turkey (Topi et al., 2013, Demir et al., 2014, Koto et al., 2014, Vouvé et al., 2014) except acidic values between 6.03 and 6.92 in Gulluk lagoon (Özdemir and Alparslan, 2013) were similar to our pH measurements.

The maximum salinity of the Gulluk Lagoon (39.98 ‰), the hyper-saline Akyatan lagoon (119.6 ‰) in Turkey, the Karavasta lagoon (34.6 ‰), the Butrinti lagoon (28.8‰) in Albania, the Bages-Sigean (40.1 ‰) and Canet-St Nazaire (35.6) lagoons in France were higher than our maximum measurement (25.3 ‰).

Averages of Ba, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Pb, Cd and Se were 5.21, 11.36, 0.32, 3.64, 5.41, 0.46, 7.42, 1.82, 0.06 and 23.24  $\mu\text{g L}^{-1}$ , respectively, and compared with other cities around the world are generally lower. When our study was compared with studies in literature, Iskenderun, Turkey (363.66  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) (Goycincik et al., 2018) had the largest overall Cu mean concentration, followed by Karavasta, Albania (25.52  $\mu\text{g L}^{-1}$ ), Butrinti, Albania (20.21  $\mu\text{g L}^{-1}$ ), Manzala, Egypt (16.17  $\mu\text{g L}^{-1}$ ), Bages-Sigean, France (1.45  $\mu\text{g L}^{-1}$ ), and our study (0.46  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) respectively. The mean Pb concentration for our study was determined to be smaller than the mean Pb concentration for Manzala, Egypt, but not from the mean concentrations of either Karavasta or Butrinti, Albania. The largest to the smallest mean Cd concentrations were 2.45  $\mu\text{g L}^{-1}$  (for Manzala, Egypt), 0.18  $\mu\text{g L}^{-1}$  (for Bages-Sigean, France), 0.08  $\mu\text{g L}^{-1}$  (for Butrinti, Albania), 0.06  $\mu\text{g L}^{-1}$  (for our study, Turkey), and 0.03  $\mu\text{g L}^{-1}$  (for Karavasta, Albania) respectively. The mean Cr concentration (0.32  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) for our study was lower than the values for Butrinti, Albania (18.10  $\mu\text{g L}^{-1}$ ), for Karavasta, Albania (22.24  $\mu\text{g L}^{-1}$ ), and for Iskenderun, Turkey (242.58  $\mu\text{g L}^{-1}$ ). The mean concentrations of Ni (94.35  $\mu\text{g L}^{-1}$ ), and Se (274.60  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) for Iskenderun,

Turkey and the mean concentrations of Mn ( $177.17 \mu\text{g L}^{-1}$ ) and Zn ( $278.96 \mu\text{g L}^{-1}$ ) for Manzala, Egypt were higher than values for our study.

## CONCLUSION

These findings indicate that there is no significant threat to human health and aquatic life from water temperature, pH, dissolved oxygen, salinity, and heavy metals (Ba, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Pb, Cd and Se) in sea water in Kucuksu, Fenerbahce, and Suadiye beaches. Water temperature and salinity were similar in Fenerbahce, and Suadiye beaches. Because of strong positive correlations between Fenerbahce and Suadiye, if one of pH, dissolved oxygen, or salinity decreases for Suadiye, same parameter decreases for Fenerbahce too. Similarly, between dissolved oxygen and pH, between dissolved oxygen and temperature, and between pH and temperature had strong positive correlation. Measured parameters in the same beaches were similar with previous studies. While the maximum sea water temperatures for the Gulluk lagoon and Akyatan lagoon in Turkey were higher than the values we measured in the Marmara Sea, the maximum sea water temperatures for the Karavasta lagoon in Albania, for the Butrinti lagoon in Albania, and for the Bages-Sigean and Canet-St Nazaire lagoons in France were close to our measurements in the Marmara Sea. While pH values for the Karavasta Lagoon and Butrinti lagoon in Albania, Bages-Sigean and Canet-St Nazaire lagoons in France, Akyatan Lagoon in Turkey were alkaline similar to our pH measurements, the values in Gulluk lagoon were acidic. The maximum salinity of the Gulluk Lagoon and the Akyatan lagoon in Turkey, the Karavasta lagoon and the Butrinti lagoon in Albania, the Bages-Sigean and Canet-St Nazaire lagoons in France were higher than our maximum salinity value. Results not only point out a representative picture of heavy metals in sea water from three beaches at the national level but also provide valuable additional information that can be used to support assessment of potentially toxic effects on human health and aquatic life.

The concentrations of Cu (for Butrinti and Karavasta, Albania, for Iskenderun, Turkey, for Manzala, Egypt and for Bages-Sigean, France), Cr (for Butrinti and Karavasta, Albania and for Iskenderun, Turkey), Ni, Se (for Iskenderun, Turkey), Mn, Zn, Pb (for Manzala, Egypt) and Cd (for Manzala, Egypt, for Bages-Sigean, France and for Butrinti, Albania) were lower than the values for our study except concentrations of Pb for Butrinti and Karavasta, Albania and Cd for Karavasta, Albania.

Ensuring water quality in these beaches is possible by taking measures for bilge and ballast waters of ships and for discharging industrial and domestic wastewater into the sea with treatment. In addition to the parameters we measured in this study, it will be useful in the beaches to measure suspended solids, crude oil and derivatives, radioactivity and phenols in subsequent studies.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by Research Fund of the Marmara University. Project Number: FEN-A-110718-0394.

## REFERENCES

- Alley ER, 2007. Water Quality Control Handbook. McGraw-Hill Publications No: 2, pp. 3.10-3.15, New York-USA.
- Anonymous, 2020. Google Map.  
<https://www.google.com.tr/maps/@40.9579878,29.1026872,93861m/data=!3m1!1e3>. (Date of access: 15 June 2020).
- Batley GE, 1989. Trace Element Speciation Analytical Methods and Problems. CRC Publications pp. 3, Florida, USA.

- Bozkurt E, Eliri Ö, Kesiktas M, 2014. Analysis of Heavy Metals in Seawater Samples Collected from Beaches of Asian Side of Istanbul. *Journal of Recreation and Tourism Research*, 1 (1): 39-47.
- Bozkurt Kopuz E, Pursa A, Yılmaz B, Özdemir E, Öztürk D, 2017. Current Trends in Science and Landscape Management. St. Kliment Ohridski University Publications No: 33, pp. 417, Sofia-Bulgaria.
- Bozkurt Kopuz E, Kara G, Dincer B, Gurtug Y, 2019. Water Quality in Istanbul, Marmara Sea, *Journal of The Indian Chemical Society*, 96 (9): 1189-1193.
- Chervinski J, Chanin Y, 1985. Gilthead Sea Bream (*Sparus Aurata L.*) A Candidate For Culture In Ponds- Laboratory Experiments. *Bamidgeh* 37 (2): 42.
- Demir Yetiş A, Selek Z, Seckin G, Davutluoglu OI, 2014. Water Quality of Mediterranean Coastal Plains: Conservation Implications from the Akyatan Lagoon, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186 (11): 7631-7642.
- General Quality Criteria of Sea Water in Turkey, 2004. in *Turkish Water Pollution Control Regulation, State of Turkey, 2004, Annexes, Table 4.*
- Göycincik S, Danahaliloğlu H, Karayiğit HB, 2018. İskenderun Körfezi Deniz Suyunun Eser Element Düzeylerinin Araştırılması. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 8 (2): 39-48.
- Kocataş A, 2005. Oseanoloji. Ege Üniversitesi Publications No: 60, pp. 255-288, Izmir-Turkey.
- Koto R, Bani A, Topi T, Topi M, 2014. Water Quality and Heavy Metal Content of Karavasta Lagoon in Albania. *Fresenius Environmental Bulletin*, 23 (12b): 3296-3302.
- Mahaffey C, Palmer M, Greenwood N, Sharples J, 2020. Impacts of Climate Change on Dissolved Oxygen Concentration Relevant to the Coastal and Marine Environment around the UK. *Marine Climate Change Impacts Partnership Science Review 2020*, 31-53.
- Ölmez M, Saraç D, 2009. Su Ürünleri İçin Ph'nın Önemi. *Ziraat Mühendisliği Dergisi*, 353: 12-17.
- Özdemir N, Alparlan E, 2013. Güllük Lagünü'nün su kalitesi yönünden incelenmesi. *Bacteriology of Güllük Bay TÜBİTAK Project Workshop, Mugla, May 10, 2013*, pp: 53-67.
- Storie J, Suškevičs M, Külvik M, Lehtoranta V, Vikström S, Riikonen S, Kuosa H, Kuhn K, Oinonen S, 2020. What Evidence Exists For The Impact Of Baltic Sea Ecosystems On Human Health And Well-Being? A Systematic Map Protocol. *Environmental Evidence*, 9 (5): 1-9.
- Topi T, Bani A, Sulce S, 2013. Physico Chemical Characteristics and Heavy Metal Contents of Water from Butrinti Lagoon, Albania. *Albanian Journal of Agricultural Sciences*, 12 (2): 321.
- Turkey Recreational Standards, 2006, State of Turkey, Annexes 1, 1.
- U.S. EPA, 1986. Standard for human health and for aquatic life, in *Quality criteria for water ("Gold Book")*, Appendix A, 233.
- Vouvé F, Buscail R, Aubert D, Labadie P, Chevreuril M, Canal C, Desmousseaux M, Alliot F, Amilhat E, Faliex E, Paris-Palacios S, Biagiatti-Risbourg S, 2014. Bages-Sigean and Canet-St Nazaire Lagoons (France): Physico-Chemical Characteristics and Contaminant Concentrations (Cu, Cd, PCBs and PBDEs) as Environmental Quality of Water and Sediment. *Environmental Science and Pollution Research*, 21 (4): 3005-3020.
- Yuan Y, Sun T, Wang H, Liu Y, Pan Y, Xie Y, Huang H, Fan Z, 2020. Bioaccumulation and Health Risk Assessment of Heavy Metals to Bivalve Species in Daya Bay (South China Sea): Consumption Advisory. *Marine Pollution Bulletin*, 150: 110717.



## İki Ayaklı Yürüme Hareketinin Merkezi Örüntü Üretici (CPG) İle Gerçekleştirilmesi

Cafer BAL<sup>1\*</sup>, Gökçe YILDIRIM<sup>2</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmanın amacı, insansı iki ayaklı yürüme hareketinin ve adaptif yürüme eğrisinin tasarımı için bir robot modelinin geliştirilmesidir. Bu doğrultuda, ortalama boyutlardaki bir insanın ölçüleri esas alınarak SolidWorks paket programı kullanılarak tasarlanan model simülasyon analizleri için MATLAB/SimMechanics ortamına aktarılmıştır. Kinematik analizler ve yörünge planlaması MATLAB/SimMechanics tasarımı aracılığı ile yapılmıştır. Sistemin ileri kinematik hesaplamalarında Denavit-Hartenberg yöntemi tercih edilmiştir. Ters kinematik analiz ile robot eklemlerine uygulanacak açılar hesaplanmıştır. Yürüme eğrisinin oluşturulmasında, yörünge noktaları verilerine uydurulan polinom fonksiyonları aracılığı ile Örüntünün Merkezi Üretimi (CPG) eğitilmiştir. Eğitilmiş CPG tarafından üretilen kalça ve diz eklemlerinin açılımları tasarlanan robota uygulanarak yürüme eylemi gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İki ayaklı yürüme, düz kinematik, ters kinematik, yörünge planlama, CPG

### Implementation of Biped Locomotion Movement with Central Pattern Generator (CPG)

**ABSTRACT:** The purpose of this study is to develop a robot model for the design of humanoid bipedal walking movement and adaptive walking curve. Accordingly, the model designed using the SolidWorks package program based on the measurements of an average sized person was transferred to the MATLAB / SimMechanics environment for simulation analysis. Kinematic analysis and trajectory planning were done by MATLAB / SimMechanics design. Denavit-Hartenberg method was preferred for the advanced kinematic calculations of the system. Angles to be applied to robot joints were calculated by inverse kinematic analysis. In the formation of the walking curve, the Central Pattern Generator (CPG) was trained through the polynomial functions adapted to the trajectory points data. Walking action was performed by applying the hip and knee joint angles produced by trained CPG to the designed robot.

**Keywords:** Bipedal walking, straight kinematics, inverse kinematics, trajectory planning, CPG.

<sup>1</sup> Cafer BAL (Orcid ID: 0000-0002-1199-2637), Fırat Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Türkiye

<sup>2</sup> Gökçe YILDIRIM (Orcid ID: 0000-0002-1863-1578), Bingöl Üniversitesi Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Cafer BAL, e-mail: cbal@firat.edu.tr

## GİRİŞ

Günümüz teknolojilerindeki gelişmeler temelinde insan hayatının kolaylaştırılmasına, robotik teknolojilerinin zorlu işlerde ve insan sağlığına zarar veren ortamlarda kullanılmasına yol açmıştır. Gündelik hayatta insanların yapmasının zor ve tehlikeli olduğu işlerde kullanılmak üzere çeşitli endüstriyel robotlar tasarlanmıştır. Bu robotların çalışma ortamında insanların görevlerini yerine getirebilmesi için insan yapısı örnek alınarak tasarlanması daha uygun olacaktır. Bunun için de insanın anatomik yapısının iyi bilinmesi gerekmektedir. İki ayaklı yürüyen robotun tasarımını ve kontrolünü yapabilmek için öncelikle insanın yürüme hareketini nasıl gerçekleştirdiğinin iyi bilinmesi gerekmektedir. Tüm canlılarda olduğu gibi insanda da yürüme hareketini etkileyen vücut şekli, iskelet kas sistemindeki yük, boy uzunluğu gibi etmenler vardır (Hase ve Yamazaki, 1999). Dengeli yürümenin gerçekleşmesi için eklemler, kaslar ve bağlar birbirleri ile uyumlu bir şekilde çalışırlar. Yürüme, temel olarak vücudun ağırlık merkezini bir konumdan başka bir konuma taşımak için yapılan hareketlerin toplamıdır (Altınorak, 2006). Bu hareketler belirli bir periyotta tekrarlanan ve adım olarak isimlendirilen hareketlerdir. Adım basan ayağın yerle temasını kesip salınan ayağın yerle temasa geçtiği andır (Kanatlı ve ark., 2006). Bir yürüme periyodu basan ayağın yerle temasını kesip yeniden yere basması ile oluşan hareket sürecidir. Böylece bir yürüme periyodu iki adımdan oluşmaktadır. Yürüme esnasında ayakların konumuna göre yürüme iki fazda gerçekleşir. Her iki ayak da zemin üzerinde iken çift destek fazı, ayaklardan biri zemin üzerinde diğeri salındığında tek destek fazı diye adlandırılır (Şeker ve ark., 2014). Adımı oluşturan bacak yapısı eklemler ve onların hareket kabiliyetinden oluşmaktadır.

Literatür incelendiğinde başta Japonya da olmak üzere pek çok ülkede özellikle insansı robotlar üzerinde birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmaların en dikkat çekenlerinden biri HONDA firmasının ürettiği ASIMO dur. Chestnutt ve ark., 2007'de engelli ortamlarda engelleri tanıyarak onlara çarpmadan ilerleyebilen bir Honda ASIMO insansı robotu üzerine çalışmışlardır (Chestnutt ve ark., 2007). Ayrıca yapısına eklenen planlama sistemi sayesinde gelecekte karşılaşılabileceği engellere göre hareket etme yeteneği kazandırılmıştır. Aynı zamanda çevresindeki hareketli nesnelerin hızlarının tespit edilebilmesi için tasarıma bir görme sistemi de eklenmiştir.

Khan ve ark., 2008'de 4 serbestlik derecesine sahip iki ayaklı robotun yürütmesinde maksimum istikrarı sağlamak amacıyla oransal, integral ve türev kontrolörlerin çeşitli kombinasyonlarını deneyerek analizler yapmışlar ve çalışmalarını simülasyon ortamında test ederek doğruluğunu ispatlamışlardır (Khan ve ark., 2008). Raibert ve ark., 1993'te 5 serbestlik derecesine sahip iki ayaklı yürüyen robotun yürüme eğrisi kontrolü için iki tür kontrolör kullanmış ve kontrolörlerin performansı kıyaslanmıştır. PD ve kayma kipli kontrolör (SMC) ile yapılan deneyler sonucunda parametrelerin belirlenmesinde SMC kontrolörün daha etkin sonuç verdiği gözlemlenmiştir (Raibert ve ark., 1993). Sugihara ve ark., 2002'de ağırlık merkezini (COG) kontrol eden gerçek zamanlı bir hareket metodunu sıfır moment noktası (ZMP) ile geliştirmişlerdir (Sugihara ve ark., 2002). Yöntemin gerçek zamanlı tepkisi, daha sonra gerçekleştirilecek iki ayaklı yürüyen robot çalışmaları için yüksek mobiliteye sahip olma olanağı tanımıştır. Çalışmalarında ZMP planlaması, ZMP manipülasyonu, eklem açılarında COG hız dekompozisyonu ve eklem açılarının konum kontrolü konularına yer vermişlerdir. Önerilen yöntem bilgisayar simülasyonları ile denetlenmiş ve doğruluğu kanıtlanmıştır. Jong ve Rhee, 1998'de ZMP yörüngesini tasarlamak için bulanık mantığı kullanarak bir yöntem önermişlerdir (Jong, ve Rhee., 1998). Erbatur ve ark., 2008'de Sabancı Üniversitesi tarafından tasarlanan, yürüyen insansı robot olan SURALP platformu üzerinde çalışmışlardır (Erbatur ve ark., 2008). SURALP'in bacak modülü SURALP-L olarak adlandırılmıştır. Toplam 12 serbestlik derecesine sahiptir. Çalışmada bacak modülünün mekanik tasarımı, tahrik mekanizmaları, sensörler, kontrol donanımı ve algoritmaları sunulmaktadır. Başka bir tez çalışmasında, on iki serbestlik derecesine sahip iki ayaklı yürüyen robotun prototip imalatı için

gövde, kalça eklem grubu, diz eklemi ve bilek eklem grubu olmak üzere dört ana montaj grubu tasarlanmıştır (Gerçek, 2012). Montaj gruplarına ait tasarım kriterlerinde, fiziksel parametreleri için literatürdeki mevcut değerler kullanılmış, bilgisayar ortamındaki benzetimi için ise bilgisayar ortamında yapılan bir çubuk modelden yararlanılmıştır. Nakanishi ve ark., 2004'te yaptıkları çalışmada iki ayaklı yürüme hareketini öğretmek için bir yöntem önermişlerdir. Doğrusal olmayan çift faz osilatörler kullanarak iki ayaklı yürüme ile ilgili bir öğrenme yapısı oluşturmuşlar ve bu çalışmalarını fiziksel bir robot üzerinde test ederek doğruluğunu göstermişlerdir (Nakanishi ve ark., 2004). Taga ve ark., 1991'de tarafından gerçekleştirilen bir diğer çalışmada çevre şartlarının belirsiz olduğu durumlarda iki ayaklı yürümenin gerçekleştirilmesi için nörofizik ve doğrusal olmayan dinamiklerin teorisi üzerinden kontrollü yürümenin bir ilkesi önerilmiştir. Çalışma simülasyon ortamında test edilmiştir ve mekanik gürültü ve çevresel değişikliklere rağmen uygun bir yürüme gerçekleştiği görülmektedir. Ayrıca tek bir parametrenin değiştirilmesi ile koşma hareketinin de sağlandığı gözlemlenmiştir (Taga, 1991).

Bu çalışmada; 6 sağ bacak, 6 sol bacak olmak üzere toplam 12 serbestlik derecesine sahip iki ayaklı yürüme hareketinin ve yürüme eğrisinin modellenmesi için ortalama boyutlardaki bir insanın ölçüleri esas alınarak iki ayaklı bir yürüyen robot modellenmiştir. SolidWorks paket programı kullanılarak tasarlanan iki ayaklı yürüme robotunun kinematik analizleri ve yörünge planlaması MATLAB/SimMechanics ortamında gerçekleştirilmiştir. Sistemin ileri kinematik hesaplamalarında Denavit-Hartenberg yöntemi tercih edilmiştir. Ters kinematik analiz ile robot eklemlerine uygulanacak açılar hesaplanmıştır. Yürüme eğrisinin oluşturulmasında, yörünge noktaları verilerine uydurulan polinom fonksiyonları aracılığı ile CPG eğitilmiştir. Eğitim sinyali olarak 6. dereceden polinomlar kullanılmıştır ve elde edilen bu eğitim sinyali Hopf osilatör denklemlerine uygulanarak robot eklemlerine yürüme eğrisi eğitimi yapılmıştır. Kalça ve diz eklem açıları eğitilmiş CPG tarafından üretilerek robot eklemlerine uygulanarak tasarlanan iki ayaklı robotun yürüme eylemi gerçekleştirilmiştir. Böylece yürüme eylemi adaptif bir yapıya kavuşturulmuştur.

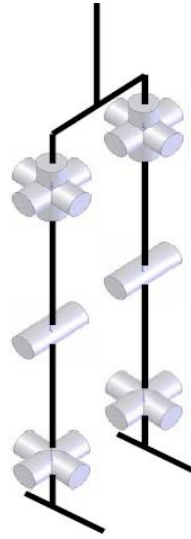
Makalenin birinci bölümünde, literatürde yer alan iki ayaklı yürüyen robotlarla ilgili çalışmalar irdelenmiştir. İkinci bölümde, SolidWorks programında tasarımı yapılan ve bu tasarım MATLAB/SimMechanics ortamına aktararak simülasyona hazırlanan modele yer verilmiştir. Makalenin üçüncü bölümünde roboto ait kinematik hesaplamalar sunulmuştur. Daha sonra yürüme eğrisi tasarımı iki farklı yolla gerçekleştirilerek bölüm dördte verilmiştir. Gerçekleştirilen simülasyon analizleri ve değerlendirmeleri ise beşinci bölümde sunulmuştur.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### İki Ayaklı Yürüyen Robotun Tasarımı

Endüstriyel alanlarda insanların görevlerini üstlenecek robotların insan yapısına yakın bir tasarıma ihtiyacı vardır. İnsan bacak yapısı karmaşık ve birebir taklit edilmesi zor bir yapıdır. Simülasyon ortamında gerçekleştirilen tasarımlarda serbestlik derecelerinin sayısı ne kadar fazla ise bilgisayara yüklenen işlem yükü de o kadar fazla olmaktadır. Bu nedenle günümüz teknolojisi ile insan bacak yapısını bilgisayar ortamında birebir taklit etmek oldukça zordur. Bu çalışmada, insan boyutlarında ve insan hareket kabiliyetini en iyi şekilde taklit edecek şekilde bir tasarım gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Bir manipülatörün çalışma uzayındaki hareketi için genellikle 5-7 serbestlik derecesine sahip robotlar tasarlanmaktadır (Anonim, 2017).

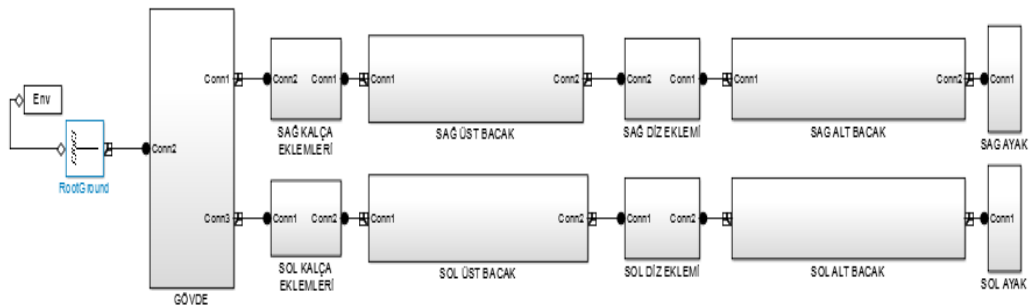
Bu çalışmada her bacak için 6 serbestlik derecesi kullanılmıştır. Bunlardan 3 tanesi kalça eklemde, bir tanesi diz eklemde ve 2 tanesi de bilek eklemindedir ve toplamda 12 serbestlik derecesine sahiptir. Tasarımı SolidWorks paket programında gerçekleştirilen iki ayaklı robotun serbestlik derecelerinin yerleşimi **Şekil 1**'de sunulmuştur.



Şekil 1. İki ayaklı yürüyen robotun serbestlik derecelerinin yerleşimi

Bu çalışma için gerçekleştirilen tasarım üst bacak, alt bacak, gövde ve ayak olmak üzere temel dört uzuvdan meydana gelmektedir. Robotun boyutları üst bacak ve alt bacak uzunlukları 400 mm, ayağın yüksekliği 5 mm, ayağın uzunluğu 250 mm, genişliği 100 mm olarak belirlenmiştir (Acar, 2007).

Tasarım SolidWorks paket programında yapılmıştır. Daha sonra SimMechanics yardımıyla blog diyagramları elde edilerek simülasyonu gerçekleştirmek için MATLAB/SimMechanics ortamına aktarılmıştır. Simülasyon için elde edilen SimMechanics modeli Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. İki ayaklı yürüyen robotun SimMechanics modeli

### Kinematik Hesaplamalar

Robotik teknolojisinde bir robottan istenen şey uç noktanın istenilen konuma ulaşmasını sağlamaktır. Bunu sağlamak için kinematik hesaplamalara ihtiyaç duyulur. Kinematik hesaplamalar ile mevcut eklemin konum ve yönelimini bulabilmek amacıyla bir önceki ve bir sonraki eklemin konum ve yönelimini bilmek gerekmektedir. Kinematik hesaplamalar ileri kinematik ve ters kinematik olarak ikiye ayrılmaktadır. Robotun eklemlerine önceden belirlenen açılar girildiğinde robotun uç noktasının gideceği konumu hesaplama ileri kinematik hesaplama olarak adlandırılır (Aykaç, 2011). Bu çalışmada, ileri kinematik hesaplamalar için Denavit-Hartenberg (D-H) yöntemi kullanılmıştır (Ewald ve Buschmann, 2013). Bu yöntemde her bir ekleme bir koordinat sistemi yerleştirilir ve bu koordinat sistemlerine göre homojen dönüşüm matrisleri elde edilir.

$$A_i^{i-1} = \begin{bmatrix} \cos\theta_i & -\sin\theta_i \cos\alpha_i & \sin\theta_i \sin\alpha_i & a_i \cos\theta_i \\ \sin\theta_i & \cos\theta_i \cos\alpha_i & -\cos\theta_i \sin\alpha_i & a_i \sin\theta_i \\ 0 & \sin\alpha_i & \cos\alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Burada  $d_i$  kesişen eklemler arasındaki eklem kaymasını ifade etmektedir.  $\theta_i$  ardışık iki eksen takımı arasındaki eklem açısıdır.  $a_i$  ise ardışık eksen takımları arasındaki mesafeyi ifade etmektedir.  $\alpha_i$  ardışık eksen takımları arasındaki eksen açısını ifade etmektedir.

Tüm eklemler için dönüşüm matrisleri belirlendikten sonra 0. Eksen takımı ile diğer eksen takımları arasındaki bağlantılar aşağıda yer verilen denklemlerle hesaplanmaktadır.

$$A_2^{0(b)} = A_1^{0(b)} A_2^{1(b)} \quad (2)$$

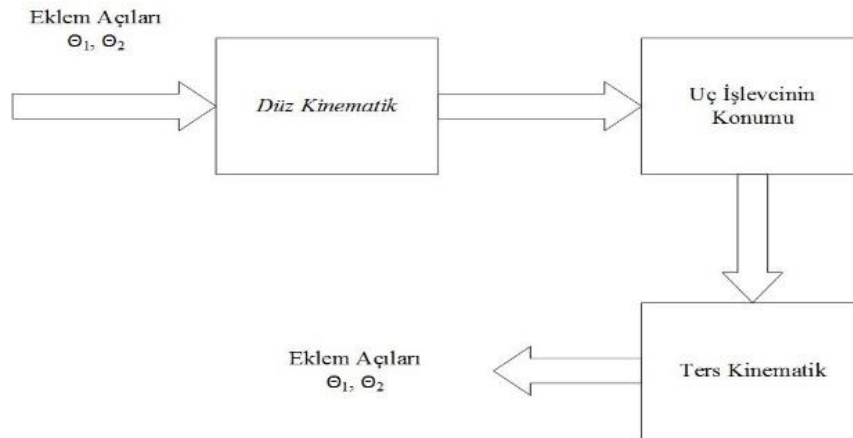
$$A_3^{0(b)} = A_1^{0(b)} A_2^{1(b)} A_3^{2(b)} \quad (3)$$

$$A_4^{0(b)} = A_1^{0(b)} A_2^{1(b)} A_3^{2(b)} A_4^{3(b)} \quad (4)$$

$$A_5^{0(b)} = A_1^{0(b)} A_2^{1(b)} A_3^{2(b)} A_4^{3(b)} A_5^{4(b)} \quad (5)$$

$$A_6^{0(b)} = A_1^{0(b)} A_2^{1(b)} A_3^{2(b)} A_4^{3(b)} A_5^{4(b)} A_6^{5(b)} \quad (6)$$

Konumu önceden belirlenen uç noktanın o konumda olması için eklem açılarının neler olduğunu hesaplamaya ters kinematik analiz denir (Aykaç, 2011). Çalışmada ters kinematik analiz için, literatürde sıkça tercih edilen geometrik yaklaşım tercih edilmiştir (Acar, 2007). **Şekil 3**' de kinematik hesaplamaların akışını gösteren blok şema sunulmuştur.



**Şekil 3.** Düz ve Ters kinematik arasındaki ilişkiyi gösteren blok şema

### Yürüme Eğrisi Tasarımı

Endüstriyel robotların çalışma uzayında belirlenen noktaya engellere takılmadan en hızlı şekilde ulaşmasını sağlamak, robotik alanındaki bilim insanlarının üzerinde sıkça çalıştığı bir uygulama sahasıdır (Ewald, ve Buschmann, 2013; Azimi, ve ark., 2005). Ayaklı yürüyen robotlarda ise istikrarlı yürümenin gerçekleşebilmesi için eklem açılarının ayarlanması oldukça önemlidir. Bu çalışmada iki ayaklı yürüyen robotta sadece kalçadaki 3. Eklem ( $\theta_3$ ) ve diz eklem açıları ( $\theta_4$ ) için yürüme eğrisi tasarımı gerçekleştirilmiş ve tasarımda kullanılan diğer eklemlerin sabit olduğu kabul edilmiştir.

Yürüme eğrisi tasarımı için aksenal koordinatlarda polinom uydurma ve merkezi örüntü üretici (CPG) ile eğri uydurma olmak üzere iki farklı yöntem kullanılmıştır.



### Polinom ile eğri uydurma

Polinom ile eğri uydurma yöntemi için ters kinematik hesaplamalar sonucunda belirlenen eklem açıları referans alınmıştır. Eklemler için oluşturulması istenilen eğriler **Şekil 4** ve **Şekil 5**' de kırmızı noktalar ile ifade edilmiştir. Referans açıları takip eden 6. dereceden polinomlar en küçük kareler eğri uydurma metodu ile oluşturulmuş ve denklemlerde gösterilmiştir.

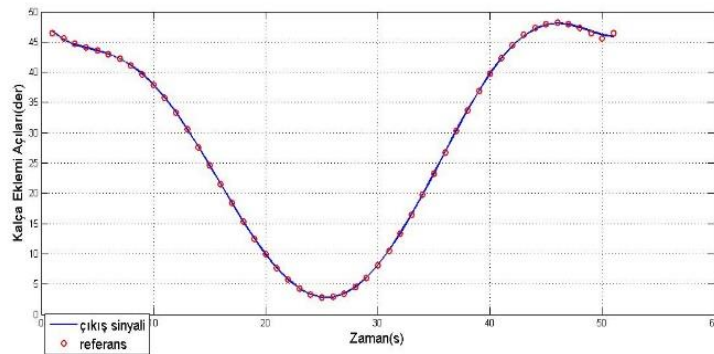
$\theta_3$  açısı için uydurulan polinom denklemi;

$$(1.0e + 04) * (0.5631t^6 - 1.6991t^5 + 1.8022t^4 - 0.7681t^3 + 0.1107t^2 - 0.0088t + 0.0047) \quad (7)$$

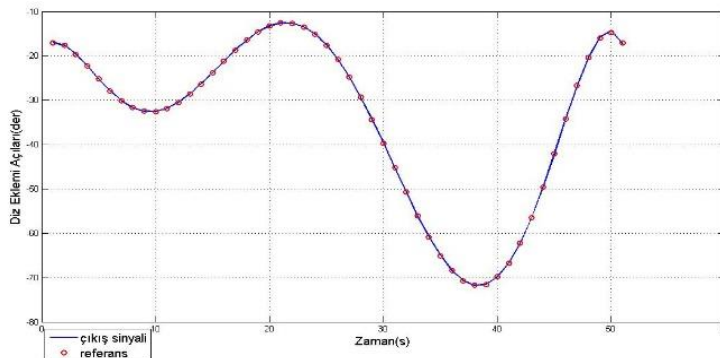
$\theta_4$  açısı için uydurulan polinom denklemi;

$$(1.0e + 04) * (-1.7034t^6 + 4.7140t^5 - 4.6113t^4 + 1.8668t^3 - 0.2674t^2 + 0.0013 - 0.0017) \quad (8)$$

olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.  $\theta_3$  açısı için belirlenen yörünge ve yörünge polinomundan elde edilen grafik

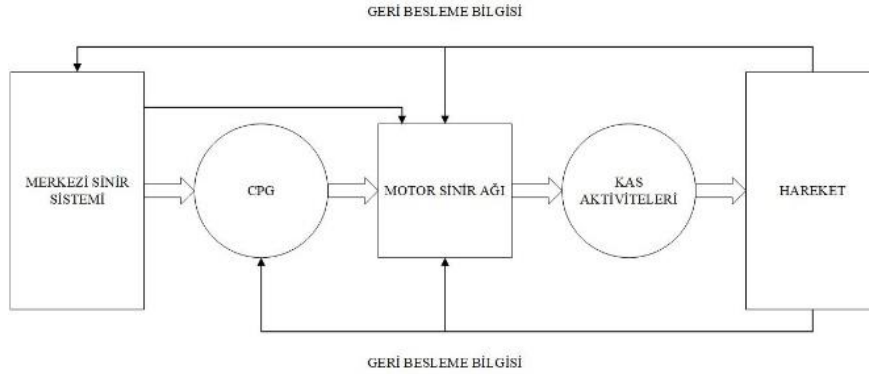


Şekil 5.  $\theta_4$  açısı için belirlenen yörünge ve yörünge polinomundan elde edilen grafik

### CPG ile eğri uydurma

Bir diğer yürüme eğrisi tasarımı merkezi örüntü üretici (CPG) ile üretilmiş ve simülasyon ortamında eklemlere uygulanmıştır. CPG ile iki ayaklı yürüme üzerine geçmişten günümüze birçok çalışma yapılmıştır ve CPG ile hareket üretimi birçok robotik uygulamalarında hala üzerinde yoğun olarak çalışılan konulardandır (Miyakoshi ve ark., 1998; Tsuchiya, 2003). İki ayaklı yürüme hareketini

taklit edebilmek için insan bacağına fizyolojik yapısının taklit edilmesinin yanı sıra insanda yürümeyi sağlayan kontrol mekanizmasının da incelenmesi gerekmektedir. İnsanda dengeli yürüme omurilik tarafından gerçekleştirilir. Oluşturulan sinyaller sinir hücreleri yardımı ile eklemlere aktarılır ve yürüme hareketi otonom olarak gerçekleşir. Merkezi örüntü üretici yöntemi de insandaki bu otonom yapıyı taklit etmek üzere geliştirilmiştir. Omurgalı canlılardaki hareket kontrolü **Şekil 6**'da bloklarla sunulmuştur.



**Şekil 6.** Omurgalılarda hareket kontrolünü ifade eden blok şeması

Bir CPG yapısı temel olarak birbirine sinaps adı verilen bağlantılarla bağlı olan iki sinir hücresinden oluşmaktadır. Sinir hücreleri sinapslar üzerinden birbirini engelleyici ve/veya destekleyici sinyaller ile sıralı sinyaller üretirler. Oluşan bu yapı yarım merkezli osilatör olarak adlandırılmaktadır. Literatürde çalışmaların, sinirsel osilatörler ve doğrusal olmayan osilatörler olarak gruplandığı iki tür yapı, yürüme eğrisi tasarımında kullanılabilir. Doğrusal olmayan osilatörler sinirsel osilatörleri en iyi taklit edebilen osilatörlerdir (Adak, 2013; Righetti ve Ijspeert, 2006). Bu çalışmada doğrusal olmayan osilatörlerden yürüme eğrisi tasarımı için Hopf osilatör tercih edilmiştir.

### Hopf osilatör

Hopf osilatörler harici bir işleme gerek duymadan periyodik girdi sinyalinin frekansını öğrenebilecek doğrusal olmayan osilatörlerdir. Bir Hopf osilatörün dinamik denklemleri (Righetti ve Ijspeert, 2006) aşağıda sunulmuştur:

$$\dot{x} = \gamma(\mu - r_i^2)x_i - w_i y_i + \epsilon F(t) + \tau \sin(\theta_i - \phi_i) \quad (9)$$

$$\dot{y} = \gamma(\mu - r_i^2)y_i - w_i x_i \quad (10)$$

$$\dot{w}_i = -\epsilon F(t) \frac{y_i}{r_i} \quad (11)$$

$$\dot{\alpha}_i = \eta x_i F(t) \quad (12)$$

$$\dot{\phi}_i = \sin\left(\frac{w_i}{w_0} \theta_0 - \theta_i - \phi_i\right) \quad (13)$$

$$\theta_i = \text{sgn}(x_i) \cos^{-1}\left(-\frac{y_i}{r_i}\right) \quad (14)$$

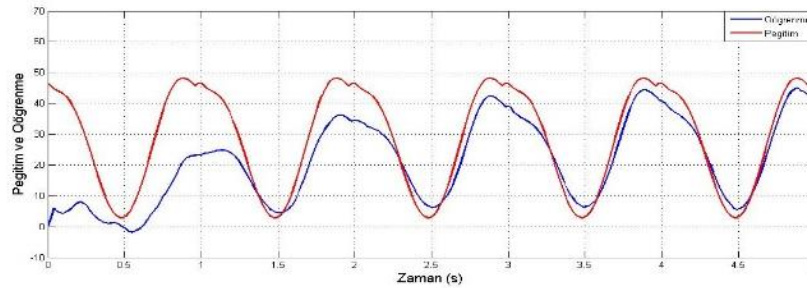
$$F(t) = P_{egitim}(t) - Q_{ögrenme}(t) \quad (15)$$

$$Q_{ögrenme}(t) = \sum_{i=0}^N \alpha_i x_i \quad (16)$$

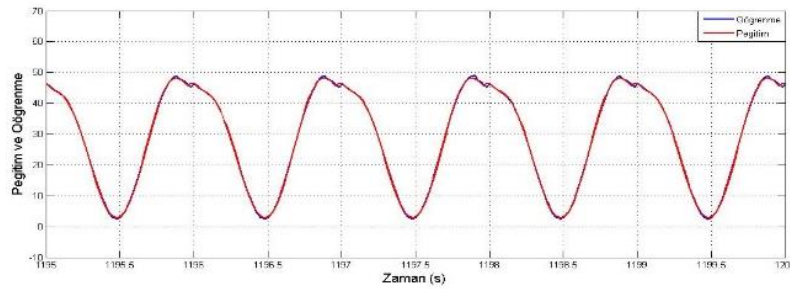
Bu denklemlerde  $\tau$  ve  $\epsilon$  bağlantı sabitleri ve  $\mu$  öğrenme sabitidir.  $Q_{\text{öğrenme}}$  CPG çıkışı olup her bir osilatör çıkışının ağırlıklı toplamıdır.  $P_{\text{eğitim}}$  osilatörün öğrendiği eğitim sinylidir.  $F(t)$  ise, negatif geri beslemeyi ifade etmektedir. Denklemlerdeki  $a_i$ ,  $w_i$  sırasıyla sinyalin genliğini ve frekansını ifade etmektedir.  $\phi_i$  i. osilatörün ilk osilatörlerle arasındaki faz farkını ifade etmektedir.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada eğitim sinyali olarak daha önceden elde edilen 6. dereceden polinomlar kullanılmıştır. Eğitim sinyali Hopf osilatör denklemlerine uygulanarak robot eklemlerine yürüme eğrisi eğitimi yapılmıştır. **Şekil 7'**de kalça ve diz eklemi için elde edilen grafikler öğrenme sürecinin ilk 5 saniyesi ve 1200 saniyelik eğitimin son 5 saniyesi için gösterilmiştir.



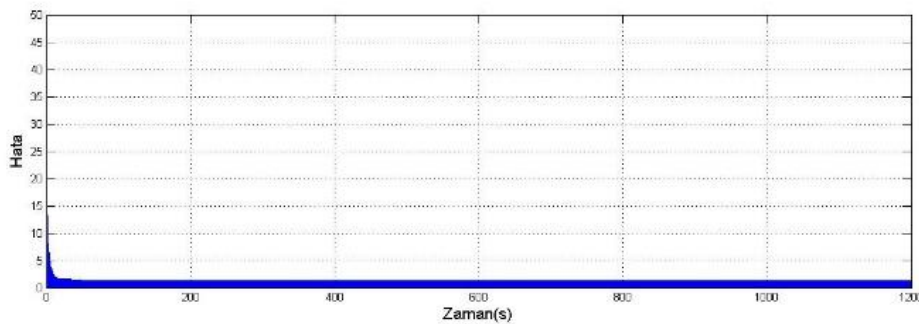
(a)



(b)

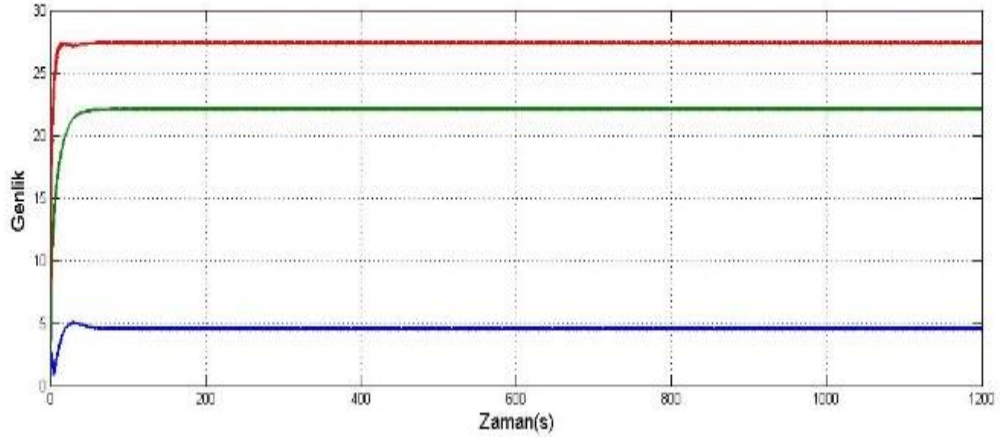
**Şekil 7.** Kalça eklemi  $P_{\text{eğitim}}$  ve  $Q_{\text{öğrenme}}$  sinyallerinin (a) ilk 5 saniye için (b) 1200 saniyelik eğitimin son 5 saniyesi için grafikleri

**Şekil 7'** nin gerçekçi bir şekilde yorumlanması için **Şekil 8'**de eğitim sinyali ( $P_{\text{eğitim}}$ ) ile öğrenme sinyali ( $Q_{\text{öğrenme}}$ ) arasındaki hata oranı gösterilmektedir. Şekil 8' den de görüldüğü gibi eğitim başladıktan kısa bir süre sonra hata oranı kabul edilebilir bir değerde sabit kalmaktadır. Burada hata oranı %2 civarındadır.

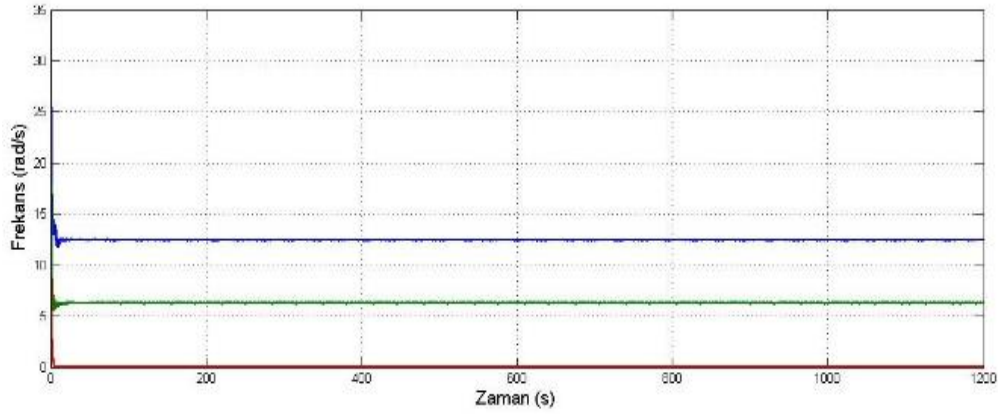


**Şekil 8.** Kalça eklemi için  $P_{\text{eğitim}}$  ve  $Q_{\text{öğrenme}}$  sinyalleri arasındaki hatanın zamana bağlı değişimi

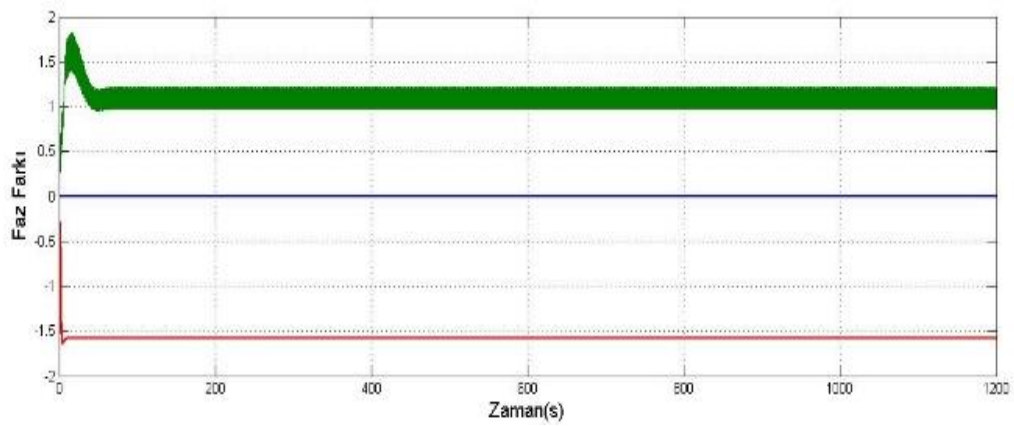
Şekil 9, 10 ve 11’ de sırasıyla öğrenme sinyalinin her bir bileşeni için genlik, frekans ve faz farkı değerleri grafik olarak ifade edilmiştir.



Şekil 9. Hopf CPG osilatörünün kalça eklemi sinyalleri için genlik öğrenme performansı

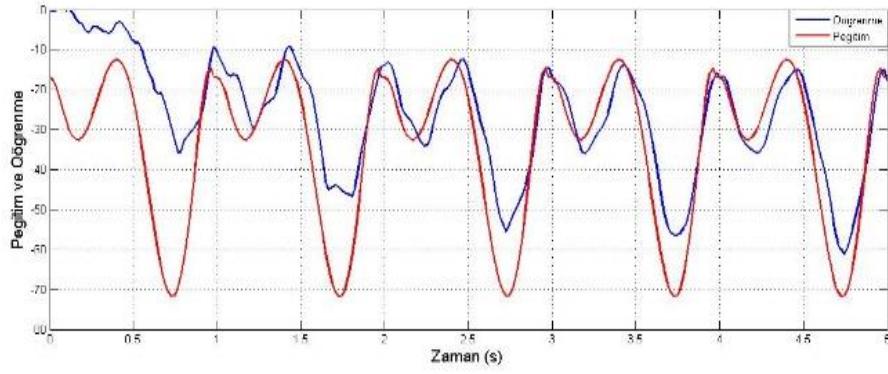


Şekil 10. Hopf CPG osilatörünün kalça eklemi sinyalleri için frekans öğrenme performansı

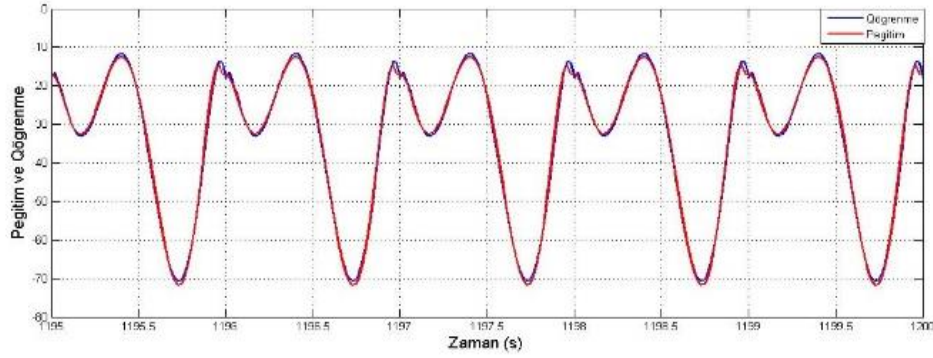


Şekil 11. Hopf CPG osilatörünün kalça eklemi sinyalleri için faz farkı öğrenme performansı

Benzer eğitim algoritması diz eklemleri için de uygulanmıştır. Kalça ekleminde olduğu gibi 1200 saniyelik eğitim sürecinin ilk 5 saniyesi ve son 5 saniyesi Şekil 12’ de sunulmuştur. Ayrıca eğitim ve öğrenme sinyalleri arasındaki hata da Şekil 13’de gösterilmiştir.

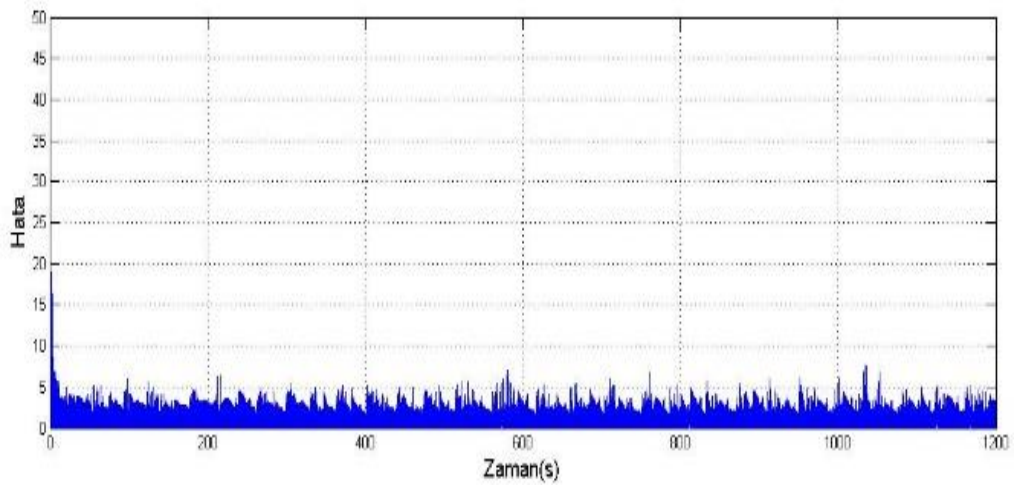


(a)



(b)

Şekil 12. Diz eklemi için  $P_{\text{egitim}}$  ve  $Q_{\text{öğrenme}}$  sinyallerinin ilk değerleri (a) ilk 5 saniye için (b) 1200 saniyelik eğitimin son 5 saniyesi için grafikleri

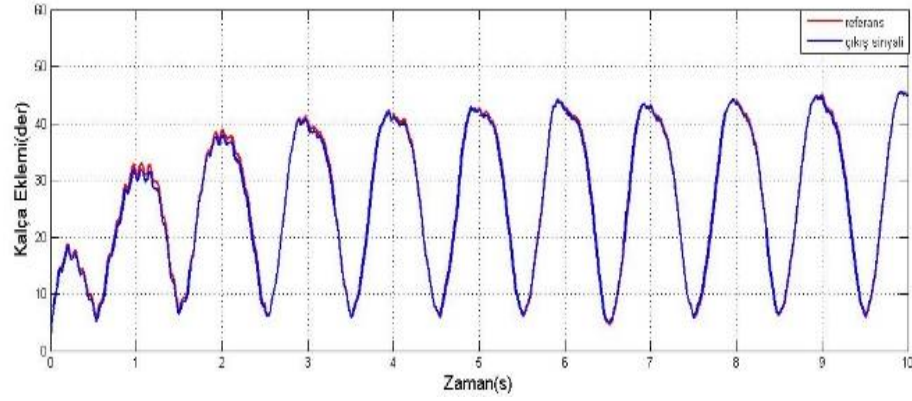


Şekil 13. Diz eklemi için  $P_{\text{egitim}}$  ve  $Q_{\text{öğrenme}}$  sinyalleri arasındaki hata

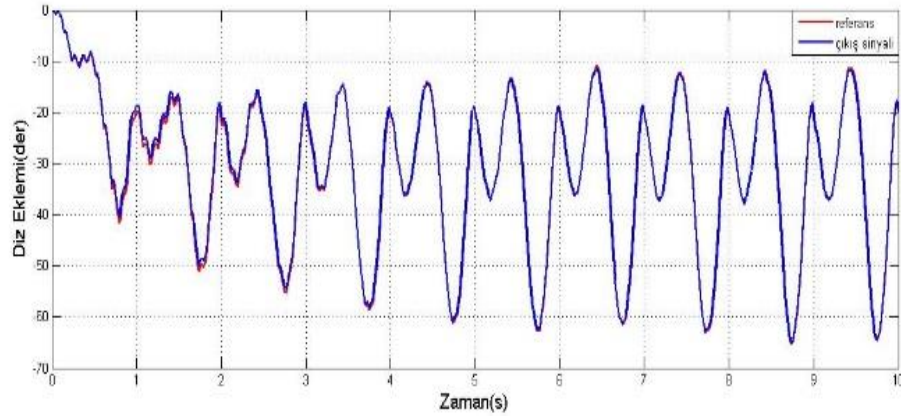
Şekil 13' de diz eklem açıları için hata oranı incelendiğinde yine eğitimden kısa bir süre sonra hatanın belirli bir frekans aralığında sabit kaldığı ve bu hata oranının kabul edilebilir düzeyde olduğu görülmektedir. Hata oranı %10 civarındadır.

Hopf osilatör için yürüme eğrisi eğitimi ile etkin değerlere ulaşıldıktan sonra, CPG eğitimi sonucunda elde edilen yürüme eğrisi iki ayaklı yürüyen robotun eklemelerine uygulanmıştır. Diz ve kalça eklemeleri için yörünge izleme performansı kullanılarak gerçekleştirilen eğitim sonuçları kalça ve diz eklemelerine uygulanmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 14' de sunulmuştur.





(a)



(b)

Şekil 14. İki ayaklı yürüyen robotun (a) kalça, (b) diz eklemi açıları

Grafiklerde de görüldüğü gibi hem kalça hem de diz eklemi için Hopf osilatörün eğitimi yoluyla etkin yürüme performansı sağlanmıştır.

## SONUÇ

Bu çalışmada, insansı iki ayaklı yürüyen bir robotun yürüme hareketinin modellenmesi ve yürüme eğrisi tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda öncelikle iki ayaklı robotun matematiksel modeli için kinematik hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Robotun eklemlerine önceden belirlenen açılar girildiğinde robotun uç noktasının gideceği konumu hesaplamak için Denavit-Hartenberg yöntemi ile düz kinematik analizleri yapılmıştır. Yapılan ters kinematik hesaplamaları ile de robotun eklem açılarının belirlenmesi sağlanmıştır.

Bu çalışma için robotun kalça ve dizde bulunan iki eklemi üzerinde yoğunlaşmıştır. Diğer eklemlerin sabit olduğu kabul edilmiş ve iki ayaklı yürüyen robotun yürüme eğrilerinin elde edilmesi için iki farklı yöntem kullanılmıştır. Bunlardan birincisi 6. Dereceden polinomlar kullanılarak robot ekleminin 1 saniye boyunca takip etmesi gereken yürüme eğrisinin tasarımıdır. İkincisi ise CPG ile yürüme eğrisi tasarımıdır. Çalışmada, robotik uygulamalarda sıklıkla tercih edilen doğrusal olmayan Hopf osilatör kullanılmıştır. Kalça ve diz eklemleri için eğitim sinyali oluşturularak osilatörün dinamik denklemlerine uygulanmış ve yürüme eğrisi tasarımı gerçekleştirilmiştir.

Robot tasarımında bir insanın bacak boyutlarının ortalama değerleri dikkate alınmıştır. İnsan yürüme hareketini etkin bir şekilde taklit edebilmek için robotun her bir bacağına toplam 6 serbestlik dereceli olarak tasarlanması uygun görülmüştür. Bunlardan 3 tanesi kalça eklemi, bir tanesi diz eklemi

ve iki tanesi ise ayak bileği eklemidir. Böylelikle insan yürüme hareketine yakın bir tasarım elde edilmiştir.

Çalışmada, iki ayaklı yürüyen robotun katı model tasarımı SolidWorks programı ile gerçekleştirilmiştir. Daha sonra tasarlanan robot simülasyon çalışmaları için MATLAB/ SimMechanic ortamına aktarılmıştır.

Eğitim sinyali olarak 6. dereceden polinomlar kullanılmıştır ve elde edilen bu eğitim sinyali Hopf osilatör denklemlerine uygulanarak robot eklemlerine yürüme eğrisi eğitimi yapılmıştır. Çalışmada kalça ve diz eklem açıları eğitim sürecinde detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Eğitilmiş yürüme eğrileri tasarlanan robot modeline uygulanmış ve oldukça etkin bir yürüme performansı sağlanmıştır.

Gelecek çalışmalarda farklı CPG yapıları ile elde edilen yürüme eğrilerinin robot modeli üzerinde sınanması planlanmaktadır.

## TEŞEKKÜR

Bu makale, 'İki Ayaklı Yürüme Hareketinin Modellenmesi ve Akıllı Kontrolü' başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

## KAYNAKLAR

- Acar M, 2007. İki ayaklı yürüme hareketinin modellenmesi ve kontrolü, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Adak ÖK, 2013. Quadruped Locomotion Reference Synthesis With Central Pattern Generators Tuned by Evolutionary Algorithms, Sabancı Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Altınorak S, 2006. İki ayak robot modellemesi denetleyici tasarımı ve dinamik benzetimi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Aykaç B, 2011. Dc motorla tahrik edilen iki uzuvlu manipülatörün adım atma hareketinin kontrolü, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Azimi E, Ghobadi M, Esfahani E, Keshmiri M, Tehrani A, 2005. Three Dimensional Smooth Trajectory Planing Using Realistic Simulation, Robot Soccer World Cup. Springer Berlin Heidelberg, pp. 381-393.
- Chestnutt J, Michel P, Kuffner J, Kanade T, 2007. Locomotion Among Dynamic Obstacles for the Honda ASIMO, Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems San Diego, CA, USA, Oct 29 - Nov 2, pp.2572-2573.
- Erbatur K, Seven U, Taşkiran E, Koca Ö, Kızıldağ G, Unel M, Sabanovic A, Onat A, 2008. SURALP-L - The Leg Module of a New Humanoid Robot Platform, 8th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots December 1~3, Daejeon, Korea, pp.168-173.
- Ewald A, Buschmann T, 2013. Online Trajectory Replanning for Biped Robots Based on Foot Step Position Modification, The 2013 World Congress on Advances in Nano, Biomechanics, Robotics, and Energy Research, Korea, pp.155-163.
- Gerçek A, 2012. İki Ayaklı Yürüyen Robot Tasarımı Ve Prototip İmalatı, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Hase K, Yamazaki N, 1999. Computational Evolution of Human Bipedal Walking by a Neuro-Musculo-Skeletal Model, Artificial Life and Robotics 3: 133-138.
- Jong HP, Yong KR, 1998. ZMP Trajectory Generation for Reduced Trunk Motions of Biped Robots. In Proceedings of the 1998 IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp.90-95.
- Kanatlı U. ve Yetkin, H, Songür M, Öztürk A, Bölükbaşı S, 2006. Yürüme analizinin ortopedik uygulamaları, TOTBİD Dergisi, 5: 53-59.
- Khan LA, Naeem J, Khan U, Hussain SZ, 2008. PID Control of a Biped Robot, 8th WSEAS Int. Conf. on Robotics, Control and Manufacturing Technology (ROCOM '08), Hangzhou, China, April 6-8, pp.156-160.

- Miyakoshi S, Taga G, Kuniyoshi Y, Nagakubo A, 1998. Three Dimensional Bipedal Stepping Motion Using Neural Oscillators- Towards Humanoid Motion in the Real World, Proceedings of the 1998 IEEE/RSJ Intl. Conference on Intelligent Robots and Systems Victoria, B.C., Canada October 1998, pp.84-89.
- Nakanishi J, Morimoto J, Endo G, Cheng G, Schaal S, Kawato M, 2004. Learning from demonstration and adaptation of biped locomotion. *Robotics and Autonomous Systems* 47: 79–91.
- Raibert M, Tzafestas C, Tzafestas S, 1993. Comparative Simulation Study of Three Control Techniques Applied to a Biped Robot, AI Lab., MIT, 545 Tech. Square Cambridge, Mass 02139, USA, IRCU, National Tech. Univ. of Athens Zografou, 15773 Athens, GREECE, July 14, pp.494-502.
- Righetti L, Ijspeert AJ, 2006. Programmable central pattern generators: an application to biped locomotion control, In *Robotics and Automation. ICRA 2006. Proceedings IEEE International Conference on*, pp.1585-1590.
- Sugihara T, Nakamura Y, Inoue H, 2002. Realtime Humanoid Motion Generation through ZMP Manipulation based on Inverted Pendulum Control, Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics & Automation Washington, DC, May, pp.1404-1409.
- Şeker A, Talmaç MA, Sarıkaya İ. 2014. Yürüme biyomekaniği. *TOTBİD Dergisi* 2014, s.314-324.
- Taga G, Yamaguchi Y, Shimizu H, 1991. Self-Organized Control of Bipedal Locomotion by Neural Oscillators in Unpredictable Environment, *Biological Cybernetics* 65: 147-159.
- Tsuchiya K, Aoi S, Tsucita K, 2003. Locomotion Control of a Biped Locomotion Robot using Nonlinear Oscillators, Proceedings of the IEEE/RSJ Intl. Conference on Intelligent Robots and Systems Las Vegas, Nevada. October, pp.1745-1750.
- [http://www.erpemeteg.org/erpemeteg/Kurs\\_Materyalleri/Kitap/ERPE-METEG\\_Bolum\\_2.pdf](http://www.erpemeteg.org/erpemeteg/Kurs_Materyalleri/Kitap/ERPE-METEG_Bolum_2.pdf) (Erişim Tarihi: 05.05.2017)

## Performance Analysis of SMDO Method with Benchmark Functions with Matlab Toolbox

Mehmet AKPAMUKÇU<sup>1</sup>, Abdullah ATEŞ<sup>1\*</sup>, Barış Baykant ALAGÖZ<sup>1</sup>

**ABSTRACT:** SMDO method is a set and trial based optimization algorithm that is developed for online fine-tuning of controller parameters. SMDO method is implemented for several controller tuning applications. It can search parameter space with random backward and forward steps of each parameter. This property reduces risk of testing unstable control system configurations in controller design and thus makes the SMDO method more suitable for online parameter tuning of experimental systems. However, performance of SMDO has not been evaluated previously for benchmark functions in comparison with other well known heuristic optimization methods. This study aims to compare performances of Artificial Bee Colony (ABC), Cuckoo Search Optimization (CK), Particle Swarm Optimization (PSO) and Stochastic Multi-parameters Divergence Optimization (SMDO) methods for benchmark functions. Therefore, a benchmark tests program that is a user-friendly MATLAB GUI is introduced for user. This program can be downloaded from <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/75043-smdo-method-with-benchmark-functions>

**Keywords:** SMDO, optimization, stochastic, benchmark functions

<sup>1</sup> Mehmet AKPAMUKÇU (Orcid ID: 0000-0002-3763-5048), Abdullah ATEŞ (Orcid ID: 0000-0002-4236-6794), Barış Baykant ALAGÖZ (Orcid ID: 0000-0001-5238-6433), Inonu University, Faculty of Engineering, Computer Engineering Department, Malatya, Turkey

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Abdullah ATEŞ, [abdullah.ates@inonu.edu.tr](mailto:abdullah.ates@inonu.edu.tr)

This study has been produced from the studies conducted for Mehmet AKPAMUKÇU's Master's thesis.

Geliş tarihi / Received: 17-04-2020  
Kabul tarihi / Accepted: 25-06-2020

## INTRODUCTION

There are two main methods while searching solutions for optimization related problems. These are analytic and numerical methods (Frédéric Bonnans et al., 2006; Nocedal and Wright, 2006). It is known that analytic methods provide exact solutions (Kuhn and Tucker, 2014; Vajda and Dantzig, 1965). These methods supply the power of mathematical instruments to solve the problems. At this point, it must be known that the dynamics of the problem must match with the analytical method which will be used. For instance; the number of the parameters and the number of the equations must be suitable for analytical optimization method. However, the real world engineering problems may not well fit to structure of pure analytic methods. Because sometimes the known parameters are inadequate or there can be distortions which change the dynamics of the problem. It is known that numerical methods are very efficient in this situation (Kakandikar et al., 2018; Mirjalili et al., 2017; Rao, 2009; Yang & Gandomi, 2012). This can be sometimes imitating the behaviors of the animals or sometimes it can be imitating the world of the physics and etc. Solution finding process is started in the solution space with the guidance of the numerical method (Biswas et al., 2013; Chopard & Tomassini, 2018; Emmerich & Deutz, 2018; Yang, 2014). Searching sometimes tries to minimize an error function and sometimes tries to maximize the profit function and sometimes multi-objective structures where these two structures are hybridized are used (Giagkiozis and Fleming, 2015). Sometimes it is fallen into trap in this search which is in this case to fall into local minima. At this point the power of the numerical method is clear. On the other hand, even the most powerful numerical methods do not guarantee the exact solution. Searching generally takes place around the exact solution. A solution which is small epsilon proximity is mostly adequate in the final. At the result it is not wanted to reach local minima solution. An effort is made to find global minimum and global maximum. By the way, all numerical methods also do not match with the dynamics of the optimization problem that is tried to be solved. So the method must be selected meticulously.

The SMDO method, which is one of the numerical methods, is in our focus to analyze in this paper. It is a useful algorithm, adequacy of which is proven in real engineering problems. The details on the algorithm are discussed in the section of A Brief Introduction of Stochastic Multi Parameter Divergence Optimization Method. The SMDO algorithm has been used especially in online controller tuning problems. Several online and offline applications of SMDO in tuning of fractional order and integer order controllers have been shown in the literature. The most important feature of this algorithm is the tuning of controller coefficients with a reduced probability of testing an unstable control system, therefore it is useful for the online tuning of experimental systems as well as the offline tuning of simulation models. The SMDO method is used in several studies, that are, a PID controller is designed according to fractional order reference model in (Alagoz et al., 2013), a fractional order controller is designed online for experimental TRMS system (Yeroğlu and Ateş, 2014), optimize controller parameters according to reference model for fractional order PID controller in (Ateş, A. Alagoz, 2013), design fractional controller for two degree of freedom systems with SMDO algorithm (Ateş, A. Alagoz, 2013; Ateş and Yeroglu, n.d.), design of fractional order controller according to the master slave structure in (Abdullah Ates et al., 2014), using fractional order two degrees of the freedom structure for a real-time system in (Ateş, A and Yerolgu C, 2016), modeling of the Receptor-Ligand Complexes structure using a fractional order circuit approach using the SMDO algorithm in (Abdullah Ates et al., 2019), designing fractional order controller using different distribution functions in (A. Ates et al., 2020).

Effective applications of SMDO method have been especially shown for PID and fractional order PID controllers desing works. Advantage of SMDO method for these applications comes from its property that allows a cautious progress in parameter search space when searching minima. It progresses one parameter each time, and in case of worsening controller performance, it promptly takes back to the



best performance. Via this cautious searching, real systems can not be driven into extreme points that may lead to instability of system and especially the damage of the experimental system. Other search algorithms do not generally be cautious about testing undesired points similar to SMDO. In general, majority of the search algorithms such as swarm based search methods do not purposely designed for real world tuning applications, they are designed for quickly reaching minima without worrying about the risk of undesired tests and developed by considering high performance on the benchmark functions. This success does not guarantee that these algorithms will be appropriate to implement in a real world engineering problem. Although SMDO is developed for controller tuning problems, its performance for benchmark functions is not evaluated. This point is the main motivation of this paper. A performance comparison of SMDO method with other popular methods will be useful to demonstrate applicability of SMDO method as general purpose search method.

In this paper, we introduce the benchmark functions that are used frequently in academic studies. With these functions, performance analysis and comparison of the heuristic search algorithms can be performed. In this study, the benchmark functions were resolved under the same conditions and the analyses were carried out fairly. On the other hand, the benchmark functions presented below can be easily selected from the Matlab GUI, which was developed for testing of SMDO method. This GUI is available on the Mathworks site (<https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/75043-smdo-method-with-benchmark-functions>) for download and freely use.

The rest of the paper is organized as follows; Section Benchmark Functions presents the benchmark functions that we will use in this analysis. In Section Analyzing of Stochastic Multi Parameter Divergence Optimization Method; SMDO method is briefly explained and besides, its usage details are explained. In section Comparisons with Different Methods Using Different Benchmark Functions, the solutions of different methods with different benchmark functions are compared. These different methods are found in the literature and are brought together to make comparisons. These comparisons constitute the backbone of this paper. And finally conclusion is presented.

## MATERIALS AND METHODS

### Benchmark functions

The benchmark functions that are used in this paper are listed in Table 1 (*Benchmark Function*, 2020). These functions are mostly used benchmark functions in academic studies. With these functions, performance analysis and comparisons of search algorithms can be carried out before using them in engineering problems. The determined benchmark functions were resolved under the same conditions and comparisons are carried out fairly. These benchmark functions in Table 1 can be easily applied by using the developed Matlab GUI.

**Table 1.** Properties of Used Benchmark Functions

<u>Function</u>	<u>Formula</u>	<u>Dim</u>	<u>Range</u>	<u>Optimal Value</u>
Ackley	$f(x) = -20 * \exp\left(\sqrt{\frac{1}{d} \sum_{i=1}^d x_i^2}\right) - \exp\left(\sqrt{\frac{1}{d} \sum_{i=1}^d \cos(2\pi x_i)}\right) + 20$ $+ \exp(1)$	30	[-32.768, 32.768]	0
Beale	$f(x) = (1.5 - x_1 + x_1 x_2)^2 + (2.25 - x_1 + x_1 x_2^2)^2 + (2.625 - x_1 + x_1 x_2^3)^2$	2	[-4.5, 4.5]	0

**Table 1.** Properties of Used Benchmark Functions (continued)

Bohachevsky	$f_1(x) = x_1^2 + 2x_2^2 - 0.3\cos(3\pi x_1) - 0.4\cos(4\pi x_2) + 0.7$	2	[-100, 100]	0
Booth	$f(x) = (x_1 + 2x_2 - 7)^2 + (2x_1 + x_2 - 5)^2$	2	[-10, 10]	0
Branin	$f(x) = a(x_2 - bx_1^2 + cx_1 - r)^2 + s(1 - t)\cos(x_1) + s$	2	[-5, 10]	0,3978
Dixon Price	$f(x) = (x_1 - 1)^2 + \sum_{i=2}^d i(2x_i^2 - x_{i-1})^2$	30	[-10, 10]	0
Easom	$f(x) = -\cos(x_1)\cos(x_2)\exp(-(x_1 - \pi)^2 - (x_2 - \pi)^2)$	2	[-100, 100]	-1
Goldsteinprice	$f(x) = [1 + (x_1 + x_2 + 1)^2(19 - 14x_1 + 3x_1^2 - 14x_2 + 6x_1x_2 + 3x_2^2)] \times [30 + (2x_1 - 3x_2)^2(18 - 32x_1 + 12x_1^2 + 48x_2 - 36x_1x_2 + 27x_2^2)]$	2	[-2, 2]	3
Griewank	$f(x) = \sum_{i=1}^d \frac{x_i^2}{4000} - \prod_{i=1}^d \cos\left(\frac{x_i}{\sqrt{i}}\right) + 1$	30	[-600, 600]	0
Matyas	$f(x) = 0.26(x_1^2 + x_2^2) - 0.48x_1x_2$	2	[-10, 10]	0
Perm	$f(x) = \sum_{i=1}^d \left( \sum_{j=1}^d (j^i + \beta) \left(\frac{x_j}{j}\right)^i - 1 \right)^2$	4	[-d, d]	0
Powell	$f(x) = \sum_{i=1}^{d/4} [(x_{4i-3} + 10x_{4i-2})^2 + 5(x_{4i-1} + x_{4i})^2 + (x_{4i-2} + 2x_{4i-1})^4 + 10(x_{4i-3} + x_{4i})^4]$	24	[-4, 5]	0
Rastrigin	$f(x) = 10d + \sum_{i=1}^d [x_i^2 - 10\cos(2\pi x_i)]$	30	[-5.12, 5.12]	0
Rosenbrock	$f(x) = \sum_{i=1}^{d-1} [100(x_{i+1} - x_i^2)^2 + (x_i - 1)^2]$	30	[-5, 10]	0
Schwefel	$f(x) = 418.9829d - \sum_{i=1}^d x_i \sin(\sqrt{ x_i })$	30	[-500, 500]	0
Shubert	$f(x) = \left(\sum_{i=1}^5 \text{icos}((i+1)x_1 + i)\right) \left(\sum_{i=1}^5 \text{icos}((i+1)x_2 + i)\right)$	2	[-5.12, 5.12]	-186,73
Zakharov	$f(x) = \sum_{i=1}^d x_i^2 + \left(\sum_{i=1}^d 0.5ix_i\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^d 0.5ix_i\right)^4$	10	[-5, 10]	0

### A brief introduction of stochastic multi parameter divergence optimization method

The SMDO algorithm uses mechanisms of gradient descent method and evolutionary algorithms in addition with parameter wise random perturbation to access optimum points of an objective function including multi-parameters (Alagoz et al., 2013; Yeroğlu & Ateş, 2014). Essentially the algorithm keeps track of the descent of the objective function by successive sets and trials of parameters. It uses stochastic parameter divergences to access to optimum solution. So the divergence steps are in a bidirectional characteristic that they can be forward or backward direction for each parameter. If these steps do not satisfy the intended conditions the parameter will preserve its state. These divergence steps are produced from the random number generator with a uniform distribution in the range [0, 1]. While using these divergences of parameters one by one, the algorithm walks around a divergence directions in the search

space. The range of these directions is very important because if the step in the direction is selected too large, the optimal point can be accessed quickly but the correctness of the solution can worsen; on the contrary if steps are selected too small, the optimal point can be accessed slowly.

In SMDO algorithm, by specifying divergence steps randomly, the optimal point can be approximated more correctly rather than fixed steps because the fixed steps may result in more forward or backward stepping around the optimal point.

Figure 1 shows a flow chart of the SMDO that initializes by configuring parameters of SMDO algorithm. Firstly, the algorithm moves forward and backward according to the initial conditions. These forward and reverse movements are made according to uniform distribution as mentioned. The algorithm moves according to whether the objective function value of the related movement is larger or smaller than the objective function value of the previous iteration. For example, if a minimization problem is to be solved, the algorithm always acts towards reducing the error or if a maximization problem is to be solved, the algorithm moves towards increasing objective function. Figure 1 shows a flow chart of the SMDO algorithm.

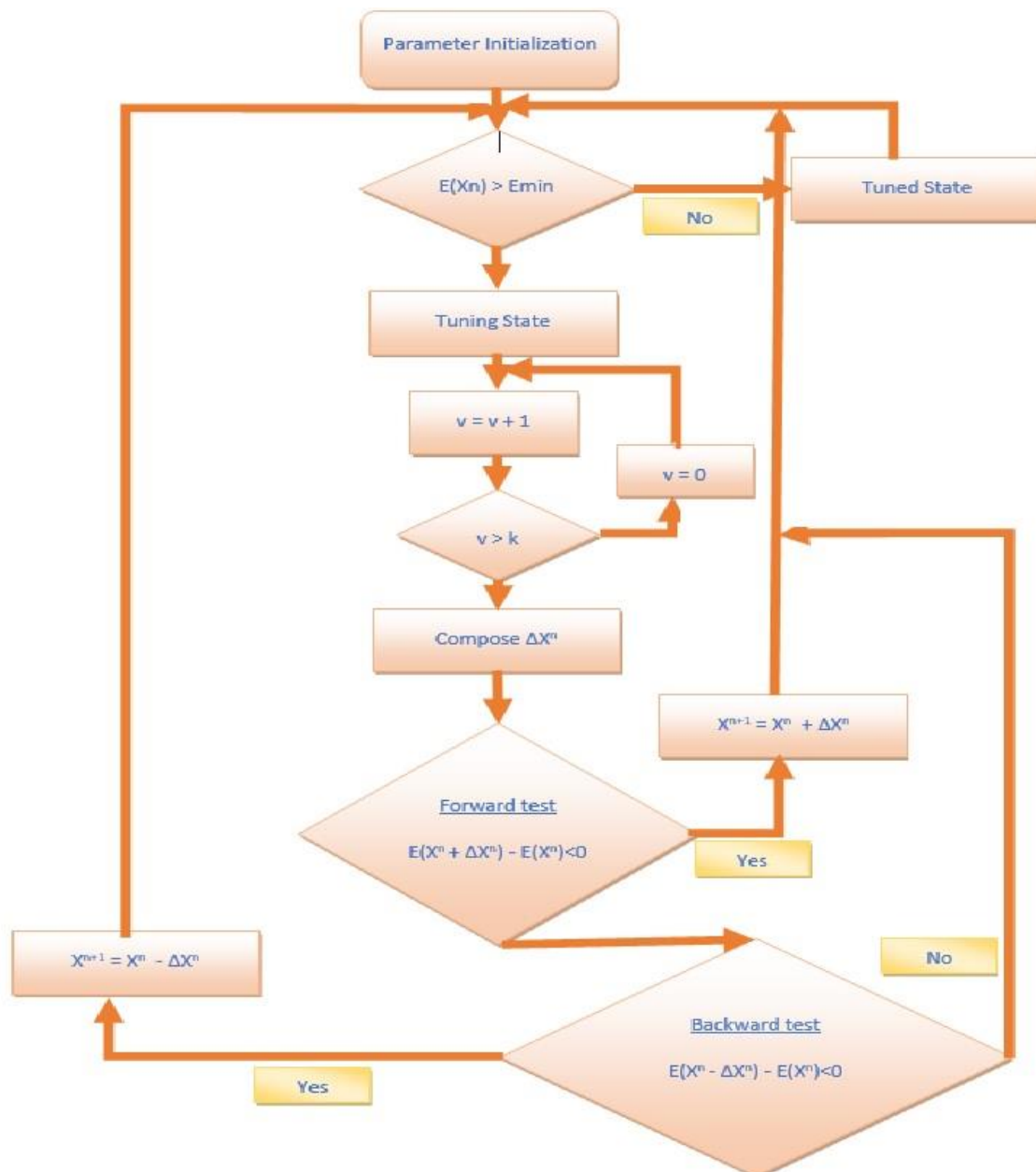


Figure.1. A flow chart of the SMDO Algorithm

## RESULTS AND DISCUSSION

### Comparisons with different methods using different benchmark functions

Benchmarking is a method to compare the performance of algorithmic methods because benchmark functions provide standard ways to test the algorithms. However, it is difficult to select an algorithm for an application only by looking at benchmark performances. Because algorithms that are very superior in benchmarking may not produce good results in real engineering problems. Therefore, an algorithm should be examined in many aspects for a real application. Benchmark function analyses should be done for a fair comparison of algorithms. Because they are widely accepted by the algorithm producers and they should be preferred for test and compare the results of their studies in a standard way.

The response of an algorithm to a standard benchmark function can be easily compared with the response of other studies.

Previously, the SMDO algorithm has been applied in control engineering problems however it is tested for benchmark functions. In this study, the performance of the SMDO will be evaluated and compared with other methods.

In Table 2, SMDO algorithm is compared with ABC (Artificial Bee Colony), CK (Cuckoo Search Optimization), PSO (Particle Swarm Optimization) algorithms (Civicioglu & Besdok, 2013). The SMDO algorithm is run several times and the comparisons of the results of related benchmark function according to first and second statistical moments are made. We observed that the SMDO algorithm has satisfactory performance in many benchmark functions.

Another situation to be compared is the computational complexity of algorithms. For example, the SMDO algorithm is an algorithm with low computational complexity because it does not use swarm intelligence. Single solution is improved by single parameter perturbations at each set and trial, and this feature decreases wasting of inefficient set and trials that it occurs in swarm methods. Therefore, SMDO can use set and trial tasks efficiently and cautiously. In this way, it can reach the optimal point with less iteration when it is near to the optimal points. In search of multi-optimum space, SMDO can present satisfactory approximation performance when it is initialized around the global minima. Otherwise, it can find one of local minima.

The swarm methods similar to ABC, CK and PSO algorithms have higher computational complexity since they are nature-inspired algorithms and they perform computations to resemble natural phenomenon. Although the swarm intelligence is very beneficial to find global minima in multi-optimum spaces, additional computational complexity of the swarm causes a disadvantage for running algorithms in real time systems. Because the performance of the hardware will be limited while performing the algorithms, in other words, the hardware limitations are also important for online tuning applications. The SMDO algorithm was implemented for online controller tuning and modeling studies, and the computational many experimental study indicated that complexity of the SMDO is manageable by the hardware (Alagoz et al., 2013; A. Ates et al., 2017, 2020; Abdullah Ates et al., 2014; Yeroğlu & Ateş, 2014).

Consequently, initial configuration, divergence ranges and error limitation are critically important for performance of SMDO method, although they are not critical important for swarm based optimization method such as ABC, CK and PSO. This makes SMDO a more cautious tuning tool and it does not freely walk in the search space. For this reasons SMDO has good performance for fine tuning of the optimization parameters. In addition, SMDO has good performance for controller tuning problem. Because in that type of the problem, parameters search space, divergence vector, upper and lower value

of the parameters and error limitation are predictable or can be found some approximate values with analytical method and existing study. If the known number of parameters of the system is inadequate, it is difficult for the SMDO algorithm to reach global or best local point. Because of the dependence to a good configuration and initialization of parameter, SMDO method can be found a local point in multi-optimum space applications. Therefore, it will be advantageous to work with swarm based optimization algorithms for that kind of problems. However, the SMDO algorithm has important advantages for fine tuning the optimization parameters. parameters or using optimized parameters in real-time systems.

In these experiments the initial conditions are set to zero for all dimensions. The SMDO algorithm is tested 20 times and it is run with 10000 iterations for each test. So it is aimed to the diminish the worsening effects of randomness. The error limit and divergence coefficients are very crucial parts of the SMDO algorithm. Because small divergence provides satisfactory results near the optimal point but then the optimization time gets bigger. Besides that, small error limits again provide facility to get closer near optimum values. But small error limits can be inapplicable in real engineering problems. Since we study with benchmark functions in this work we set small error limits for the algorithm. So for example with Ackley function we set divergence coefficient  $0.1 \times 10^{-10}$  and error limit as  $0.1 \times 10^{-16}$ , with Bohachevsky function we set divergence coefficient  $0.1 \times 10^{-10}$  and error limit as  $0.1 \times 10^{-16}$ , with DixonPrice function we set divergence coefficient  $0.1 \times 10^{-2}$  and error limit as  $0.1 \times 10^{-22}$ , with Goldsteinprice function we set divergence coefficient 0.5 and error limit as  $0.1 \times 10^{-2}$  and similar values with the others.

**Table 2.** Results of algorithms with Benchmark Functions (Civicioglu & Besdok, 2013)

Benchmark Functions	Optimization Algorithms									
	Global Min.	ABC		CK		PSO		SMDO		Standard Deviation
		Mean	Best	Mean	Best	Mean	Best	Mean	Best	
Ackley	0	0.3e-13	2.22e-14	4.4e-15	4.4e-15	0.8e-14	0.8e-14	1.24e-15	8.8818e-16	1.09e-15
Beale	0	0.8e-15	0.4e-15	0.0	0.0	0.0	0.0	2.79e-07	3.3466e-09	3.14e-07
Bohachevsky	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Booth	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.95e-12	1.2242e-13	1.04e-11
Branin	0,3978	0.3978	0.3978	0.3978	0.3978	0.3978	0.3978	0.3979	0.3979	1.36e-09
DixonPrice	0	2.3e-15	1.4e-15	0.6667	0.6667	32.700	0.66667	0.6667	0.6667	5.18e-11
Easom	-1	-1.0	-1.0	-0.3	-1.0	-1.0	-1.0	-1.21e-08	-3.6102e-08	8.53e-09
GoldsteinPrice	3	2.9999	2.9999	2.9999	2.9999	2.9999	2.9999	3.0004	3.0000	5.01e-04
Griewank	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0092	0.0	0.0	0.0	0.0
Matyas	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.34e-23	2.9322e-25	7.96e-24
Perm	0	0.0204	0.0011	5.28e-5	8.58e-9	0.0014	8.83e-6	0.0541	0.0081	0.0487
Powell	0	0.0004	2.71e-4	1.5e-7	7.97e-8	5.18e-5	2.1e-5	3.25e-23	4.4828e-25	3.14e-23
Rastrigin	0	0.0	0.0	1.28	0.00038	28.008	13.9294	0.0	0.0	0.0
Rosenbrock	0	0.0609	0.0002	0.0	0.0	2.3639	0.00007	3.0982	2.8789	0.1242
Schwefel	0	-12,569.48	-12,569.4866	-12,505.45	-12,569.48	-8,927.9796	-10,426.97	1.25e+04	1.2569e+04	3.73e-12
Shubert	-186,73	-186.73	-186.73	-186.73	-186.73	-186.73	-186.73	-32.4496	-64.4725	22.6024
Zakharov	0	4.88e-14	8.3e-15	0.0	0.0	0.0	0.0	1.93e-25	1.6930e-30	3.13e-25



### Smdo toolbox

For this study, a SMDO Matlab GUI is developed to test SMDO algorithm for different benchmark test functions. The input parameters of SMDO and test functions can be configured by using user-friendly GUI. This Matlab GUI can be seen in Figure 2. This program can be downloaded from the the link. (<https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/75043-smdo-method-with-benchmark-functions>). In this program, all structures that affect the performance of the SMDO algorithm have been parameterized. For example, with "Enter run count" it is determined how many times the algorithm will be run consecutively. The performance evaluation of stochastic search algorithms should be done according to statistical analysis such the mean performance, the best performance etc. In other words, performance analyses of the algorithms should be carried out by running that algorithm many times consecutively. Therefore, mean and standard deviation values should be given after each multiple run. In this toolbox, this structure has been automated. "Enter iteration number" section indicates how many iterations the algorithm will work. "Enter error limit" section is actually a control mechanism for SMDO. The system tries the values above the given error value and does not take them to the solution. "Enter divergence vector" section determines the speed at which the SMDO algorithm reaches the optimal point. "Enter initialization values" section is one of the most important steps of SMDO. It is especially important in terms of SMDO where the algorithm is started. Therefore, it is very important from which point to start especially in real engineering problems. The "Enter benchmark type" section expects to benchmark type selection and there are 17 different benchmark functions which can be selected in this study. Each benchmark function is assigned a number. By selecting this number, the interested benchmark function is resolved and analyzed according to the specified interval. The "Enter benchmark function parameter count" section expects to parameter count of selected benchmark function. After processing the inputs; the mean and best values are shown with the help of this program to analyze and compare the results.

**Figure.2.** Toolbox of SMDO (<https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/75043-smdo-method-with-benchmark-functions> )

## CONCLUSION

This paper presents the comparisons of solutions of different numerical optimization methods by using different benchmark functions. SMDO algorithm has been directly proposed for controller tuning problems. This is an advantage of SMDO in term of being application oriented, because optimization problems are generally designed through benchmark test functions. But if an algorithm does not contribute to a real world problem, it remains restricted in the theoretical ground and one may not use it in a practical way which is not preferred from the engineering point of view. However, there was a need for applying SMDO for benchmark functions for a comparison with other popular methods. Results indicate that SMDO can also provide satisfactory performance when it is configured properly for solving benchmark functions. The study discusses advantages and shortcomings of SMDO method. In addition, as an output of this study, a Matlab GUI was developed and shared for free use.

## REFERENCES

- Alagoz, B. B., Ates, A., & Yeroglu, C. (2013). Auto-tuning of PID controller according to fractional-order reference model approximation for DC rotor control. *Mechatronics*, 23(7). <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2013.05.001>
- Ateş, A., Alagoz, B. B., S. B. C. Y. (2013). Kesir Dereceli PID Kontrolörler İçin Referans Model Tabanlı Optimizasyon Yöntemi. *Türkiye Otomatik Kontrol Milli Komitesi 2013 Malatya, 1*.
- Ates, A., Alagoz, B. B., Chen, Y. Q., Yeroglu, C., & HosseinNia, S. H. (2020). *Optimal Fractional Order PID Controller Design for Fractional Order Systems by Stochastic Multi Parameter Divergence Optimization Method with Different Random Distribution Functions*. 9–14. <https://doi.org/10.1109/iccma46720.2019.8988599>
- Ates, A., Alagoz, B. B., & Yeroglu, C. (2017). Master–slave stochastic optimization for model-free controller tuning. *Iranian Journal of Science and Technology - Transactions of Electrical Engineering*, 41(2). <https://doi.org/10.1007/s40998-017-0029-1>
- Ateş, A., & Yeroglu, C. (n.d.). *SMDO Algoritması ile İki Serbestlik Dereceli FOPID Kontrol Çevrimi Tasarımı Two Degrees of Freedom FOPID Control Loop Design via SMDO Algorithm*. 6–11.
- Ates, Abdullah, AlagOz, B. B., Tepljakov, A., Petlenkov, E., Yeroglu, C., Kuznetsov, A., & Sobolev, I. (2019). Fractional Order Model Identification of Receptor-Ligand Complexes Formation by Equivalent Electrical Circuit Modeling. *2019 International Conference on Artificial Intelligence and Data Processing Symposium, IDAP 2019*. <https://doi.org/10.1109/IDAP.2019.8875913>
- Ates, Abdullah, & YEROĞLU, C. (2016). Online Tuning of Two Degrees of Freedom Fractional Order Control Loops. *Balkan Journal of Electrical and Computer Engineering*, 4(1), 5–11. <https://doi.org/10.17694/bajece.52491>
- Ates, Abdullah, Yeroglu, C., Alagoz, B. B., & Senol, B. (2014). Tuning of fractional order PID with master-slave stochastic multi-parameter divergence optimization method. *2014 International Conference on Fractional Differentiation and Its Applications, ICFDA 2014*. <https://doi.org/10.1109/ICFDA.2014.6967388>
- Biswas, A., Mishra, K. K., Tiwari, S., & Misra, A. K. (2013). Physics-Inspired Optimization Algorithms: A Survey. *Journal of Optimization*. <https://doi.org/10.1155/2013/438152>
- Chopard, B., & Tomassini, M. (2018). Particle swarm optimization. In *Natural Computing Series*. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-93073-2\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-319-93073-2_6)
- Civicioglu, P., & Besdok, E. (2013). A conceptual comparison of the Cuckoo-search, particle swarm optimization, differential evolution and artificial bee colony algorithms. *Artificial Intelligence Review*. <https://doi.org/10.1007/s10462-011-9276-0>

- Emmerich, M. T. M., & Deutz, A. H. (2018). A tutorial on multiobjective optimization: fundamentals and evolutionary methods. *Natural Computing*. <https://doi.org/10.1007/s11047-018-9685-y>
- Frédéric Bonnans, J., Charles Gilbert, J., Lemaréchal, C., & Sagastizábal, C. A. (2006). Numerical optimization: Theoretical and practical aspects. In *Numerical Optimization: Theoretical and Practical Aspects*. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-35447-5>
- Giagkiozis, I., & Fleming, P. J. (2015). Methods for multi-objective optimization: An analysis. *Information Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2014.08.071>
- Kakandikar, G. M., Nandedkar, V. M., Kakandikar, G. M., & Nandedkar, V. M. (2018). Engineering Optimization. In *Sheet Metal Forming Optimization*. <https://doi.org/10.4324/9781315156101-4>
- Kuhn, H. W., & Tucker, A. W. (2014). Nonlinear programming. In *Traces and Emergence of Nonlinear Programming*. [https://doi.org/10.1007/978-3-0348-0439-4\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-0348-0439-4_11)
- Mirjalili, S., Gandomi, A. H., Mirjalili, S. Z., Saremi, S., Faris, H., & Mirjalili, S. M. (2017). Salp Swarm Algorithm: A bio-inspired optimizer for engineering design problems. *Advances in Engineering Software*. <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2017.07.002>
- Nocedal, J., & Wright, S. (2006). Numerical optimization, series in operations research and financial engineering. In *Springer*.
- Rao, S. S. (2009). Engineering Optimization: Theory and Practice: Fourth Edition. In *Engineering Optimization: Theory and Practice: Fourth Edition*. <https://doi.org/10.1002/9780470549124>
- Unconstrained*. (n.d.). Retrieved April 16, 2020, from [http://www-optima.amp.i.kyoto-u.ac.jp/member/student/hedar/Hedar\\_files/TestGO\\_files/Page364.htm](http://www-optima.amp.i.kyoto-u.ac.jp/member/student/hedar/Hedar_files/TestGO_files/Page364.htm)
- Vajda, S., & Dantzig, G. B. (1965). Linear Programming and Extensions. *The Mathematical Gazette*. <https://doi.org/10.2307/3612922>
- Yang, X. S. (2014). Nature-Inspired Optimization Algorithms. In *Nature-Inspired Optimization Algorithms*. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-01368-0>
- Yang, X. S., & Gandomi, A. H. (2012). Bat algorithm: A novel approach for global engineering optimization. *Engineering Computations (Swansea, Wales)*. <https://doi.org/10.1108/02644401211235834>
- Yeroğlu, C., & Ateş, A. (2014). A stochastic multi-parameters divergence method for online auto-tuning of fractional order PID controllers. *Journal of the Franklin Institute*, 351(5). <https://doi.org/10.1016/j.jfranklin.2013.12.006>

## Electric Drive Vehicle Model and Simulation with MATLAB

Burak URAZEL<sup>1\*</sup>, Kemal KESKİN<sup>1</sup>

**ABSTRACT:** In this manuscript an electric drive vehicle (EDV) is modeled in the MATLAB/Simulink environment. First the resistive forces acting on EDV during the longitudinal motion are computed analytically. Then the required engine power to propel the vehicle during motion or the regenerated power to charge the batteries during braking is calculated by using powertrain and engine parameters. Finally battery charge/discharge currents, battery charge/discharge powers and battery state of charge (SOC) values are obtained. The proposed vehicle model is simulated with three different drive cycles such as: UDDS (Urban Dynamometer Driving Schedule), NEDC (The New European Driving Cycle) and NREL (National Renewable Energy Laboratory Class-3). Simulations are conducted considering SOC (state of charge) of battery, power demand and speed profile.

**Keywords:** Drive Cycle, Electric vehicle, MATLAB/Simulink, Modelling

<sup>1</sup>Burak URAZEL (Orcid ID: 0000-0002-3221-9854), Kemal KESKİN (Orcid ID: 0000-0002-3969-2396), Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Burak URAZEL, e-mail: burazel@ogu.edu.tr

Geliş tarihi / *Received:* 17-03-2020  
Kabul tarihi / *Accepted:* 04-07-2020

## INTRODUCTION

The global warming and the environmental deterioration are two important issues that the world is encountering nowadays. A major factor that causes to this issue is the growing rate of polluting and precarious gas emissions. Transportation is the critical contributor to hazardous gas emissions since most of vehicles are using internal combustion engines which burn fossil fuels. Gas emissions should be kept under control and it is required to take precautions in order to minimize existing emissions. The efficiency of internal combustion engine for higher loads is satisfactory, however, they are mostly operated at lower engine loads and as a result of this the overall efficiency decreases (Heywood, 1988). When gas emissions and efficiency are taken into account, the electric drive vehicles (EDVs) can be solution since they have no tail pipe emissions and they are more efficient (Amjad et al, 2010).

EDVs consist of an electric motor which is powered by built-in battery unlike internal combustion engine and fuel tank. The battery is charged with plug-in charging unit during the vehicle is not in use (Tie SF and Tan CW, 2013; Peng M et al. 2012). There are many benefits to use EDVs, for instance, they have zero emission, and also provide favorable acceleration and efficient motor power. In addition, they enable further usage of renewable energy sources with charging battery. Besides that low cost electricity can be used by charging overnight (Amjad et al., 2010; Shareef et al., 2016; Castro et al., 2017). Although EDVs are seem to be excellent for use in transportation, they have already some weaknesses. The main electric storage system, battery, is still overpriced and the trade-off between the range of vehicle and time cost of charging process is not fulfilling yet. Location of charging units are important and the cost of infrastructure for these units are expensive (Hota et al., 2013).

The most important circumstance that affects design level of an EDV is obtaining efficient fuel economy and being respectful to environment. Besides that the vehicle should satisfy performance requirements such as good acceleration (Amjad et al., 2010). The EDV's performance is ensured by the maximum power of engine and the capacity of the energy storage system. Acceleration, braking range and maximum power of electric motor are the main parameters for choosing appropriate engine. Besides, vehicle features such as weight, type etc. are the main constraints for design (Matsuo and Miyamoto, 2000). Other important component of EDV is energy storage unit or in other words battery. Energy storage should meet not only the power requirements of EDV but also driving range necessity. The battery should store sufficient power and also satisfy peak powers such that electric motor needs instantaneous power throughout the acceleration (Burke, 2007).

Mathematical model of EDV is represented by various researchers in the literature (Larminie and Lowry, 2012; Schaltz, 2011). The electric drive vehicle was modeled through Newton's laws of motion (Ehsani, 2013). Besides that a kinematic model of electric drive vehicle on a planar and horizontal road was modeled considering longitudinal and lateral dynamics (Suh et al., 2013). In addition, multi degree of freedom dynamics of an electric drive vehicle was proposed in (Hegazy et al., 1999). In this manuscript, an analytical model and simulation of EDV will be proposed using MATLAB/Simulink environment. The components of EDV will be explained in details and also they will demonstrated by Simulink blocks. The proposed vehicle model will be simulated with three different drive cycles such as: UDDS (Urban Dynamometer Driving Schedule), NEDC (The New European Driving Cycle) and NREL (National Renewable Energy Laboratory Class-3). Simulation results will be evaluated considering SOC (state of charge) of battery, power demand and speed profile.



## MODELING THE MOTION

Longitudinal motion of a vehicle can be modeled based on Newton's second law, and demonstrated in the following form:

$$F_{net} = m_{eff} a \quad (1)$$

where  $F_{net}$  refers to net force acting on the vehicle while  $a$  stands for acceleration of the vehicle. Also  $m_{eff}$  is the effective mass of vehicle which consists of the actual mass and the equivalent mass of the rotational inertia placed at vehicle's center of gravity. The effective mass which is subjected to the engine torque can be formulated as follows:

$$m_{eff} = m + m_{eq} \quad (2)$$

where  $m$  is the vehicle's actual mass,  $m_{eq}$  is the equivalent mass of the rotational inertia which placed at vehicle's center of gravity. The net force acting on the vehicle in longitudinal direction can be determined by following statement:

$$F_{net} = F_x - R_A - R_R \pm R_G \quad (3)$$

where  $F_x$  is the traction force when accelerating and braking force when decelerating. The other forces acting on vehicle are aerodynamic drag resistance,  $R_A$ , rolling resistance,  $R_R$ , and gradient resistance,  $R_G$ , respectively.

### Resistive Forces

However resistive forces affect the vehicle motion in a negative manner, sometimes, a few of them contribute the vehicle motion positively. For instance, considering a track with uphill and downhill parts, gradient resistance will be negative in downhill part while it is positive in uphill part. Also inertial resistance changes to negative from positive when vehicle is decelerating. Following subsections determine the resistance forces in detail.

### Aerodynamic Drag Resistance

The aerodynamic drag resistance can be formulated based on relative velocity between the vehicle and the wind. It is given by the following statement:

$$R_A = 0.5 A \rho C_d (v_{vehicle} \pm v_{wind})^2 \quad (4)$$

where  $R_A$  is the aerodynamic drag force [N],  $A$  is the cross-sectional area of the vehicle [ $m^2$ ],  $\rho$  is the air density [ $kg/m^3$ ],  $C_d$  is the drag coefficient,  $v_{vehicle}$  and  $v_{wind}$  are forward velocity of the vehicle and the velocity of the wind [ $m/s$ ], respectively. The direction of wind has critical impact on calculation of aerodynamic drag force. If the wind velocity stands in the opposite direction of the vehicle velocity (against the vehicle motion), then plus-minus sign in the formulation (4) will be plus (+). In the case of wind velocity is in the same direction with the vehicle velocity, plus-minus sign in (4) will be minus (-).

## Rolling Resistance

A force arises from the tire and the road surface interaction which resists the vehicle motion is called as rolling resistance or rolling friction. It is related to the vertical force on the tire and can be formulated as follows:

$$R_r = fW \cos \theta \quad \text{or} \quad R_r = fmg \cos \theta \quad (5)$$

where  $R_r$  is the rolling resistance [ $N$ ],  $f$  is the rolling resistance coefficient,  $W$  is the weight of vehicle [ $N$ ],  $m$  is the mass of vehicle [ $kg$ ],  $g$  is the gravitational acceleration, and  $\theta$  is the angle of incline. When a motion is considered in the level, the angle of incline will be equal to 0 and the contribution of cosine term to formulation will be 1. It is clear that when the incline angle rises, the rolling resistance decreases. The most important factor that affects the rolling resistance is tire deformation. It is roughly the reason of rolling resistance with the rate of 90%.

## Gradient Resistance

Throughout the motion of a vehicle, the road level changes variously. However moving through the uphill segment of the road causes a resistance to the motion, it is obvious that it promotes the motion when the vehicle is moving the downhill segment of the road. Hence the force caused by gradient can be positive or negative according to its type and can be obtained as:

$$R_G = \pm W \sin \theta \quad \text{or} \quad R_G = \pm mg \sin \theta \quad (6)$$

where  $R_G$  is the gradient resistance.

## Traction Force

The traction force provides force to move the vehicle along the longitudinal direction of road. It is occurred at the tire and road contacting surface with the help of generating rotation of the wheels by the drivetrain and engine. Wheel torque and wheel power are two important topics that should be considered before traction force.

Wheel torque is a function of engine torque. The source of torque is the engine and the torque is transmitted to gearbox by using clutch. Hence the torque of wheel can be formulated as follows:

$$T_w = T_e i_g i_f \eta_t \quad (7)$$

where  $T_w$  is the wheel torque [ $Nm$ ],  $T_e$  is the engine torque [ $Nm$ ],  $i_g$  is the gearbox reduction ratio,  $i_f$  is the final drive reduction ratio,  $\eta_t$  is the transmission efficiency. When equation (7) is written again in terms of the wheel power:

$$\begin{aligned}
 T_w &= 1000(P_w / \omega_r) \\
 T_w &= \frac{P_w 1000}{2\pi(N_w / 60)} \\
 T_w &= \frac{9550 P_e \eta_t}{N_w} \\
 T_w &= \frac{9550 i_g i_f \eta_t P_e}{N_e}
 \end{aligned} \tag{8}$$

where  $P_w$  and  $P_e$  refer to wheel power and engine power [kW], respectively.  $N_e$  and  $\omega_r$  are engine rotational speed [rpm] and wheel rotational speeds [rad / s], respectively. Therefore the tractive force coming from engine to equilibrate the reverse forces can be formulated as follows:

$$\begin{aligned}
 F_x &= \frac{T_w}{r_w} \\
 F_x &= \frac{T_e i_g i_f \eta_t}{r_w} \\
 F_x &= \frac{9550 i_g i_f P_e \eta_t}{r_w N_e}
 \end{aligned} \tag{9}$$

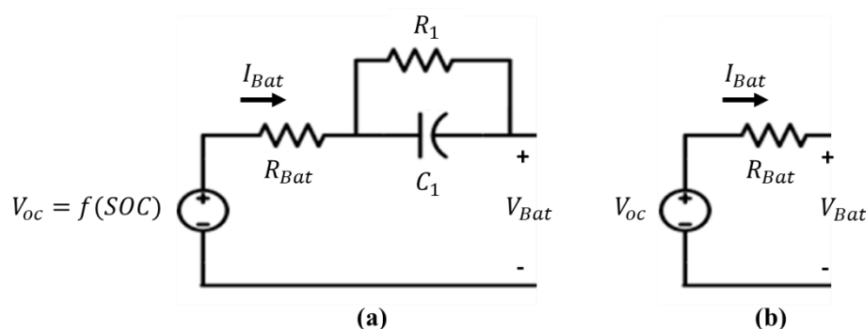
where  $r_w$  is the radius of the wheel [m].

## BATTERY MODEL

Throughout the motion of the vehicle, the electric motor should overcome all resistive forces as given in equation (3). In addition to engine power  $P_e$ , the power demand of electrical auxiliary systems including security systems, comfort systems, lighting systems and information systems  $P_{aux}$  should be also provided by the batteries

$$P_{Bat} = P_e + P_{aux} \tag{10}$$

where  $P_{Bat}$  is the electric power demand at the batteries. In electric vehicles, dual polarization model can be used to accurately model the batteries by considering not only the electrical behaviour but also the electrochemical polarization characteristics. As seen from Figure 1(a), dual polarization model consists of battery open circuit voltage  $V_{OC}$ , battery internal resistance  $R_{Bat}$  and RC branches which represent concentration polarization characteristics and electro-chemical polarization characteristics, respectively (Lekshmi and Lal Priya, 2019).



**Figure 1.** Battery models; (a) dual polarization model, (b) simplified model

Since the battery open circuit voltage and the electrical parameters are depend on battery state of charge (SOC) values, calculating the battery current  $I_{Bat}$  becomes more complicated. In this manuscript, in order to reduce the complexity, battery electrochemical characteristics are ignored and it is assumed that  $V_{OC}$  has a slowly time-varying characteristic and considered constant (Lekshmi and Lal Priya, 2019). Under all these assumptions, according to Figure 1(b) the following equation can be obtained.

$$V_{oc}I_{Bat} = (I_{Bat})^2R_{Bat} + P_{Bat} \quad (11)$$

$P_{Bat}$  is the electric power demand at the batteries. By solving equation (11) for  $I_{Bat}$ , battery charge / discharge current can be obtained as given below.

$$I_{Bat} = \frac{V_{OC}}{2R_{Bat}} - \sqrt{\left(\frac{V_{OC}}{2R_{Bat}}\right)^2 - \frac{P_{Bat}}{R_{Bat}}} \quad (12)$$

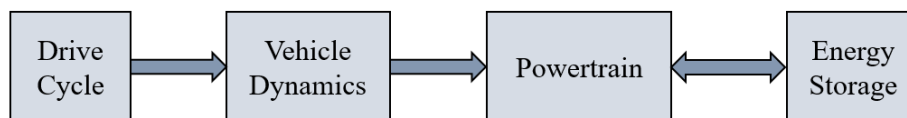
The state of charge (SOC) value is an important performance indicator for batteries which denotes the available capacity as a function of the rated capacity. SOC value can be determined by using coulomb counting method as follows

$$SOC(t) = SOC(t_0) - \frac{1}{C_{Bat}} \int_{t_0}^t \delta(\tau)I_{Bat}(\tau)d\tau \quad (13)$$

where  $C_{Bat}$  is the rated capacity of the battery,  $\delta(\tau)$  is the efficiency during charge and discharge operations (Coleman et al., 2007).

## SIMULATION MODEL

The electric vehicle considered in this paper is modeled and simulated in MATLAB / Simulink. The block diagram of the vehicle model is given in figure 2. As it is seen from figure 2, the Simulink model consists of three main sub sections such as resistive force model, traction model and battery model.



**Figure 2.** Block diagram of the electrical vehicle

### Vehicle Dynamics

Calculations of the resistive forces which are given in equation (4)-(6) are provided by using vehicle dynamics model given in Figure 3. The vehicle velocity value is taken as external input and it depends on the driving cycle which is selected for simulation process. Besides the parameters such as wind velocity, air density, road incline angle and rolling resistance coefficient are called from the environmental parameters block while drag coefficient, vehicle crosssectional area and vehicle mass are read from the vehicle parameters block.

### Powertrain Model

As it is given in Figure 4, this model calculates the required engine power that the vehicle can follow the selected drive cycle by using the equations (7)-(9). Not only the drivetrain parameters such as gearbox reduction ratio, final drive ratio and transmission efficiency, but also the resistive forces calculated by the force model are taken as inputs for this traction model. On the other hand, the relation between torque and speed of the electric motor is obtained via the efficiency-torque-speed curve of the

selected motor. This efficiency curve is first converted to 2D look up table and then called by the machine parameters block.

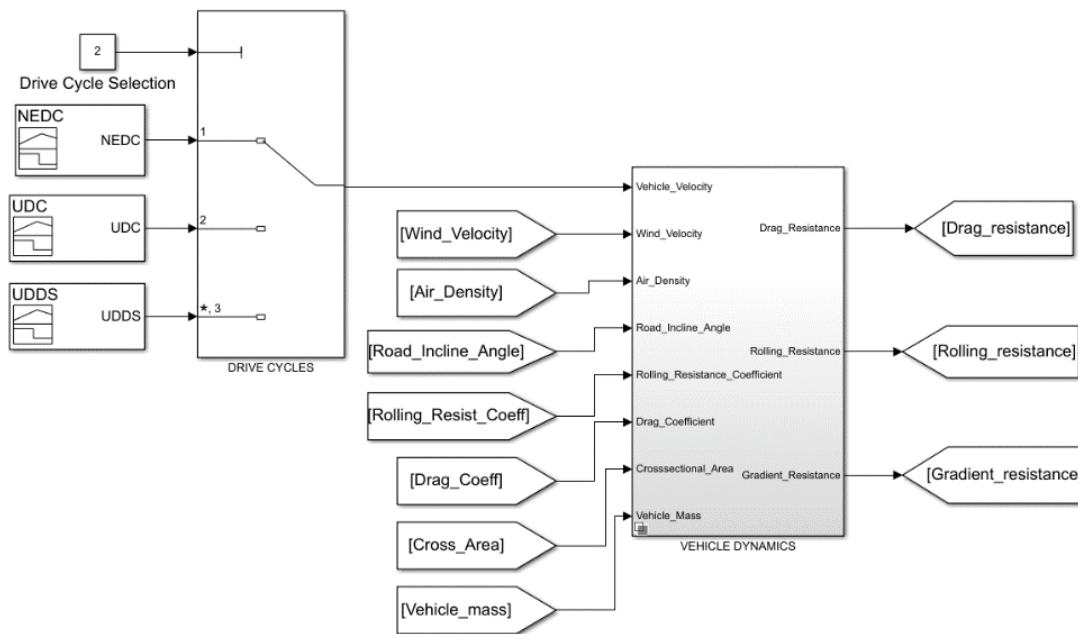


Figure 3. Vehicle dynamics model

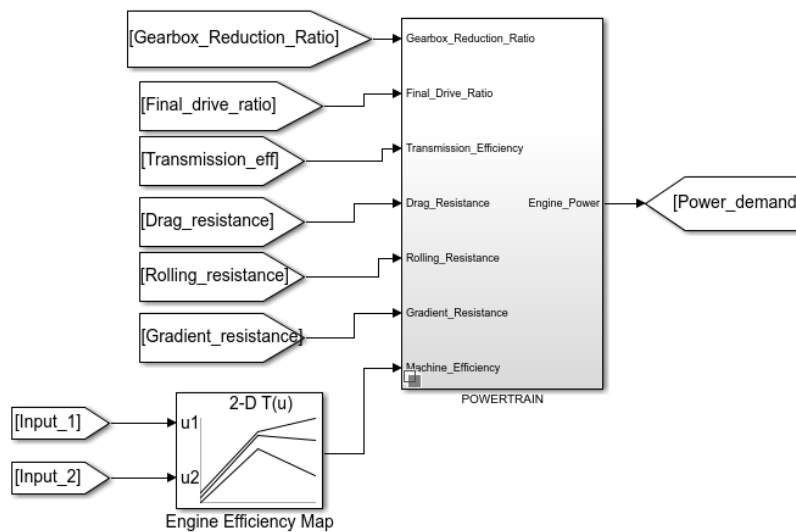


Figure 4. Powertrain model

### Battery Model

In this study, batteries are assumed to be the only energy storage system for the considered vehicle. So the power required to propel the vehicle is supplied by the batteries. On the other hand batteries are charged by the kinetic energy recovered during regenerative braking. In this model the amount of energy consumed or generated during the driving cycle, the value of battery charge and discharge current and battery state of charge are calculated as given in equations (10)-(13). It is considered that the electric motor is braked with 100% gain in regenerative mode. Simulink model for the energy storage system is given in Figure 5.



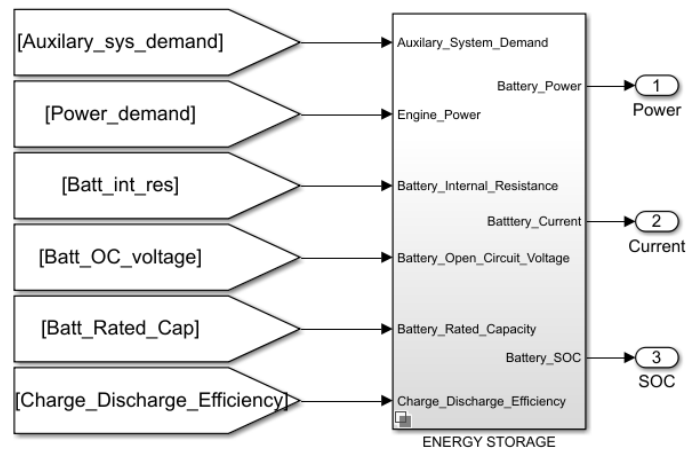


Figure 5. Battery model

## SIMULATION RESULTS

The simulation for electric drive vehicle can be implemented for different drive cycles and considering various conditions. In this section simulation results of NEDC, UDDS and NREL drive cycles are evaluated.

### NEDC and UDDS Drive Cycles

It is expected that NEDC drive cycle (United Nations Regulations, 2013) represents the ordinary usage of a vehicle in Europe. It includes four repeated urban drive cycles at the beginning and one extra-urban drive cycle at the end of drive cycle. The test takes 1180 seconds with an average speed of 33 km/h. The NEDC drive cycle is given in Figure 6-a. UDDS refers to Urban Dynamometer Drive Cycle which a mandatory dynamometer test applied by United States Environmental Protection Agency. The UDDS (EPA, 1978) is regarding to fuel economy in city conditions. The cycle takes a 12 km long urban route with 32 km/h average speed and 92km/h maximum speed. The UDDS is given in Figure 6-b.

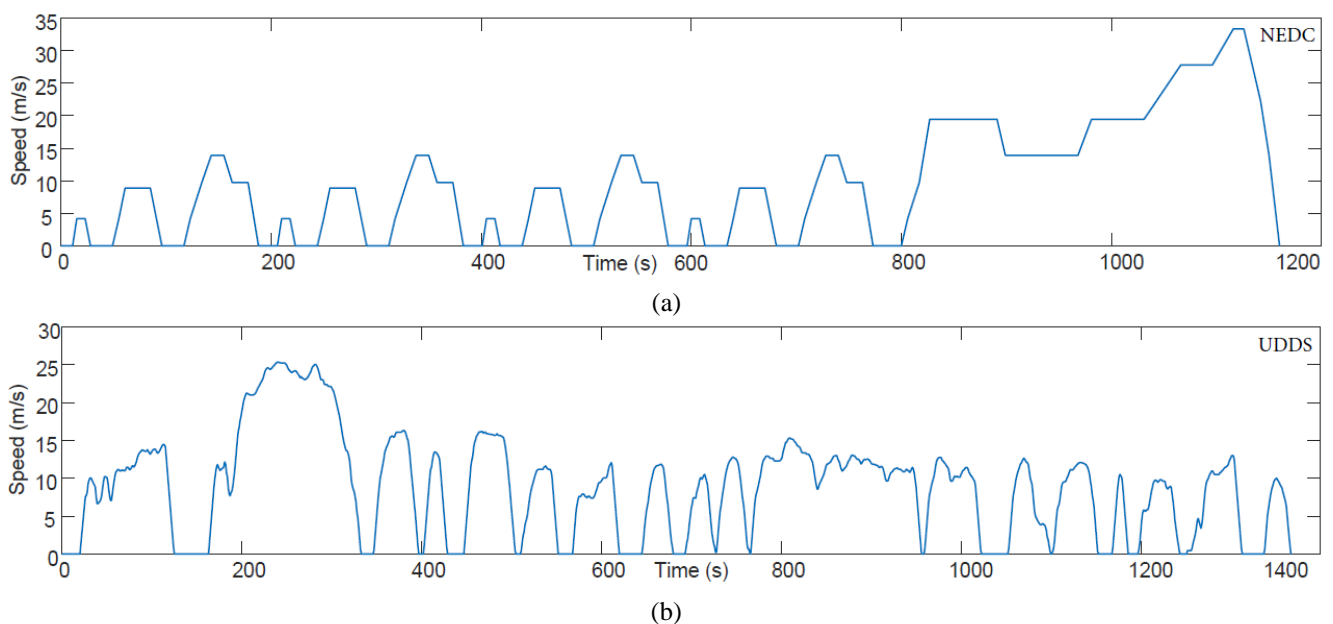
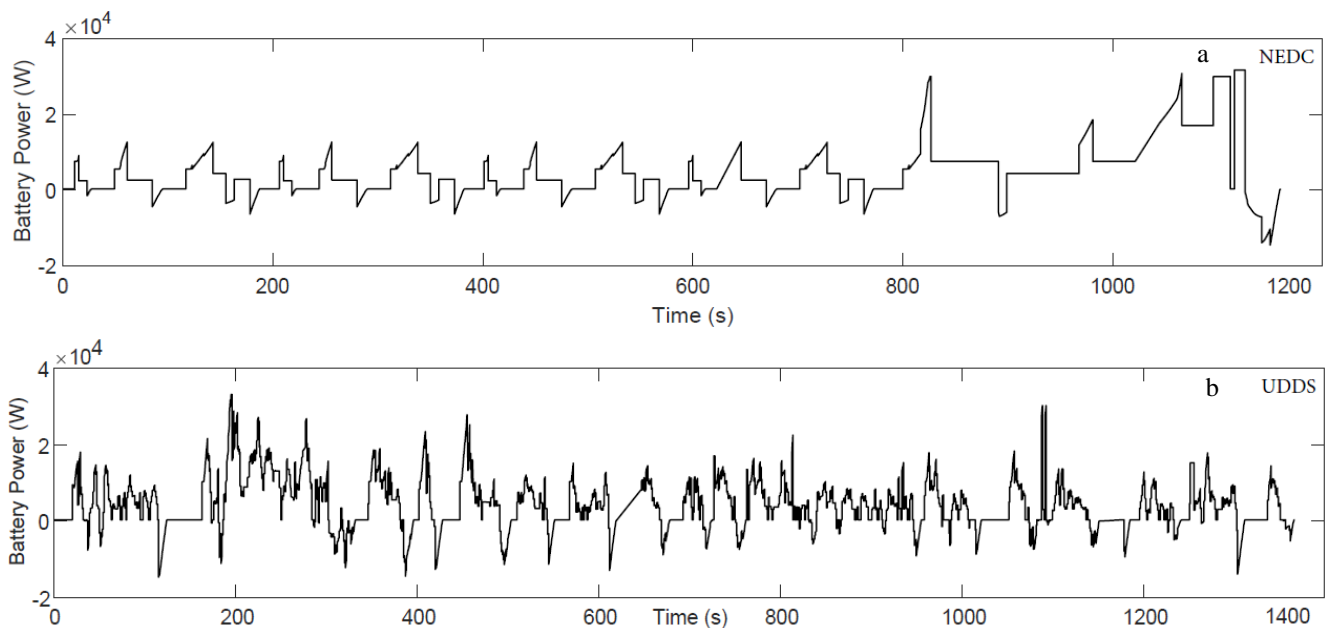


Figure 6. Speed vs. time graphs of (a) NEDC and (b) UDDS

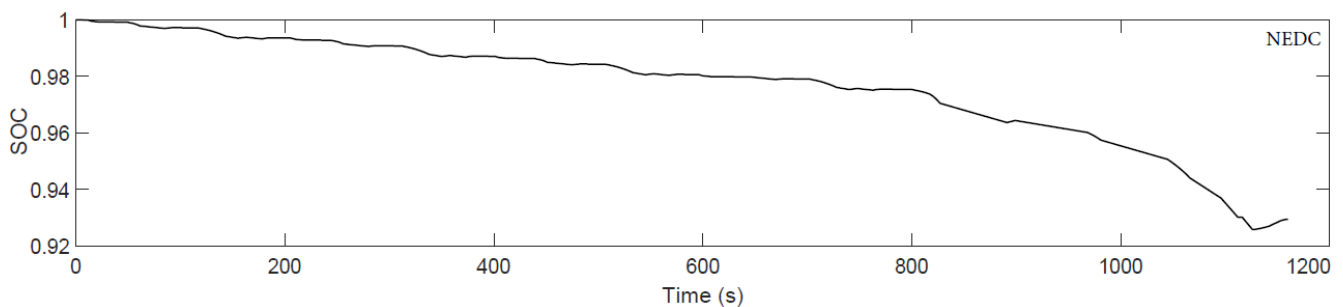
In the motoring mode, the battery power of vehicle is positive and this means that the engine provides torque in the direction of vehicle and it accelerates. In regenerative mode, the battery power of vehicle is negative and the motor works as a generator. In this mode the vehicle decelerates sluggishly.

In Figure 7-a, the battery power of vehicle measured during the NEDC drive cycle is given. During the four urban drive cycles, the battery power demand looks similar each other. It is positive when the vehicle needs to be accelerated and it is negative while the vehicle is decelerating. The major difference for battery power both positive and negative manner occur in the last part of the drive cycle since the power demand that is required to speed up the vehicle to 120 km/h is large, and likewise to stop the vehicle while it is moving with 120 km/h speed. The maximum power demand for NEDC drive cycle is measured as approximately 32 kW and the maximum regenerative power is measured as 18.8 kW. Battery power vs. time graph of UDDS drive cycle is given in Figure 7-b. The power demand for this drive cycle become maximum between 180 and 320 seconds. On the contrary, while the vehicle is cruising, the power demand reaches the minimum value (850s-900s). The maximum power demand for UDDS drive cycle is measured as approximately 35kW and the maximum regenerative power is measured as 17 kW.



**Figure 7.** (a) Battery powers vs. time for (a) NEDC and (b) UDDS

It is assumed that the battery is full (100%) for both drive cycles at the beginning of the simulation. At the end of the simulation, the state of charge (SOC) of the battery is measured as 93% for NEDC drive cycle and 92.2% for UDDS drive cycle. Also the state of the battery for both drive cycles can be found in details in Figure 8. It can be seen readily either battery is charged or discharged at which time stamp.



**Figure 8.** SOC values vs. time for (a) NEDC and (b) UDDS

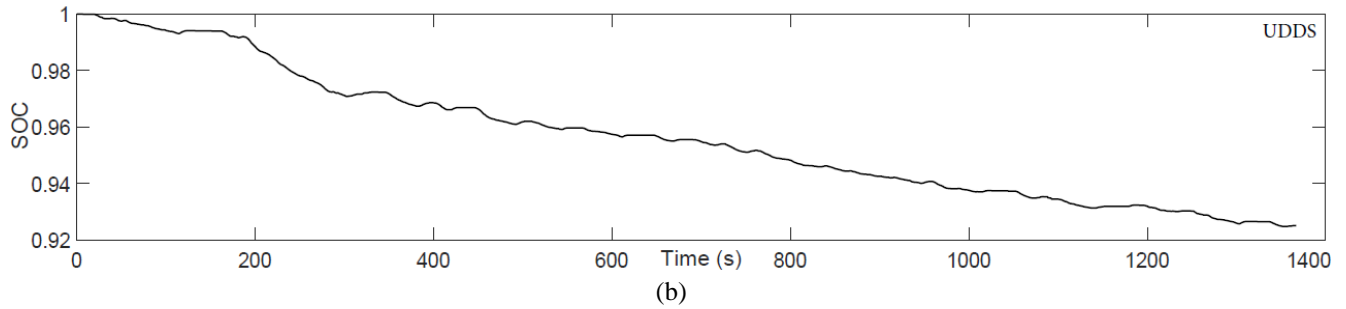


Figure 8. SOC values vs. time for (a) NEDC and (b) UDDS (continued)

### NREL Drive Cycle

This drive cycle was developed by National Renewable Energy Laboratory in order to test class 3 electric vehicle's performance (NREL DriveCAT, 2019). Rapid accelerations and long time stops draw attention in NREL drive cycle. The distance of path is about 11 km long, and the average speed is 11 km/h. The NREL class 3 drive cycle is given in Figure 9.

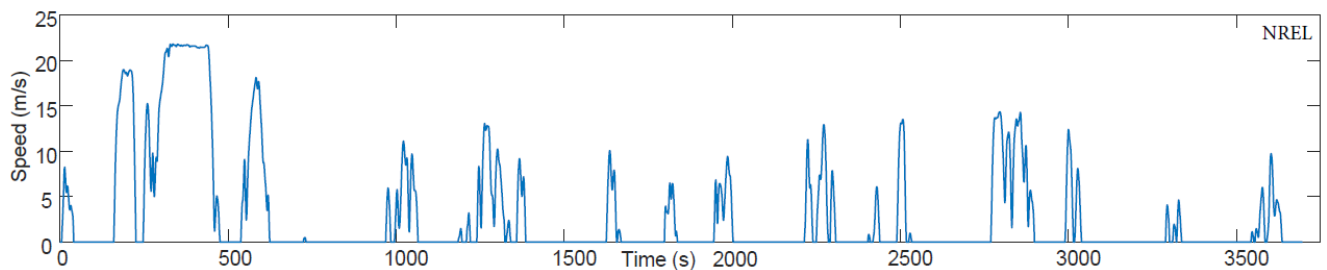


Figure 9. Speed vs. time graphs of NREL class 3 drive cycle

Power demand in NREL drive cycle is substantially similar to the previous drive cycles (see Figure 10-a). But the SOC value of battery differs from the others. This drive cycle requires more power at the beginning of trip and this cause to drastic drop in SOC level of battery. Again it is assumed that the battery is full (100%) at the beginning of the simulation. At the end of the simulation, the state of charge (SOC) of the battery is measured as 91% for NREL drive cycle. Also the state of the battery can be found in details in Figure 10-b.

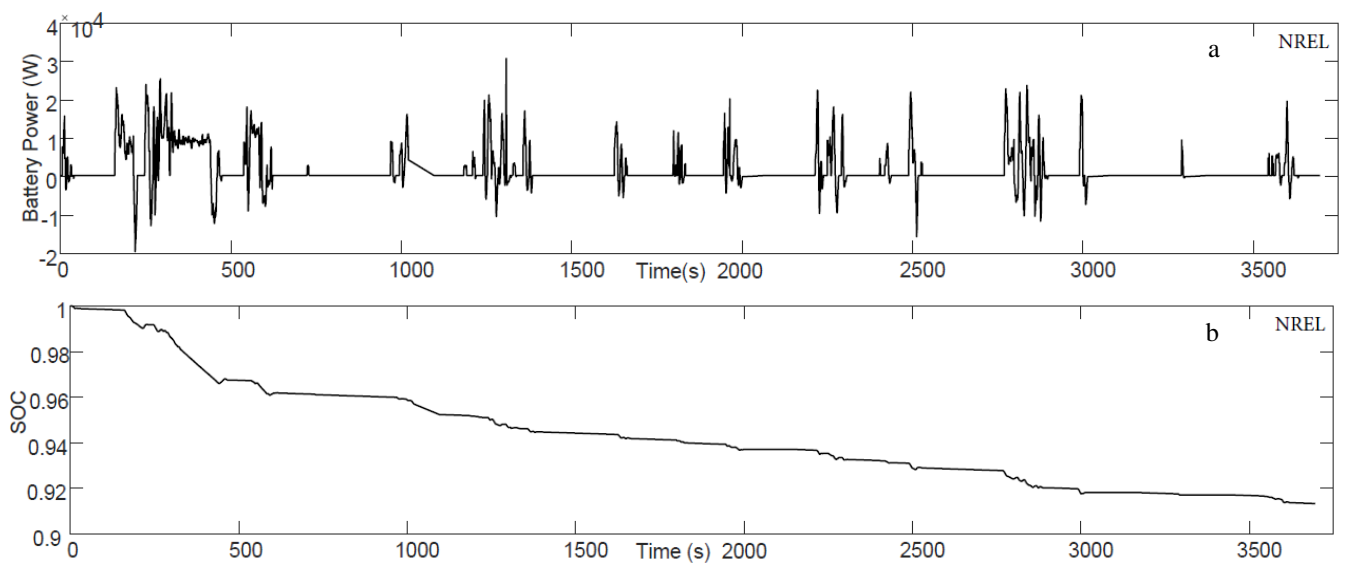


Figure 10. (a) Battery power values vs. time (b) SOC values vs. time graphs of NREL class 3.

## DISCUSSION

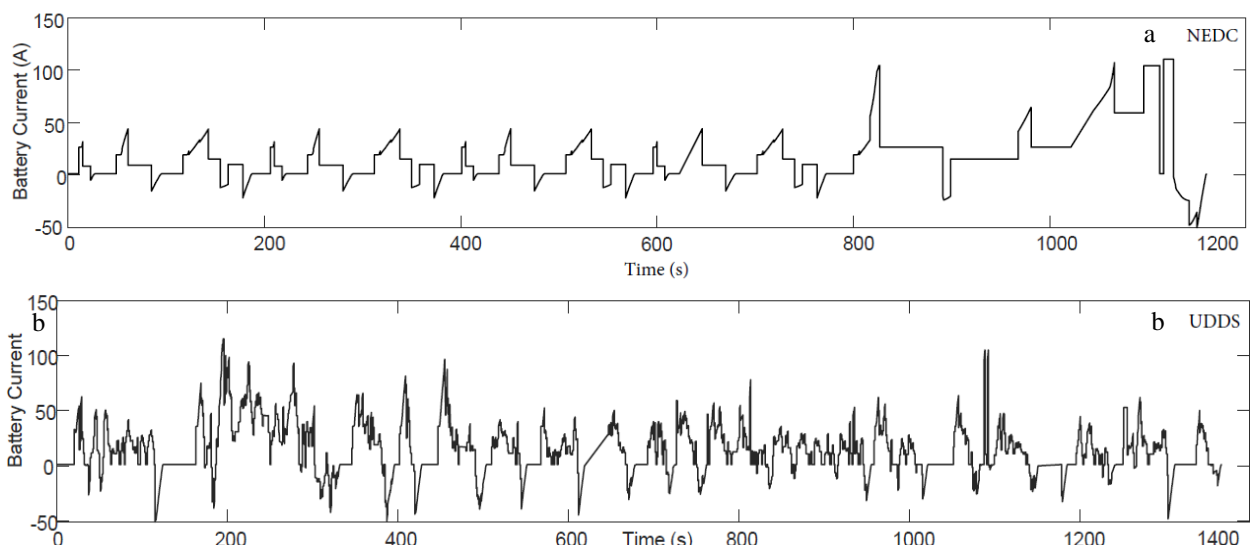
The EDV model is implemented based on the block diagram given in Figure 2. The motion of EDV is modeled based on Newton's second law considering gradient, rolling and aerodynamic resistances and traction force. Three drive cycles were taken into account to calculate power demand which is required to change speed to desired level. Although these three drive cycles differ each other in consideration of their characteristics, EDV model provides the required power (see Figures 7 and 8-a).

One of the most important parts of EDV is storage system. Since for electric vehicles which is only powered by batteries, SOC and SOH (state of health) of battery and range of vehicle issue is still a bottleneck. New generation batteries help to EDVs to enlarge their travel range more than old-fashioned batteries. But SOC and SOH of battery depend on the power and current values of battery which is regarding to the driving characteristics. With the help of EDV's recuperation capability, it is possible to improve SOC of battery. But braking frequency and speed of vehicle specify the efficiency of regeneration. For instance, when we consider UDDS drive cycle there are frequent stops comparing the other drive cycles. Consequently, the energy recuperation is much more than the others. But power demand is also higher than the other drive cycles. Because of that SOC values of NEDC and UDDS drive cycles are about to same.

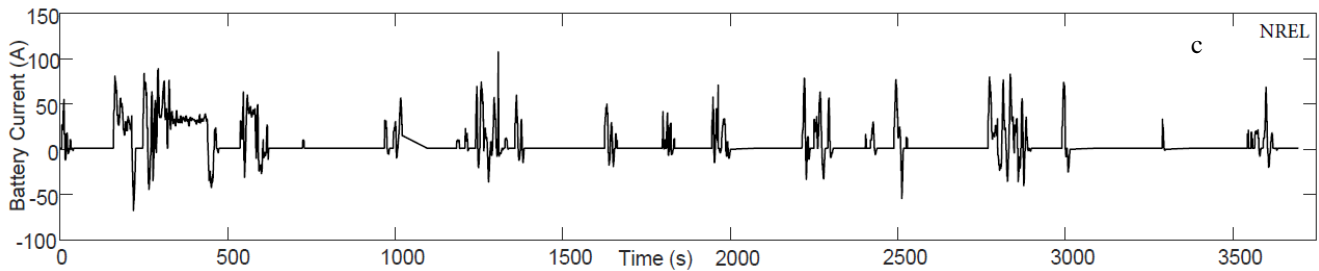
**Table 1.** Maximum and minimum battery currents of different scenarios.

	NEDC	UDDS	NREL
Maximum Battery Current	100 A	118 A	95 A
Minimum Battery Current	-50 A	-49 A	-60 A

One of the parameters that affect SOH is battery current. Instantaneous huge power demand and large current values are determinant of SOH value. Battery currents for different scenarios are given in Table 1. Positive battery current corresponds to motoring mode and battery is discharging, while negative battery current refers to regenerative mode and battery is in charge. The battery currents in Table 1 are reasonable but it is possible to improve battery health by using hybrid energy storage system instead of single battery system.



**Figure 11.** Battery Currents (a) NEDC (b) UDDS (c) NREL



**Figure 11.** Battery Currents (a) NEDC (b) UDDS (c) NREL (continued)

## CONCLUSION

In this manuscript, an analytical model and simulation of EDV is proposed using MATLAB/Simulink environment. The proposed model has four main blocks such as drive cycle, vehicle dynamics, powertrain model and battery model. Simulations are performed with three different drive cycles such as: UDDS (Urban Dynamometer Driving Schedule), NEDC (The New European Driving Cycle) and NREL (National Renewable Energy Laboratory Class-3). Results show that obtained battery power demand values correspond with the speed profile of the selected drive cycle. Power demand is positive when the vehicle needs to be accelerated and it is negative while the vehicle is decelerating. This mentioned negative power demand values also demonstrates that proposed model can handle the regenerative braking for EDV where the motor works as a generator and charges the battery. Charging the battery under braking results in an increment on the battery SOC values and provides more efficient battery usage. It must be noted that the amount energy regenerated depends on the drive cycle in terms of braking frequency and speed of vehicle.

## ACKNOWLEDGEMENT

This study was supported by the Scientific Research Projects Fund of Eskisehir Osmangazi University by the project number: 202015008.

## REFERENCES

- Amjad, S., Neelakrishnan, S. and Rudramoorthy, R. (2010). Review of design considerations and technological challenges for successful development and deployment of plug-in hybrid electric vehicles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(3), pp.1104-1110.
- Burke, A. (2007). Batteries and Ultracapacitors for Electric, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles. *Proceedings of the IEEE*, 95(4), pp.806-820.
- Castro, T., de Souza, T. and Silveira, J. (2017). Feasibility of Electric Vehicle: Electricity by Grid  $\times$  Photovoltaic Energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69, pp.1077-1084.
- Coleman, M., Chi Kwan Lee, Chunbo Zhu and Hurley, W., (2007). State-of-Charge Determination From EMF Voltage Estimation: Using Impedance, Terminal Voltage, and Current for Lead-Acid and Lithium-Ion Batteries. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 54(5), pp.2550-2557.
- Ehsani, M. (2013). Electric, hybrid, and fuel cell vehicles, introduction. In *Transportation technologies for sustainability* (pp. 492–493). Springer New York,
- EPA (1978). United States Environmental Protection Agency Federal Test Procedure, LA-4 cycle (CFR 40, 86, App.I)
- Hegazy, S., Rahnejat, H., & Hussain, K. (1999). Multi-body dynamics in fullvehicle handling analysis. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part K: Journal of Multi-body Dynamics*, 213(1), 19–31.



- Heywood JB. (1988). Internal Combustion Engine Fundamentals. McGraw-Hill Education.
- Hota, A., Juvvanapudi, M. and Bajpai, P. (2014). Issues and solution approaches in PHEV integration to smart grid. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 30, pp.217-229.
- Larminie, J. and Lowry, J. (2012). *Electric vehicle technology explained*, second edition. 2nd ed. Wiley.
- Lekshmi, S. and Lal Priya, P.S. (2019). Mathematical modeling of Electric vehicles - A survey. *Control Engineering Practice*, 92, p.104138.
- Matsuo, I., Miyamoto, T., and Maeda, H., (2000). The Nissan Hybrid Vehicle. SAE Technical Paper 2000-01-1568.
- NREL DriveCAT - Chassis Dynamometer Drive Cycles. (2019). National Renewable Energy Laboratory.
- Peng, M., Liu, L. and Jiang, C. (2012). A review on the economic dispatch and risk management of the large-scale plug-in electric vehicles (PHEVs)-penetrated power systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(3), pp.1508-1515.
- Schaltz, E. (2011). *Electrical Vehicle Design and Modeling*. Electric Vehicles - Modelling and Simulations. InTech Open.
- Shareef, H., Islam, M. and Mohamed, A. (2016). A review of the stage-of-the-art charging technologies, placement methodologies, and impacts of electric vehicles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 64, pp.403-420.
- Suh, I.-S., Hwang, K., Lee, M., & Kim, J. (2013). In-wheel motor application in a 4wd electric vehicle with foldable body concept. In 2013 International electric machines & drives conference. IEEE, Chicago, IL, pp. 1235-1240,
- Tie, S. and Tan, C. (2013). A review of energy sources and energy management system in electric vehicles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 20, pp.82-102.
- United Nations Regulations (2013). E/ECE/324/Rev.2/Add.100/Rev.3–E/ECE/TRANS/505/Rev.2/Add.100 /Rev.3

## Destek Vektör Makineleri Kullanarak Uyku Seslerinin Çoklu Sınıflandırılması

Erkin KILIÇ<sup>1</sup>, Aykut ERDAMAR<sup>2\*</sup>

**ÖZET:** Uyku sürekliliği ve uyku hijyeni, insanların günlük yaşantısını doğrudan etkilemektedir. Uyku sırasında ortaya çıkan horlama, öksürme, tıksırma gibi uyanmaya neden olan sesler genellikle uyku hastalıklarıyla ilintilidir. Horlama gibi gürültülü ses paternleri hasta ile aynı ortamda uyuyan diğer insanların da uyku kalitesini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Hastaların fizyolojik sinyalleri ve uyku sesleri polisomnografi ile kayıt edilir. Ardından tüm sonuçlar uzman doktor tarafından incelenir ve sonuçlarına göre uygun teşhis konulur. Görsel veya işitsel skorlama mesleki deneyim gerektiren, oldukça zor, zaman alan ve yorucu bir süreçtir. Bu nedenle, uykudaki seslerin otomatik sınıflandırılması üzerine yapılan çalışmalar önem kazanmaktadır. Sunulan çalışmada, uyku seslerini hızlı ve güvenilir bir şekilde analiz edebilen, otomatik olarak sınıflandırabilen bilgisayar destekli tanı algoritmasının geliştirilmesi amaçlanmıştır. Altı farklı uyku ses paterni (nefes alma/verme, öksürme, basit horlama, dubleks düşük frekans horlama, dubleks yüksek frekans horlama ve tripleks horlama) zaman bölgesinden elde edilen öznelikler kullanılarak makine öğrenmesine dayanan bir algoritmayla otomatik olarak sınıflandırılmaktadır. Önerilen algoritma üç aşamadan oluşur: Birinci aşamada ham ses sinyallerine kontrol ve ön işleme yapılır. İkinci aşamada dalga formu analizleri yapılarak öznelikler edilir. Son aşamada ise destek vektör makineleri kullanılarak sınıflandırma işlemi yapılır. Çalışma sonucunda, altı farklı uyku sesi paterni ortalama % 90.20 doğruluk oranıyla sınıflandırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Uyku Sesleri, Basit Horlama, Dubleks Horlama, Tripleks Horlama, Sınıflandırma

### Multi Classification of Sleep Sounds using Support Vector Machines

**ABSTRACT:** Sleep continuity and sleep hygiene directly affect people's daily lives. The sounds that cause awakening such as snoring, coughing, and obstruction during sleep are generally related to sleep diseases. Noisy sound patterns, such as snoring, can negatively affect the sleep quality of other people who sleep in the same environment as the patient. Physiological signals and sleep sounds of patients are recorded by polysomnography. Then all results are examined by the sleep physician and appropriate diagnosis is made according to the results. Visual or auditory scoring is a very difficult, time-consuming and tiring process that requires professional experience. Hence, studies on the automatic classification of sleep sounds become important. In the presented study, it is aimed to develop a computer-aided diagnostic algorithm that can analyze sleep sounds quickly and reliably and classify them automatically. Six different sleep sound patterns (breathing / exhaling, coughing, simple snoring, duplex low frequency snoring, duplex high frequency snoring and triplex snoring) are automatically classified with an algorithm based on machine learning using the time-domain features. The proposed algorithm consists of three stages: In the first stage, raw sound signals are checked and pre-processed. In the second stage, features are obtained with waveform analysis. At the last stage, classification is done by using support vector machines. As a result of the study, six different sleep patterns were classified with an average accuracy rate of 90.20 %.

**Keywords:** Sleeping Sounds, Simple Snoring, Duplex Snoring, Triplex Snoring, Classification.

<sup>1</sup> Erkin KILIÇ (Orcid ID: 0000-0002-7183-5879), Milli Savunma Bakanlığı Yerleşkesi, Askeri Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

<sup>2</sup> Aykut ERDAMAR (Orcid ID: 0000-0001-8588-480X), Başkent Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Aykut Erdamar, e-mail: aerdamar@baskent.edu.tr

Bu çalışma Erkin KILIÇ'ın Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir. Tezden çıkan öncü sonuçları da içeren ve kullanılan başka bir yöntemeye dayanan bildiri bulunmaktadır ve 02-05 Mayıs 2018 tarihlerinde İzmir'de düzenlenen "26th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)" başlıklı konferansta sözlü olarak sunulmuştur.

## GİRİŞ

Uyku, “çevreden algısal bağların kopması ve yanıt verme mekanizmasının geçici süreliğine durması sonucu oluşan bir davranış biçimi” olarak tanımlanan, geri çevrilebilir temel insani bir ihtiyaçtır (Doukas et al., 2012; Keenan et al., 2013). Uyku sürekliliği ve uyku hijyeni, insanların günlük yaşantısını doğrudan etkilemektedir. Uyku hastalıklarına bağlı olarak gelişebilen ve uyku sırasında ortaya çıkan horlama, öksürme, tıksırma gibi sesler uyanmaya sebep olan temel nedenlerin başında gelmektedir. Bu sesler sıklıkla, akut veya kronik solunum yolu hastalıkları ile solunum yollarındaki yumuşak dokuların (yutak, küçük dil, damak gibi) gevşeyerek titreşime neden olmasından kaynaklanmaktadır. Uyku esnasında ses çıkarma problemi, farklı yaş gruplarında görülebilmektedir. Özellikle horlama, atmış yaş grubu erkeklerin % 60’ında, kadınların % 40’ında görülmektedir (Dafna et al., 2013). Uyku esnasında ortaya çıkan, uyanmaya sebep olabilecek bu sesler, hastanın ve aynı ortamda uyuyan diğer insanların da uyku kalitesini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Günümüzde bu sağlık sorununa yönelik olarak birçok tedavi yöntemi vardır (Counter and Wilson, 2004). Uygun tedavi yönteminin uygulanabilmesi amacıyla doğru teşhis oldukça önemlidir. Fizyolojik sistem ile ilintili olarak, uyku esnasında ortaya çıkan tüm problemler, uyku hastalıkları olarak ifade edilir. Uyku hastalıklarına teşhis konulabilmesi için, hasta uyku laboratuvarında bir gece uyutulmalı ve fizyolojik verileri kaydedilmelidir. Bu fizyolojik verilerin kaydedilmesi için çok kanallı bir kayıt sistemi olan polisomnografi (PSG) cihazı kullanılmaktadır. Uyku süresince kaydedilen fizyolojik verilerin analizi, uyku tıbbı konusunda uzmanlaşmış hekim tarafından gerçekleştirilmekte ve analiz sonuçlarına göre uygun teşhis konulmaktadır (Jones, 2005; Berry et al., 2012). Bu süreçte fizyolojik parametrelere ilaveten, PSG’de bulunan elektrotlarla hastanın ses kaydı da alınmaktadır. Ancak, alınan bu ses kaydı, sadece boğazda oluşan ses titreşiminin analiz edilmesi amacıyla kullanılabilir. Uzman doktorun, hastanın uyku esnasında çıkardığı sesleri dinlemek istemesi halinde, haricen bir mikrofon ve ses kaydedici kullanılması gerekmektedir (Dafna et al., 2013). Ancak, bu durumda iki temel problem ile karşılaşmaktadır. Birinci problem, PSG’den alınan fizyolojik parametreler ile harici ses kaydediciden alınan ses kaydını senkronize etmenin oldukça zor olmasıdır. Bu senkronizasyon işleminin doğru şekilde yapılamaması, uzman doktorun teşhis koyma sürecinde hata yapmasına sebebiyet verebilir. İkinci problem ise, ortalama uyku süresinin 6–8 saat olmasından dolayı, uzman doktorun ses kaydının tamamını dinleyerek teşhis koyabilmesinin pratikte zor olmasıdır (Alshaer et al., 2014).

Görsel veya işitsel skorlamanın mesleki deneyim gerektiren, oldukça zor, zaman alan ve yorucu bir süreç olması nedeniyle uykuda ortaya çıkan seslerin otomatik sınıflandırılması üzerine yapılan çalışmalar önem kazanmaktadır. Literatürde uyku esnasında çıkan seslerin tespit edilmesi ve sınıflandırılması ile ilgili olarak az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar genellikle, Mel-frekansı katsayıları, doğrusal öngörücü kodlama ve ses yoğunluğu gibi standart akustik analiz yöntemlerini kullanarak ses kaydı içerisinde horlama tespiti üzerinedir (Fiz et al., 1996; Wilson et al., 1999; Deller and Proakis., 2000; Dafna et al., 2013). Uykudaki seslerin sınıflandırması üzerine de farklı çalışmalar da gerçekleştirilmiştir. Horlama seslerini otomatik olarak analiz etmek amacıyla gerçekleştirilen bir çalışmada apne hipoapne indeksi, sinyal gürültü oranı ve pozitif öngörücü değer temel öznitelik olarak alınmış, yapay sinir ağları ile sınıflandırma gerçekleştirilmiştir (Jane et al., 2003). Başka bir çalışmada ise, horlama şikayeti olan hastalarda enerji, gürültü seviyesi, süre ve özilinti fonksiyonu öznitelikleri kullanılmıştır (Jones, 2005). 2006 yılında sunulan diğer çalışmada alınan ses kayıtları, gizli Markov modeli ve spektral analiz yöntemleri ile analiz edilerek, nefes alma, horlama, çarşaf sesi ve sessizlik olarak dört farklı ses sınıflandırılmıştır (Duckitt et al., 2006). Başka bir çalışmada ise, sıfır kesme oranı yöntemi kullanılarak ses kayıtlarındaki aktivite bölgeleri belirlenmiş, bu bölgelerde alt bant enerji analizi

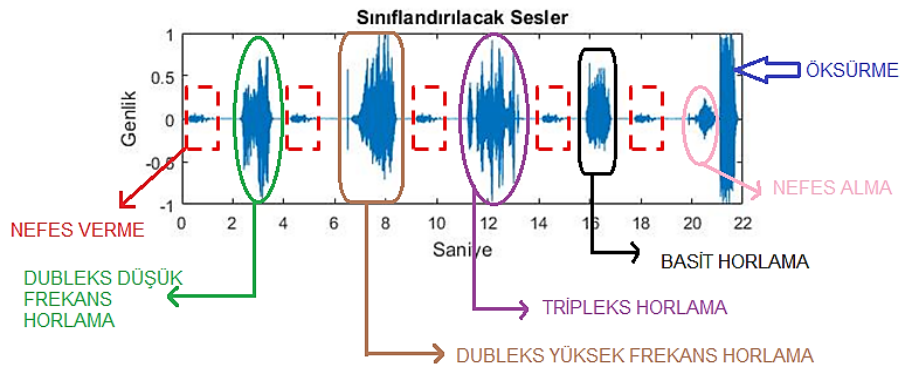
gerçekleştirilmiş ve horlama / horlama değil olarak sınıflandırma yapılmıştır (Cavusoglu ve ark., 2007). Sessizlik, horlama ve nefes alma seslerini sınıflandırmayı hedefleyerek zaman ve frekans düzleminde analizler gerçekleştirilen diğer bir çalışmada ise % 96.78 doğruluk oranı ile sınıflandırma yapılmıştır (Karunajeewa et al., 2008). Trake mikrofonu kullanılarak gerçekleştirilen diğer bir çalışmada da, bulanık mantık yöntemi kullanılarak “C anlamlı kümesi” metoduyla ses kaydından horlama tespiti % 98.6 doğruluk oranıyla gerçekleştirilmiştir (Azarbarzin and Moussavi., 2011). Hasta ile temas etmeyen bir mikrofon kullanılarak ses kayıtlarının alındığı diğer bir çalışmada zaman, periyodiklik, süre, enerji ve frekans öznitelikleri çıkartılarak yatak sesi, horlama, dış ortam sesi ve öksürme olarak dört farklı parametre % 98.2 doğruluk oranıyla sınıflandırılmıştır (Dafna et al., 2013). Nefes alma, nefes verme, nefes alırken horlama, nefes verirken horlama, hırıltı, diğer sesler ve duyulamayan seslerden oluşan yedi farklı ses tipinin incelendiği diğer bir çalışmada elde edilen öznitelikler kullanılarak üç farklı sınıflandırıcı kullanılmıştır. Sonuçlara göre; uyku sesleri konusunda ikiden fazla parametrenin sınıflandırılması durumunda, en yüksek doğruluk oranının % 85.4 olarak elde edildiği bildirilmiştir (Alshaer et al., 2014).

Sunulan çalışmada, uyku esnasında çıkan altı farklı ses paterninin yüksek doğruluk oranıyla otomatik olarak sınıflandırılmasına yönelik olarak yeni bir karar destek algoritması geliştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, hastalarda sıklıkla gözlenen ve uzman doktorun skora konusuna en çok desteğe ihtiyaç duyacağı ses türleri seçilmiştir. Akustik karakteristiği birbirine oldukça yakın olan basit horlama, dubleks düşük frekans horlama, dubleks yüksek frekans horlama ve tripleks horlama, horlama türlerine ilaveten nefes alma/verme ve öksürme sesleri sınıflandırma amacıyla kullanılmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Çalışmada Kullanılan Ses Kayıtları

Bu çalışmada kullanılan ses kayıtları, açık erişimli internet kaynaklarından (<https://www.freesound.org/> ve <http://soundbible.com/>) elde edilmiştir. Nefes verme, basit horlama, dubleks düşük frekans horlama, dubleks yüksek frekans horlama, tripleks horlama ve öksürme sesi olmak üzere uyku esnasında çıkan altı farklı ses tipi kaydedilmiştir. Akustik karakteristiği birbirine oldukça yakın olan basit horlama, dubleks düşük frekans horlama, dubleks yüksek frekans horlama ve tripleks horlama türlerine ilaveten nefes alma/verme ve öksürme sesleri sınıflandırma amacıyla kullanılmıştır. Kullanılan ses paternlerinin bir örneği Şekil 1’de görülmektedir. Analizler öncesinde tüm ses kayıtlarının, uygunluğu değerlendirilmiş ve farklı sesleri içeren toplam 839 bölüt çıkartılmıştır. 390 bölüt sınıflandırıcının eğitilmesinde, 449 bölüt ise sınıflandırıcının test edilmesi amacıyla kullanılmıştır. Ses kayıtlarının süreleri, kayıt cihazları, kayıt ortamları birbirlerinden tamamen farklıdır. İşaret işleme aşamasında bu farklılıkların ortadan kaldırılması amacıyla tüm kayıtlar kontrol ve ön işleme aşamalarından geçirilerek standardize edilmiştir (Kılıç, 2017).



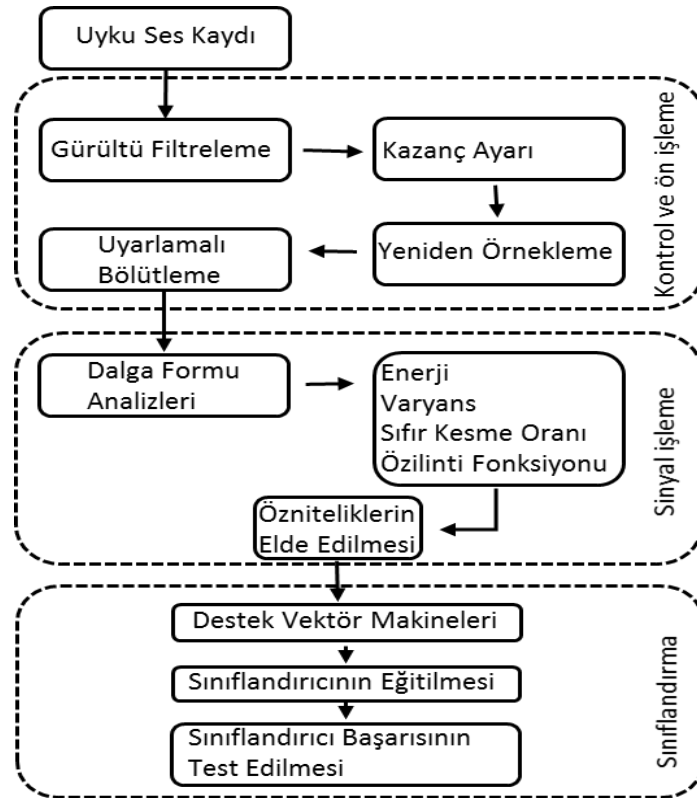
Şekil 1. Sınıflandırılacak farklı tipteki uyku sesleri.

## Önerilen Algoritma

Sunulan çalışmada, uyku esnasında ortaya çıkan altı farklı tipteki sesin, zaman bölgesindeki özelliklerinden elde edilen öznitelikler ve makine öğrenmesine dayanan bir algoritma otomatik olarak sınıflandırılmasını gerçekleştirmektedir. Üç aşama içeren önerilen algoritmanın akış diyagramı Şekil 2'de görülmektedir. Birinci aşamada ham ses sinyallerine kontrol ve ön işleme yapılarak sinyal işlemeye hazır hale getirilir. İkinci aşamada dalga formu analizleri yapılarak öznitelikler edilir. Son aşamada ise destek vektör makineleri kullanılarak sınıflandırma işlemi yapılır. Önerilen algoritmanın her aşaması ve uygulanan yöntemler aşağıdaki alt bölümlerde açıklanmaktadır. Bu algoritma MATLAB kullanılarak geliştirilmiştir.

### Kontrol ve ön işleme

Ses kayıtlarının tamamı öncelikle gruplara ayrılmış ve numaralandırılmıştır. Her bir ses kaydındaki, dış ortam sesleri kesilerek sinyalden çıkartılmıştır. Sonrasında her bir ses kaydı “.mp3” formatına dönüştürülerek, bilgisayar sisteminde kapladığı alan, minimum kayıpla azaltılmıştır. Sonraki aşamada, sesin “Stereo” veya “Mono” olarak kaydedildiği kontrol edilmiş ve tüm ses dosyaları tek kanal içerecek şekilde “Mono” olarak yeniden biçimlendirilmiştir. Bu işlem için “Stereo” seslerin içerdiği iki kanala ait ses sinyalleri toplanarak tek bir kanal elde edilmiştir (Kılıç, 2017).



Şekil 2. Geliştirilen algoritmanın akış şeması.

### Gürültü filtreleme

Ses sinyallerinin elde edilmesi amacıyla kullanılan mikrofonlar en hassas titreşimlere bile duyarlı olabilmektedir. Bu nedenle, hem insan kulağının duyamayacağı sesler, hem elektromanyetik gürültüler ses sinyali üzerinde gürültülerin oluşmasına neden olabilmektedir (Cavusoglu ve ark., 2007). Fourier transformu kullanılarak kayıtlardaki gürültü tipleri belirlenmiştir. Periyodik gürültüler çentik filtre kullanılarak temizlenmiştir. Mikrofonun ortamdaki titreşimleri algılaması sonucu oluşan ve sıfır (taban) hattı üzerindeki titreşim ve/veya artefaktlar için transfer fonksiyonu Eşitlik 1’de verilen özyinelemeli bir



filtre tasarlanmış ve  $\omega=0$  frekansı (DC bileşenler) sinyallerden temizlenirken diğer sinyal bileşenlerinin korunması sağlanmıştır.

$$H(z) = \frac{1-z^{-1}}{1-0.995z^{-1}} \quad (1)$$

### Kazanç (dB) ayarı

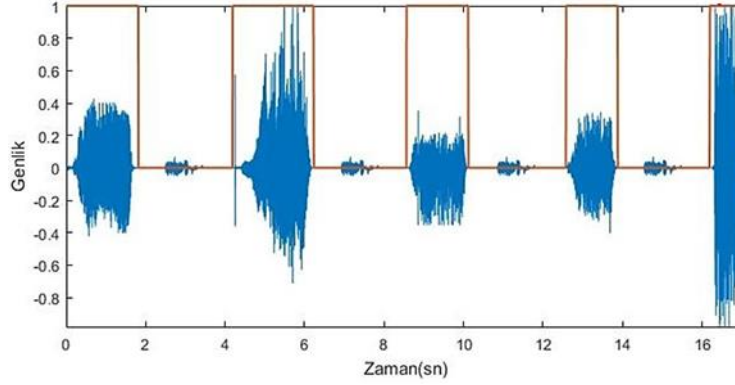
Ses kayıtları farklı kayıt koşullarına sahip olduğu için kayıtlar arasında ham kayıtlar arasındaki farklılıkları ortadan kaldırmak için tüm kayıtlara kazanç ayarı yapılmıştır. Bunun için öncelikle tüm ses kayıtları,  $[-1, 1]$  genlik aralığında normalize edilmiştir. Normalizasyon işlemi sonrası, her bir ses kaydı için ayrı ayrı maksimum ve minimum kazançlar belirlenmiştir. Belirlenen kazanç değerleri, tüm ses kayıtlarında parametre bazlı olarak gruplandırılmıştır. (Örneğin; öksürme en yüksek kazançta sahipken, nefes verme en düşük kazançta sahiptir.) Gruplama sonrasında, en yüksek kazançta sahip parametre ana parametre olarak kabul edilmiş ve maksimum genliği 1 olarak kabul edilmiştir. Diğer parametreler ise, kazanç bazında, ana parametreyle göre oranlanmış ve orandan elde edilen yüzdelik değer ile genlikleri çarpılmıştır. Bu işlem sonrası her bir ses kaydı tekrar derlenmiştir.

### Yeniden örnekleme

Açık erişimli internet veri tabanlarından elde edilen ses kayıtları farklı kayıt cihazları alındığından dolayı, ses kayıtlarının örnekleme frekansları çeşitlilik göstermektedir. Literatür incelendiğinde, uyku sesleri ile ilgili çalışmalarda genellikle 8 kHz örnekleme frekansı kullanıldığı görülmüştür (Jones ve ark., 2005; Dafna ve ark., 2013). Fourier analizleri sonucunda anlamlı en yüksek frekansın 3,5 – 4 kHz aralığında olduğu görülmüştür. Maksimum 4 kHz anlamlı frekans içeren bir sinyal için, Nyquist teoremine göre 8 kHz örnekleme frekansı yeterlidir. Ancak, yeniden örnekleme sonrası ses kayıtları tekrar dinlendiğinde, işitsel olarak ses kalitesinde kayıp olmayan örnekleme frekansının 16 kHz olduğu değerlendirilmiş ve örnekleme frekansı 16 kHz olarak belirlenmiştir.

### Uyarlamalı bölütleme fonksiyonu

Çalışmada karşılaşılan diğer bir zorluk ise farklı uyku ses paternlerinin farklı sürelerde olmasıdır. Ses paternlerinin otomatik sınıflandırılması amaçlandığı sinyal işleme aşamasında bu durum çok kritiktir. Çünkü öznelikler her bir patern için ayrı ayrı elde edileceği için sesin başladığı ve bittiği zaman lokasyonunun belirlenmesi gereklidir. Bu işlem manuel olarak yapılamayacağı için ve ses paternleri farklı uzunluklarda olduğu için ses kayıtlarını otomatik olarak bölütlere ayıracak uyarlamalı bir fonksiyon geliştirilmiştir. Uyarlamalı bölütleme fonksiyonu (UBF) literatürdeki iki çalışmanın avantajları kullanılarak geliştirilmiştir (Yu et al., 2012; Qian et al., 2015). İlk çalışmada, sinyal aktivitesine göre belirlenen kesim noktası aracılığıyla sinyalin başlangıç ve bitiş noktaları belirlenmiştir. Kesim noktası belirlenmesi için, en düşük genliğe sahip sinyal olan nefes verme kullanılmıştır. Bu yöntemin dezavantajı horlama sesinin başlangıç ve bitiş noktasının, nefes vermeye akustik olarak çok benzemesinden kaynaklanan hatalı işaretleme ve oluşan kayıp bölgelerdir (Qian et al., 2015). Oluşabilecek bu bölgeleri yok etmek için bu yöntem ek olarak sinyalin enerjisi kullanılmış ve enerjiye bağlı kesim noktası belirlenmiştir. Ayrıca, süre bazlı kesim uygulanmış ve horlamanın 0,6 – 4 saniye aralığı olduğu belirlenmiştir. Bu aralıktaki enerji değerleri çekilerek otomatik bölütleme yapılmıştır (Lee et al., 2012; Yu et al., 2012). Literatürdeki bu iki çalışmanın avantajlı yönleri baz alınarak yeni bir UBF tanımlanmıştır. Skorlama işlemi sırasında kullanılacağı için UBF ile elde edilen tüm bölütler tek tek görsel ve işitsel olarak doğrulanmıştır. Şekil 3'te geliştirilen UBF ile yapılan işleme ait bir örnek görülmektedir. Süreleri farklı olmasına rağmen her ses paterni otomatik olarak işaretlenmiştir. Uyku esnasında çıkan sesin bulunduğu konum "1" olarak belirlenmiş, nefes vermelerin bulunduğu konum "0" olarak belirlenmiştir.



Şekil 3. Geliştirilen UBF ile yapılan bölütleme örneği. Her ses paterni otomatik olarak başlangıç ve bitiş noktalarına göre belirlenmektedir.

### Dalga Formu Analizleri

Dalga formu analizlerinin tamamı filtrelenmiş sinyal üzerinde pencereleme yapılarak gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucu elde edilen sonuçlar, sınıflandırıcının eğitilmesi aşamasında öznitelik olarak kullanılmıştır.

### Pencereleme

UBF ile tiplere ayrılan seslere dalga formu analizlerini uygulamak için her ses tipine ait bölüt içinde de ayrıca pencereleme işleme yapılmıştır. Bölüt başlangıç ve bitiş noktası içinde kalan her ses tipinin zamandaki ani değişikliklerini belirleyebilmek için pencereleme işlemi örtüşmeli olarak gerçekleştirilmiştir. Literatürde 50–300 msn aralığında farklı uzunluklarda pencereler kullanılmıştır (Lee et al., 2012; Yu et al., 2012). Çözünürlük ve hız optimizasyonu sağlamak amacıyla yapılan denemeler sonucunda pencere boyutu 100 msn, örtüşme oranı da % 50 olarak belirlenmiştir.

### Enerji

Enerji, sinyalin zamandaki anlık değişimleri hakkında bilgi vermektedir. Eşitlik 2’de verilen sonlu uzunluktaki sayısal bir işaretin enerji ifadesine göre; enerji sinyali oluşturan her örneğin mutlak değerlerinin kareleri toplamı olarak tanımlanır (Proakis and Monolakis, 1996; Rangayyan, 2015). Eşitlik 2’de, E enerjii,  $x(n)$  örnekleri N ise sonlu aralığın sınırlarını göstermektedir.

$$E = \sum_{-N}^N |x(n)|^2, -N < n < N \quad (2)$$

### Varyans

Varyans sinyalin örnek değerlerin, sinyalin aritmetik ortalamasına olan uzaklığını ifade eder. Aritmetik ortalama, bir sinyali oluşturan tüm değerlerin toplamının, sinyaldeki veri sayısına bölünmesini ifade eder (Eşitlik 3) (Rangayyan, 2015). Varyans, dağılıma ait her bir değer dağılımın ortalamasından uzaklığını ifade eder. Varyans standart sapmanın ( $\sigma$ ) karesi olarak Eşitlik 4’de verilmiştir. Burada,  $x(n)$  örnekleri,  $\mu$  ortalamayı ve N değer sayısını ifade etmektedir.

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x(n) \quad (3)$$

$$V = \sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N |x(n) - \mu|^2 \quad (4)$$

### Sıfır kesme oranı

Sinyalin sıfır genlik seviyesinden (taban hattı) kaç defa geçtiğini sıfır kesme oranı (SKO) ile belirlenebilir. SKO sinyalin frekansı ile doğrudan bağlantılıdır. Frekanstaki anlık değişime bağlı olarak SKO değişir. SKO bir sinyaldeki aktivite değişiminin belirlenebilmesi amacıyla kullanılabilir. Ancak, SKO DC sapmadan, taban hattı üzerindeki değişimlerden ve düşük frekans artifaktlardan etkilenebilir. Bu nedenle, filtrelenmiş sinyale uygulanması önerilmektedir (Rangayyan, 2015). SKO aşağıdaki basamaklar uygulanarak hesaplanmıştır.

- Ses kaydı, 100 milisaniye uzunluğunda, 50 milisaniye örtüşmeli olarak pencerelenir.
- Her pencere içerisindeki ilk değerın işareti (pozitif veya negatif) belirlenir.
- Pencere sonuna kadar sırasıyla her örnek değerinin işareti belirlenir.
- İşaretin pozitiften negatife veya negatiften pozitifte değiştiği her zaman noktası sayılarak SKO değerine atanır.

### Özilinti fonksiyonu

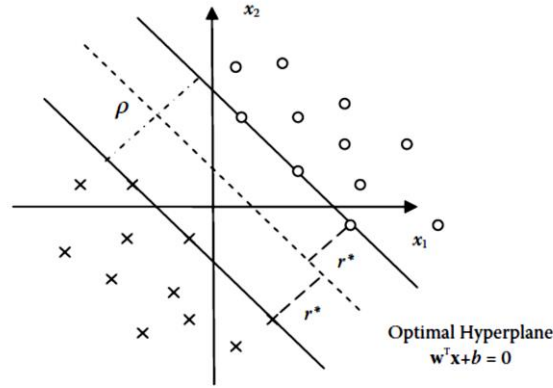
Özilinti fonksiyonu (ÖF) sinyalin kendisi ile benzerliğinin ölçüsünü vermektedir. Her pencerenin kendisinden bir sonraki pencereye ilintisi (benzerliği) ÖF kullanılarak belirlenmiştir. Sonlu süreli bir sinyal için Eşitlik 5’de ifadesi verilen ÖF ifadesinde  $x(n)$  örnekleri, N sinyalin içerdiği örnek sayısını ifade etmektedir (Proakis and Monolakis, 1996). Benzerlik sonucu “1” değerine normalize edilmiştir. Bu şekilde örtüşmeli pencerelerin benzerliği maksimum 1 minimum 0 olmaktadır.

$$r_{xx}(l) = \sum_{n=l}^{N-|k|-1} x(n)x(n-l) \quad (5)$$

### Destek Vektör Makineleri

Destek Vektör Makineleri (DVM), teorisi 1960’lı yıllarda Vladimir Vapnik tarafından önerilen ve 1995 - 1999 yılları arasında Cortes ve Vapnik tarafından algoritması geliştirilmiş bir örüntü tanıma ve sınıflandırma yöntemidir (Vapnik, 2000; Kecman, 2001; Wu et al., 2008). DVM, öznelik uzayındaki iki sınıfı en uygun şekilde ayırt etmeyi mümkün kılacak hiperdüzlemler bulma ilkesine dayanmaktadır. Yeterince yüksek bir boyuta uygun doğrusal olmayan bir eşleme ile iki kategoriden alınan veriler her zaman bir hiperdüzlem ile ayrılabilir (Cortes and Vapnik, 1995; Wu et al., 2008 ). Kenar boşluğu (margin), bir hiperdüzlem tarafından tanımlanan iki sınıf arasındaki boşluk veya ayırma miktarı olarak tanımlanır ve geometrik olarak, hiperdüzlemdeki herhangi bir noktaya en yakın veri noktaları arasındaki en kısa mesafedir. Şekil 4, iki boyutlu bir girdi uzayı için en uygun (optimal) hiperdüzlemin geometrik bir yapısını göstermektedir.  $w$  ve  $b$  sırasıyla en uygun hiper düzlemde ağırlık vektörünü ve sapmayı (bias) gösterir. Karşılık gelen hiperdüzlem  $w^T x + b = 0$  olarak tanımlanabilir.  $x$  örneğinden en uygun hiperdüzleme istenen geometrik mesafe ise  $r = g(x)/\|w\|$  olarak tanımlanır. Burada,  $g(x) = w^T x + b$  hiperdüzlem tarafından tanımlanan ayırt edici işlevidir. Sonuç olarak DVM, sırasıyla iki sınıftan en kısa geometrik uzaklıklarla belirlenen ayırma kenar boşluğunu ( $\rho$ ) (Eşitlik 6) maksimize ederek en uygun hiperdüzlem için  $w$  ve  $b$  parametrelerini bulmayı amaçlamaktadır (Bazzani et al., 2001; Wu et al., 2008).

$$\rho = 2r^* = \frac{2}{\|w\|} \quad (6)$$

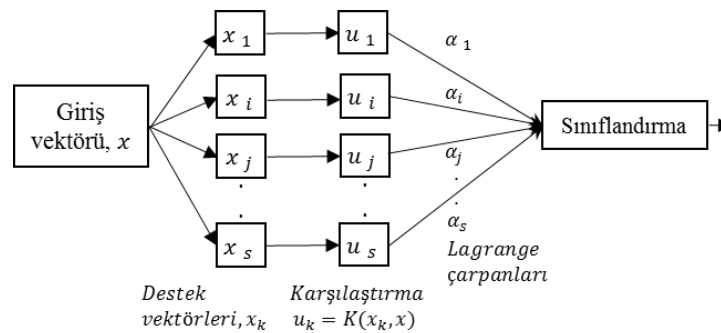


Şekil 4. Doğrusal olarak ayrılabilir bir durum için DVM'deki en uygun hiperdüzlemin gösterimi (Wu et al., 2008 ).

Veri setinin doğrusal bir fonksiyonla ayrılabilmesi durumunda doğrusal olmayan DVM kullanılmaktadır. Özellikle, fizyolojik kökenli durağan olmayan sinyallere ait veri setinin hiperdüzlem ile doğrusal olarak ayrılması özneliklere bağlı olsa da genellikle zordur (Ayhan ve Erdoğan, 2014; Kantar and Erdamar, 2019). Verileri doğrusal olarak ayrılabilir hale getirmek için, verilerin giriş uzayından daha yüksek boyutlu bir öznelik uzayına doğrusal olmayan dönüşümüne olanak sağlayan ve iç çarpıma dayanan uygun bir çekirdek (kernel) fonksiyonu tanımlanmaktadır (Wu et al., 2008 ). Öznelik uzayında bir hiperdüzlem oluşturmak için önce n-boyutlu girdi vektörünü ( $x$ ), N-boyutlu bir öznelik vektörüne ( $\phi$ ) dönüştürmek gerekir ( $\phi: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^N$ ) (Cortes and Vapnik, 1995; Burges, 1998 ). Daha sonra dönüştürülmüş vektörler kümesi için bir N-boyutlu doğrusal ayırıcı  $w$  ve  $b$  yapılandırılır ( $\phi(x_i) = \phi_1(x_i), \phi_2(x_i), \dots, \phi_N(x_i), i = 1, \dots, l$ ). Bilinmeyen bir vektörün sınıflandırılması, önce vektörün ayırma boşluğuna dönüştürülmesi ve daha sonra  $f(x) = w \cdot \phi(x) + b$  fonksiyonunun işaretinin alınmasıyla yapılır. Destek vektör ağırları, Hilbert uzayındaki iç çarpımlar ile elde edilmektedir.  $\phi(u) \cdot \phi(v) \equiv K(u, v)$  olmak üzere, farklı nokta çarpımlar isteğe bağlı Eşitlik 7 ile verilen karar düzlemlerine sahip farklı öğrenme makineleri oluşturulabilir (Cortes and Vapnik, 1995).

$$f(x) = \sum_{i=1}^l y_i \alpha_i K(x, x_i) \quad (7)$$

Burada  $x_i$ , giriş uzayındaki bir destek vektörünün görüntüsü,  $K(x, x_i)$  çekirdek fonksiyonu ve  $\alpha_i$  öznelik alanındaki bir destek vektörünün ağırlığıdır. Bu ağırlık katsayıları *Lagrange* çarpanları olarak da adlandırılır. Doğrusal olmayan DVM ağ yapısı Şekil 5’de verilmiştir.



Şekil 5. DVM algoritmasının ağ yapısının şematik gösterimi.

Bu çalışmada, yöntem kısmında açıklanan öznelikler ile yapılan analiz çalışmalarında bazı özneliklerin doğrusal bazılarının ise doğrusal olmayan dağılıma sahip oldukları belirlenmiştir. Bu nedenle, sınıflandırma işlemlerinde doğrusal ve ikinci derece doğrusal olmayan DVM sınıflandırıcıları kullanılmıştır. Ardından, elde edilen tüm öznelikler ile sınıflandırıcı eğitimi tamamlanmıştır. Eğitim

esnasında Temel Bileşen Analizi (TBA) kullanılmıştır. TBA, birbiri ile ilişkili olan çok sayıda değişkenden oluşan bir veri kümesinin boyutunu azaltırken, veriler arasındaki varyasyonu mümkün olduğunca arttırmaktadır. Bu işlemi gerçekleştirirken verileri karıştırarak yeni bir veri seti oluşturur. Böylelikle, sınıflandırıcı eğitiminde, birbiri ile ilişkili verilerin sıralı halde olmasından kaynaklanacak olan yanlış eğitimin önüne geçilebilmektedir (Jolliffe and Cadima, 2016).

### Algoritma Başarısının Değerlendirilmesi

Sınıflandırma işleminin sonucunda elde edilen çıkış değerleri, gerçekleştirilen kör skorlama işlemi ile karşılaştırılarak algoritmanın başarısı değerlendirilmiştir. Eğitim ve test sonuçlarından doğru pozitifler (DP), yanlış pozitifler (YP), doğru negatifler (DN) ve yanlış negatifler (YN) elde edilmiştir. Geliştirilen algoritmanın test edilmesi amacıyla duyarlılık (Eşitlik 8), özgüllük (Eşitlik 9) ve doğruluk (Eşitlik 10) parametreleri hesaplanmıştır (Fawcett, 2006).

$$Duyarluluk = DP / (DP + YN) \quad (8)$$

$$Özgüllük = DN / (DP + YP) \quad (9)$$

$$Doğruluk = (DP + DN) / (DP + YP + DN + YN) \quad (10)$$

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Dalga Formu Analizleri Sonucunda Elde Edilen Araştırma Bulguları

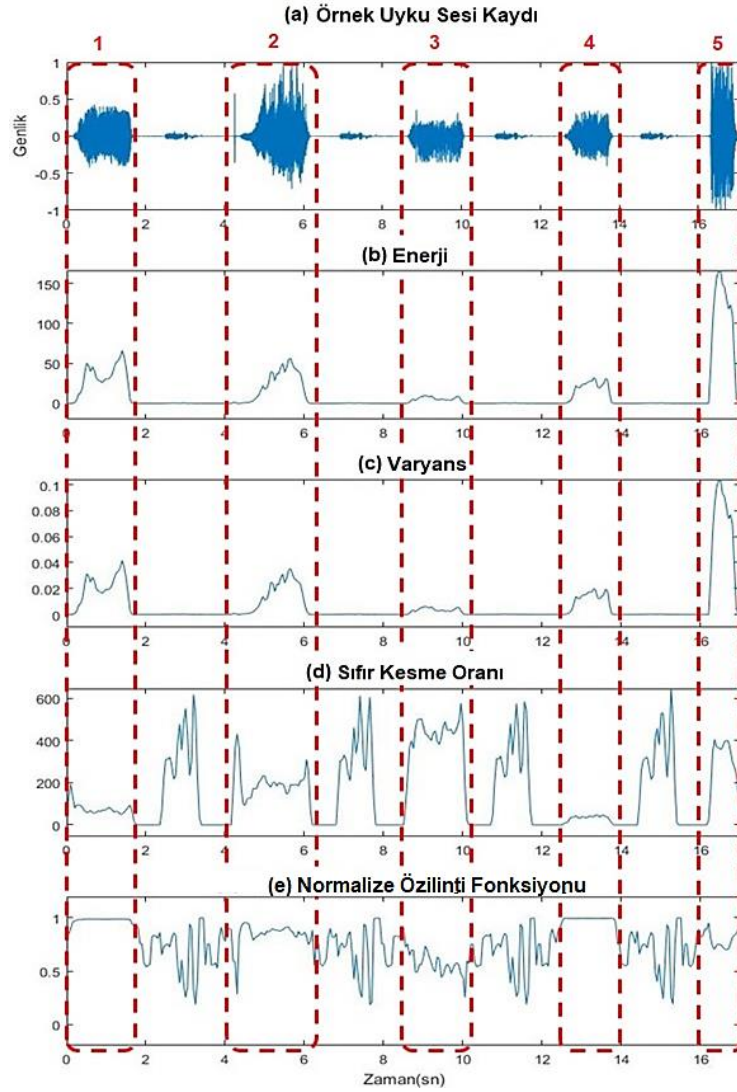
Dalga formu analizleri için örnek bir ses kaydının analiz sonuçları Şekil 6'da verilmiştir. Şekil üzerinde kırmızı kesikli çizgi işaretlemesiyle her uyku sesi paterni ve analiz sonuçları vurgulanmıştır.

Elde edilen grafikler incelendiğinde, sadece öksürme ve nefes verme seslerinin görsel olarak ayırt edilebildiği söylenebilir. Horlama seslerinin türlerini grafiği inceleyerek ayırt etmek pratikte oldukça zordur. Enerji ve varyans seviyeleri incelendiğinde nefes verme ve öksürme sesleri haricinde, sadece tripleks horlamada önemli ölçüde değişim olduğu görülmektedir. SKO analiz grafiğinde ise farklı ses tiplerinin birbirinden ayrıldığı görülmektedir. ÖF analiz sonucu incelendiğinde dubleks düşük frekans horlama ve basit horlama diğer ses türlerinden ayırt edici özellikleri olduğu söylenebilir. Klinikteki görsel skorlamaya benzer olarak bu şekilde yapılacak değerlendirmeler ile nicel sonuçlar elde etmek doğru değildir. Bu nedenle çalışmanın amacına uygun bir şekilde DVM sınıflandırıcı kullanılarak makine öğrenmeye dayalı sınıflandırma işlemleri yapılmıştır. Bu amaçla ilk olarak, enerji, varyans, SKO ve ÖF parametrelerinin UBF ile belirlenen zaman lokasyonu içindeki ortalama değerleri öznitelik olarak belirlenerek 390 bölüt ile eğitim veri seti oluşturulmuştur. Bu eğitim veri seti DVM sınıflandırıcı kullanılarak eğitilmiş ve % 91.8 eğitim doğruluğu elde edilmiştir. Daha sonra, eğitilen sınıflandırıcı ile eğitimde kullanılmayan 449 bölüt veri ile sınıflandırıcı test edilmiştir. Sınıflandırıcının test sonuçları özgüllük, hassasiyet ve doğruluk değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

**Çizelge 1.** DVM sınıflandırıcısı test sonuçları.

Sesin Türü	Özgüllük	Hassasiyet	Doğruluk
Nefes Verme	% 99.11	% 100	% 99.55
Basit Horlama	% 99.20	% 27.03	% 87.31
Dubleks Düşük Frekans Horlama	% 96.72	% 38.55	% 85.97
Dubleks Yüksek Frekans Horlama	% 77.65	% 60.00	% 77.06
Tripleks Horlama	% 99.28	% 86.67	% 98.44
Öksürme	% 96.49	% 22.73	% 92.87
Ortalama	% 94.74	% 55.83	% 90.20





**Şekil 6.** Örnek uyku sesi kaydı için dalga formu analizleri. (a) sırasıyla, “1” numaralı sinyal dubleks düşük frekans horlama, “2” numaralı sinyal dubleks yüksek frekans horlama, “3” numaralı sinyal tripleks horlama, “4” numaralı sinyal basit horlama, “5” numaralı sinyal öksürme ve boşlukta kalan sinyaller ise nefes verme örnekleridir, (b) enerji analizi, (c) varyans analizi (d) SKO (e) ÖF sonuçları sunulmuştur.

## SONUÇ

Literatürde uyku esnasında çıkan seslerin sınıflandırılması ile ilgili oldukça az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların büyük bir çoğunluğu ses kaydı içerisinde horlama tespiti (horlama var-yok) üzerine yoğunlaşmıştır. Horlama tespiti amacıyla genellikle genlik-zaman analizleri ile sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın literatürdeki diğer çalışmalara göre farklılıklarından biri altı farklı uyku sesi modalitesinin (nefes verme, öksürme ve dört farklı horlama türü) makine öğrenmesine dayalı olarak yüksek doğruluk ve özgüllük oranıyla otomatik olarak sınıflandırılmasıdır. Basit horlama ve diğer horlama türleri arasındaki test sonuçlarında hassasiyetin göreceli düşük olduğu görülmektedir. Bunun sebebi ise horlama paterni türlerinin genlik ve frekans özellikleri ile zamansal değişim özelliklerinin birbirine yüksek oranlarda benzemesidir. Sonuç olarak, literatürdeki horlama tespiti konusundaki çalışmalara (Cavusoglu ve ark., 2007; Karunajeewa et al., 2008; Azarbarzin and Moussavi, 2011) göre daha yüksek başarı oranına sahip ve çoklu sınıflandırma işlemi gerçekleştiren diğer çalışmalardan (Dafna et al., 2013; Alshaer et al., 2014) farklı olarak horlama türlerini sınıflandırabilen bir karar destek algoritması geliştirilmiştir.

Çalışmanın özgün kısımlarından biri de geliştirilen UBF'dur. Farklı kaynaklardan elde edilen ve birçok ön işlemden geçirilen tüm kayıtları her bir bölütte tek bir ses paterni olacak şekilde bölütlere ayırmıştır. Böylece, uyku esnasında alınan bir ses kaydının hızlı, efektif ve doğru şekilde bölütlere ayrılmasını sağlayan yeni bir yöntem sunulmuştur.

Sonuç olarak, bu çalışmada uyku hastalıkları konusunda uzman doktora ön fikir verebilen, bütün bir uyku sesi kaydını hızlı ve efektif biçimde analiz ederek, yüksek doğrulukla otomatik olarak sınıflandırabilen yeni bir karar destek algoritması oluşturulmuştur. Çalışmanın sonucunda elde edilen bilgilerin gelecekte gerçekleştirilecek çalışmalara ışık tutacak nitelikte olduğu düşünülmektedir. Sunulan yöntemler ve geliştirilen algoritma kullanılarak, PSG ile senkronize çalışabilecek ve uzman doktora uyku esnasındaki sesler hakkında fikir verebilecek karar destek mekanizması içeren modüller tasarlanabilir. Hastanın kendi uyku ortamında ses kaydı almasını ve analiz etmesini sağlayacak sistemler tasarlanabilir.

## KAYNAKLAR

- Alshaer H, Pandya A, Bradley TD, Rudzicz F, 2014. Subject Independent Identification of Breath Sounds Components Using Multiple Classifiers. 2014 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), Florence, Italy, May 04-09, 2014, pp: 3577–3581.
- Ayhan S, Erdoğan Ş, 2014. Destek Vektör Makineleriyle Sınıflandırma Problemlerinin Çözümü İçin Çekirdek Fonksiyonu Seçimi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 9 (1): 175–201.
- Azarbarzin A, Moussavi ZMK, 2011. Automatic and Unsupervised Snore Sound Extraction From Respiratory Sound Signals. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 58(5): 1156–1162.
- Bazzani A, Bevilacqua A, Bollini D, Brancaccio R, Campanini R, Lanconelli N, Romani D, 2001. An SVM Classifier to Separate False Signals From Microcalcifications in Digital Mammograms. Physics in Medicine and Biology, 46 (6): 1651–1663.
- Berry RB, Budhiraja R, Gottlieb DJ, Gozal D, Iber C, Kapur VK, Tangredi M, 2012. Rules For Scoring Respiratory Events in Sleep: Update of the 2007 AASM Manual for the Scoring of Sleep and Associated Events. Journal of Clinical Sleep Medicine, 8 (5): 597–619.
- Burges CJ, 1998. A Tutorial on Support Vector Machines for Pattern Recognition. Data Mining and Knowledge Discovery, 2(2): 121-167.
- Cavusoglu M, Kamasak M, Erogul O, Ciloglu T, Serinagaoglu Y, Akcam T, 2007. An Efficient Method for Snore/nonsnore Classification of Sleep Sounds. Physiological Measurement, 28 (8): 841–853.
- Cortes C, Vapnik V, 1995. Support-Vector Networks. Machine Learning, 20(3): 273-297.
- Counter P, Wilson JA, 2004. The Management of Simple Snoring. Sleep Medicine Reviews, 8 (6): 433–441.
- Dafna E, Tarasiuk A, Zigel Y, 2013. Automatic Detection of Whole Night Snoring Events Using Non-Contact Microphone. PLoS ONE, 8 (12): e84139.
- Deller JR, Hansen JHL, Proakis JG, 1999. Discrete-Time Processing of Speech Signals. Wiley-IEEE Press, pp. 223-285, New York-United States.
- Doukas C, Petsatodis T, Boukis C, Maglogiannis I, 2012. Automated Sleep Breath Disorders Detection Utilizing Patient Sound Analysis. Biomedical Signal Processing and Control, 7 (3): 256–264.
- Duckitt WD, Tuomi SK, Niesler TR, 2006. Automatic Selection, Segmentation and Assessment of Snoring from Ambient Acoustic Data. Physiological Measurement, 27 (10): 1047–1056.
- Fawcett T, 2006. An Introduction to ROC Analysis. Pattern Recognition Letters, 27 (8): 861–874.

- Fiz JA, Abad J, Jané R, Riera M, Mañanas MA, Caminal P, Morera J, 1996. Acoustic Analysis of Snoring Sound in Patients with Simple Snoring and Obstructive Sleep Apnoea. *European Respiratory Journal*, 9 (11): 2365–2370.
- Jane R, Fiza JA, Sola-Soler J, Blanch S, Artis P, Morera J, 2003. Automatic Snoring Signal Analysis in Sleep Studies. *Proceedings of the 25th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, Cancun, Mexico, September 17-21, 2003, pp:366–369.
- Jolliffe IT, Cadima J, 2016. Principal Component Analysis: a review and recent developments. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 374 (2016): 1-16.
- Jones TM, 2005. Acoustic Analysis of Snoring Before and After Palatal Surgery. *European Respiratory Journal*, 25 (6): 1044–1049.
- Karunajeewa AS, Abeyratne UR, Hukins C, 2008. Silence–breathing–snore Classification from Snore-related Sounds. *Physiological Measurement*, 29 (2): 227–243.
- Kecman V, 2001. *Learning and Soft Computing: Support Vector Machines, Neural Networks, and Fuzzy Logic Models*. MIT Press, pp. 121-189, Cambridge, MA-USA.
- Keenan SA, Hirshkowitz M, Casseres H, 2013. Monitoring and Staging Human Sleep. In *Encyclopedia of Sleep*, 5 (1): 71–79
- Kılıç E, 2017. Uyku Esnasında Çıkan Seslerin Sınıflandırılması. Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Lee LA, Yu JF, Lo YL, Chen YS, Wang DL, Cho CM, Li HY, 2012. Energy Types of Snoring Sounds in Patients with Obstructive Sleep Apnea Syndrome: A Preliminary Observation. *PLoS ONE*, 7 (12): e53481.
- Proakis JG, Monolakis DG, 1996. *Digital Signal Processing: Principles, Algorithms, and Applications*. Pentice Hall, USA.
- Qian K, Xu Z, Xu H, Wu Y, Zhao Z, 2015. Automatic Detection, Segmentation and Classification of Snore Related Signals from Overnight Audio Recording. *IET Signal Processing*, 9 (1): 21–29.
- Rangayyan RM, 2015. *Biomedical Signal Analysis*. John Wiley & Sons, Inc, pp.720, Hoboken, NJ-USA
- Ugur TK, Erdamar A, 2019. An Efficient Automatic Arousals Detection Algorithm in Single Channel EEG. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 173: 131-138.
- Vapnik VN, 2000. *Methods of Pattern Recognition: In The Nature of Statistical Learning Theory*, Springer, pp. 123–180, New York-USA ).
- Wilson K, Stoohs RA, Mulrooney TF, Johnson LJ, Guilleminault C, Huang Z, 1999. The Snoring Spectrum: Acoustic Assessment of Snoring Sound Intensity in 1,139 Individuals Undergoing Polysomnography. *Chest*, 115 (3): 762–770.
- Wu X, Kumar V, Ross QJ, Ghosh J, Yang Q, Motoda H, Steinberg D, 2008. Top 10 Algorithms in Data Mining. In *Knowledge and Information Systems*, 14 (1): 1-37.
- Yu JF, Chen YS, Li HY, 2012. The Characteristics of Snoring at Pharyngeal Anatomy in Natural Sleep: Snoring Duration. *Journal of Mechanics*, 28 (1): 91–95.

## Genetik Algoritmalar Kullanılarak Transformatörde Kademe Ayarı ile Enerji Verimliliği İyileştirme

Talha Enes GÜMÜŞ<sup>1</sup>, Cüneyt SARIGÜZEL<sup>2</sup>, Mustafa TURAN<sup>1</sup>, Mehmet Ali YALÇIN<sup>1</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada amaç, bir optimizasyon problemi olarak, dağıtım sisteminin aktif güç kayıplarını minimum yapmaktır. Bunun için, sistem değişkeni olarak kademe değiştiricili transformatörün kademe pozisyonu kullanılmıştır. Yöntem adımları olarak önce, IEEE 13 Baralı test sisteminde bulunan kademe değiştiricili transformatörün kademe ayarı, 24 saat için önceden öngörülen yük durumuna göre OpenDSS yazılımı ile güç akışı yapılarak elde edilmiştir. OpenDSS yazılımında kademe değeri transformatörün çıkış gerilimi istenilen seviyeye (genellikle fiderin tam ortasında 1 per-unit (pu) olacak şekilde) ayarlanmaktadır. Sonra esas amaç olan, dağıtım sistemindeki aktif güç kayıplarını minimum yapacak transformatör kademe değerleri MATLAB programında, sezgisel yöntemlerden olan genetik algoritmalar kullanılarak bulunmuştur. Kısıt olarak sistemdeki gerilim seviyesi 0.95 - 1.05 pu arasında tutulmuştur. Yapılan Simülasyon çalışmaları, genetik algoritmalarla elde edilen kademe değerleri ile kayıp minimizasyonun daha etkin daha iyi enerji verimliliği sağladığını göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji verimliliği, Optimizasyon, Transformatör kademe ayarı, Genetik algoritmalar.

### Energy Efficiency Improvement by Tap Adjustment in Transformer Using Genetic Algorithms

**ABSTRACT:** Main purpose in this study is to minimize the active power losses of the distribution systems as an optimization problem. To achieve this, the tap position of the ULTC (Under Load Tap Changer) is used as the system variable. As the processual flow of the method, the tap setting of the ULTC in the IEEE 13 Bus test system, was obtained by power flow with OpenDSS software according to the predetermined load condition for 24 hours, on the first step. The step value of the transformer's output voltage of the transformer is adjusted to the desired level (usually 1 per-unit (pu) in the middle point of the feeder), in OpenDSS software. In the next step, as the main objective, an implementation is designed in MATLAB to compute the transformer tap values, which will minimize the active power losses in distribution systems by using genetic algorithms which is a heuristic method. As a constraint, the voltage level in the system is kept between 0.95 - 1.05 pu. Simulation studies have shown, loss minimization provides more effectiveness and better energy efficiency by using the step values obtained by genetic algorithms.

**Keywords:** Energy efficiency, Optimization, Genetic algorithms, Transformer tap changing.

<sup>1</sup> Talha Enes GÜMÜŞ (Orcid ID: 0000-0002-6716-6414), Mustafa TURAN (Orcid ID: 0000-0002-9184-1061), Mehmet Ali YALÇIN (Orcid ID: 0000-0003-3846-177X), Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Müh. Bölümü, Sakarya, Türkiye

<sup>2</sup> Cüneyt SARIGÜZEL (Orcid ID: 0000-0002-4685-3776), CSR Enerji Yatırım Müh. San. ve Tic. Ltd. Şti., Sakarya, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Talha Enes GÜMÜŞ, e-mail: tgumus@sakarya.edu.tr

\* Bu çalışma Cüneyt SARIGÜZEL'in Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.



## GİRİŞ

Günümüzde enerjinin hayatımızdaki yeri gün geçtikçe artmaktadır. Enerji tesis yatırımları maliyetli olacağı için enerji verimliliği ön plana çıkmaya başlamıştır. Tüketicilere kaliteli ve sürekli enerji sağlanması dağıtım şirketlerinin politikası haline gelmiştir. Ekonomik ve teknik olarak istenilen hedeflere ulaşmak için enerji kayıpları olabildiğince azaltılmalıdır. Enerji verimliliği arttırmak adına son zamanlarda birçok değişik metod kullanılmaktadır. Dağıtım sistemlerine eklenecek olan dağıtık üretim merkezleri optimizasyon algoritmaları kullanarak en az kayıp olan noktaya yerleştirilmektedir. (Zongo O A ve Oonsivai A, 2017 ) 'de dağıtık üretim jeneratörlerinin yerini Parçacık Sürü Optimizasyon algoritması kullanarak güç kaybı minimizasyonu yapmıştır.

Dağıtım şebekelerinde gerilimi istenilen aralıkta tutarak enerji verimliliği sağlamak için transformatör kademeleri değiştirilebilir ve ayarlanabilir, kondansatör bankaları devreye alınabilir. Doğrusal olmayan güç akış denklemleri, sınırlı değişkenler ve birçok kısıtlama ile güç kayıp probleminin optimizasyonu doğrusal olmayan ve karmaşık tam sayılı programlama problemi haline gelir (Mahdad ve ark., 2010; Sayah ve Zehar, 2008; Gonggui ve ark., 2014).

Gerilim regülatörlerini (GR) ve şönt kapasitörleri kullanıp, gerilim ve reaktif güçleri ayarlayarak şebekeyi kontrol ve optimize etmek yaygın bir uygulamadır (Castro ve ark., 2016, Araujo L R ve ark., 2018, Aryanezhad M, 2018). Gerilim regülatörleri, dağıtım şebekesinde gerilimi istenilen seviyede tutmak için transformatör merkezlerinde kullanılırlar. GR' nin kademe ayarları, transformatörün çevirme oranını değiştirerek gerilimi ayarlar (Leisse ve ark., 2010). Ayrıca, kapasitör bankaları hatlardaki reaktif güç ve gerilimi istenilen profilde tutmak için kullanılır (Bravo ve ark., 2014). Bu sistem yavaş cevap verdiği için alternatif cihaz kullanım ihtiyacı doğmuştur. FACTS cihazları ile yapılan birçok çalışma bu ihtiyacın karşılanabileceğini göstermiştir (IEEE Standarts, 2003).

Son zamanlarda dağıtım şebekelerinde güç kaybı minimizasyonu ve/veya gerilim profili iyileştirme amacı ile farklı yöntemler kullanılarak bir çok güç sistemi optimizasyon problemi çözülmüştür. (Alzyoudz ve ark., 2018)'de Jordanian güç sistemi üzerindeki kademe değiştiricili transformatörün kademe değerleri optimize edilerek ve kapasitif güç bankaları ile sisteme gerekli reaktif güç sağlanarak , aktif kayıpların azaltılması sağlanmıştır. (Ettappan ve ark. 2020)'de Yapay Arı Kolonisi algoritması kullanarak IEEE 30 ve IEEE 57 baralı test sisteminde aktif güç kayıplarını kademe değiştirici transformatörlerin kademe ayarları optimal değere getirmiş ve minimum aktif güç kaybını sağlamıştır.

(Kumar ve Jayabarathi, 2012)'de dağıtım şebekesinin yeniden yapılandırılması ve kayıpların azaltılması için kullanılan bakteriyel besin arama algoritmasına dayanan bir yöntem sunmaktadır.

Bazı çalışma kısıtlamalarına tabi olarak dağıtımdaki enerji kayıplarını azaltmak için genetik algoritmalar (GA) ile dağıtım şebekelerinin yeniden yapılandırılması çalışmaları da önerilmiştir (Torres ve ark., 2013).

Bu çalışmada, transformatör otomatik kademe ayarı ile gerilimin belirlenen seviye aralığında tutularak aktif güç kayıplarının minimuma indirilmesi amaçlanmıştır. Sistemdeki kayıpları minimuma indirecek kademe değerleri sezgisel yöntemlerden olan GA kullanılarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada ilk olarak, kayıpları en aza indirme probleminin formülasyonu tartışılmıştır. Sezgisel yöntemlerden olan genetik algoritma ikinci olarak açıklanmaktadır. Önerilen yöntemin IEEE13 Baralı test sistemi üzerinde simülasyonu yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Güç Kaybını En Aza İndirecek Kademe Değeri Formülasyonu

Gerilim regülatörünün kademe ayarı ve değiştirilebilir şönt kapasitörlerin durumu ayrık değişkenler olduğu için, gerilimin büyüklüğü ve açılar sürekli değişken olmasına karşın, güç kaybı optimizasyon problemi doğrusal olmayan bir programlama modeli kullanılarak formüle edilebilir (Varadarajan ve Swarup, 2008).

Formülasyonda, kayıplar doğrusal olmayan güç akışı denklemleri kullanılarak hesaplanır ve gerilim ihlallerinin mutlak değerleri kısıtlar olarak ele alınır.



Optimizasyon probleminin amacı, düğüm gerilimlerini kabul edilebilir sınırlar dahilinde tutarak dağıtım şebekesindeki güç kayıplarını en aza indirmektir.

Dağıtım sistemlerindeki aktif güç kayıpları, üretilen toplam aktif güç ile tüketilen toplam aktif güç arasındaki fark ile hesaplanabilir. Bir dağıtım sisteminde aktif güç kayıplarını minimuma indirmek amacıyla denklem (1)'de verilen güçlerin farkı amaç fonksiyonu kullanılabilir.

Aşağıda verilen denklemlerde  $i$  ve  $j$  bara numaralarını,  $n_b$  sistemdeki bara sayısını temsil etmektedir.

$$P_{\text{loss}} = \sum_{i=1}^{n_b} P_{Gi} - \sum_{i=1}^{n_b} P_{Li} = \sum_{i=1}^{n_b} \sum_{j=1}^{n_b} V_i V_j Y_{ij} \cos(\theta_{ij} + \delta_{ji}) \quad (1)$$

Denklem (1) de  $P_{Gi}$  baradaki aktif güç üretimini ve  $P_{Li}$  aktif güç tüketimini temsil etmektedir.  $Y_{ij}$  ve  $\theta_{ij}$   $i$ . ve  $j$ . bara arasındaki admitansın genliğini ve açısıdır.  $V_i$  ve  $V_j$  ile  $\delta_{ji}$   $i$ . ve  $j$ . baralarına ait gerilimlerin genlik değerleri ve açılarıdır.

Optimizasyon probleminde, Aktif ve reaktif güç akışı denklemleri optimizasyonda eşitlik kısıtı olarak ele alınır. Güç akışı eşitlikleri denklem (2) ve denklem (3) teki gibi yazılır;

$$\Delta P_i = P_{Gi} - P_{Li} - P_i = 0 \quad (2)$$

$$\Delta Q_i = Q_{Gi} - Q_{Li} - Q_i = 0 \quad (3)$$

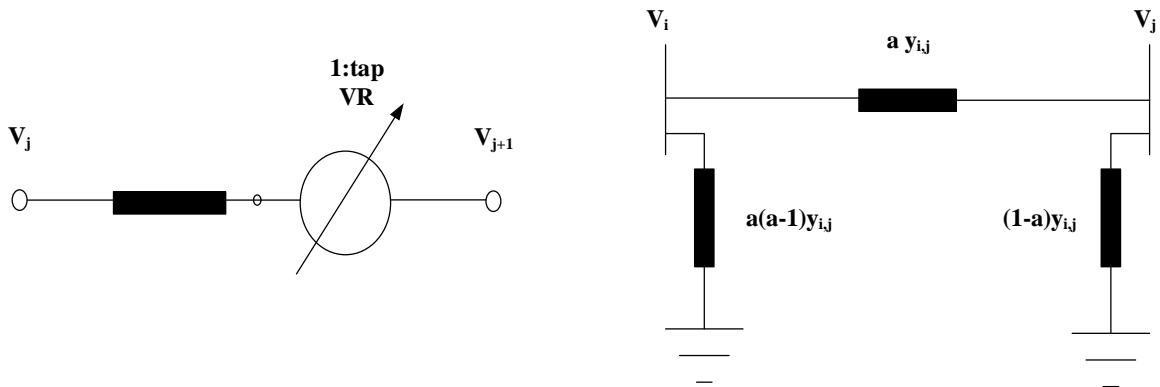
Denklem (2) ve denklem (3) de verilen  $P_i$  ve  $Q_i$  açık olarak yazılırsa;

$$P_i = V_i \sum_{j=0}^{n_b} V_j (\cos \theta_{ij} G_{ij} + \sin \theta_{ij} B_{ij}) \quad (4)$$

$$Q_i = V_i \sum_{j=0}^{n_b} V_j (\sin \theta_{ij} G_{ij} - \cos \theta_{ij} B_{ij}) \quad (5)$$

Denklem (4) ve denklem (5) elde edilir. Burada  $P_{Gi}$  ve  $Q_{Gi}$  baralardaki aktif ve reaktif üretimi,  $P_{Li}$  ve  $Q_{Li}$  aktif ve reaktif tüketimidir.

Dağıtım sisteminde kademe değiştiricili transformatörler olduğunda, Şekil (1) 'de verilen kademe değiştiricili transformatörün pi eşdeğer devresi kullanılarak admitans matrisinin elemanları denklem (6) ile hesaplanır.



Şekil 1. Kademe Değiştiricili Transformatör Pi Eşdeğeri (F. Qiao ve ark., 2020)

$$y_{ij} = ay_{ij}, y_{ii} = a^2 y_{ij}, y_{jj} = y_{ij}, y_{ij} = y_{ji} = G_{ij} + jB_{ij} \text{ ve } Y_{ii} = G_{ii} + jB_{ii} \quad (6)$$

Denklem (6)'da verilen  $y_{ij}$ , i. ve j. bara arasındaki admitans, a çevirme oranı ve tap trafonun kademe pozisyonu olmak üzere;

$$a = V_0 + tap \cdot \Delta_{tap} = 0.00625 \text{ ise } a = 1 + tap \cdot 0.00625 \quad (7)$$

Denklem (7)'de kademe değiştiricili transformatörün girişi ile çıkışı arasındaki gerilim ilişkisini vermektedir. Bu çalışmada kullanılan transformatörler 16 kademe değeri ile gerilim seviyesini %10 arttırma veya %10 azaltabilmektedir. Böylece toplam 32 kademe değeri ile gerilim seviyesi %20 değiştirilebilmektedir. Kademe değiştiricili transformatörün bulunduğu baradaki güç akışı denklemleri aşağıdaki gibi olmaktadır. Denklemlerde a kademe değiştiricili transformatörün çevirme oranını temsil etmektedir.

$$P_{ij} = a^2 V_i^2 G_{ii} + a V_i V_j (\cos \theta_{ij} G_{ij} + \sin \theta_{ij} B_{ij}) \quad (8)$$

$$Q_{ij} = -a^2 V_i^2 B_{ii} + a V_i V_j (\sin \theta_{ij} G_{ij} - \cos \theta_{ij} B_{ij}) \quad (9)$$

$$P_{ji} = V_i^2 G_{ii} + V_i V_j a (\cos \theta_{ij} G_{ij} + \sin \theta_{ij} B_{ij}) \quad (10)$$

$$Q_{ji} = V_i^2 B_{ii} + V_i V_j a (\sin \theta_{ij} G_{ij} - \cos \theta_{ij} B_{ij}) \quad (11)$$

Bu çalışmada  $g(x,u)$  güç akışı denklemlerini temsil etmektedir.

$$g(x, u) = 0 \quad (12)$$

Denklem (12) optimizasyonu yapılacak güç akışı probleminde;

Durum değişkenleri  $x = [V]$  ve kontrol değişkenleri  $u = [tap]$  olur. Değişkenlerin alt üst limitleri eşişsizlik kısıtlarını temsil eder. Kontrol değişkenlerinin alt ve üst limitleri aşağıdaki gibi probleme eklenir.

$$[u_{min}] \leq [u] \leq [u_{max}] \quad (13)$$

u kontrol değişkeni olarak kademe değiştiricili trafonun kademesini kontrol eder. Kontrol değişkeninin limitleri eşişsizlik kısıtı olarak optimizasyon problemine eklenir.

Kademe değiştiricili transformatörün kademe pozisyonu;

$$[tap_{min}] \leq [tap] \leq [tap_{max}] \quad (14)$$

$$[-16] \leq [tap] \leq [16] \quad (15)$$

Durum değişkeni olarak bara gerilimleri, eşişsizlik kısıtı olarak optimizasyon problemine dahil edilerek;

$$[|V_{min}|] \leq [|V|] \leq [|V_{maks}|] \quad (16)$$

olarak denklemlere katılır (Emiroglu ve ark.,2017). Elde edilen doğrusal olmayan güç akışı denklemlerinde sistemdeki bütün baraların gerilim değerleri önceden belirlenen aralıktaki tutularak

transformatörlerin kademe değerleri optimize edilerek ve test sistemindeki aktif güç kayıplarını en aza indirmesi amaçlanır. Test sisteminde baralarında bulunan yüklerin çektiği aktif güç değerleri bütün koşullarda sabit tutularak gerilim değişiminden etkilenmemektedir.

### Genetik Algoritmalar İle Optimizasyon

Genetik algoritmalar (GA), lineer olmayan denklemlerin çözümlerinin araştırılması için kullanılan yaygın sezgisel bir yöntemdir. GA, çok boyutlu bir arama uzayında en iyi bireyleri arayarak, onların hayatta kalmaya devam ettiği en iyi çözümü arar (Varadarajan ve Swarup, 2008; Öztürk ve ark., 2009; Nassar ve ark. 2019).

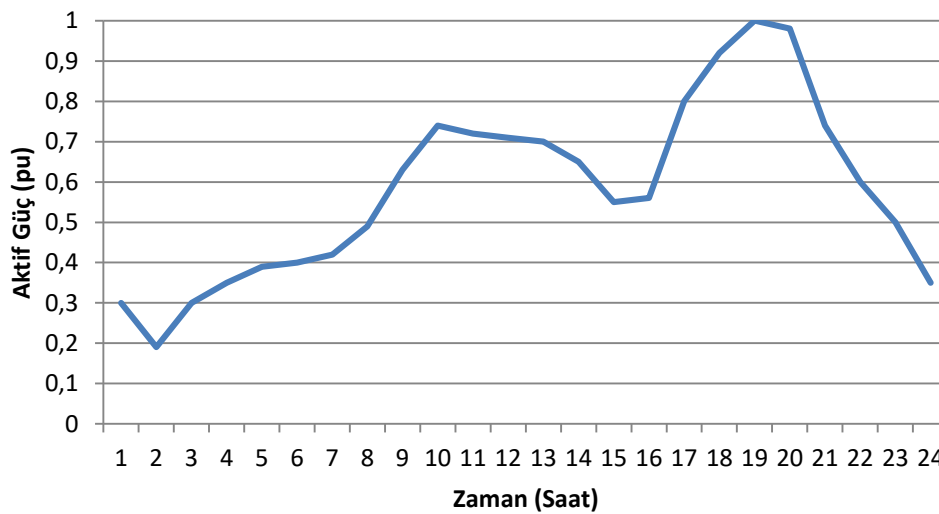
GA, biyolojik dünyadaki doğal seçime ve doğal genetik mekanizmaya atıfta bulunan rastgele bir arama algoritmasıdır ve bu da küresel çözümü verimli bir şekilde verir (Melanie, 1996). Bu çalışmada MATLAB'ın genetik algoritmalar optimizasyon fonksiyonu uygulanmıştır.

Bu çalışmadaki optimizasyon probleminin amacı, Denklem 1'de verilen sistem kayıplarının minimum seviyeye indirilmesidir. Genetik algoritmalar ile test sistemindeki kayıpları en aza indirecek transformatör kademe değerleri bulunmuştur. Uygulanan yöntemin akış diyagramı Şekil 3'te verilmiştir.

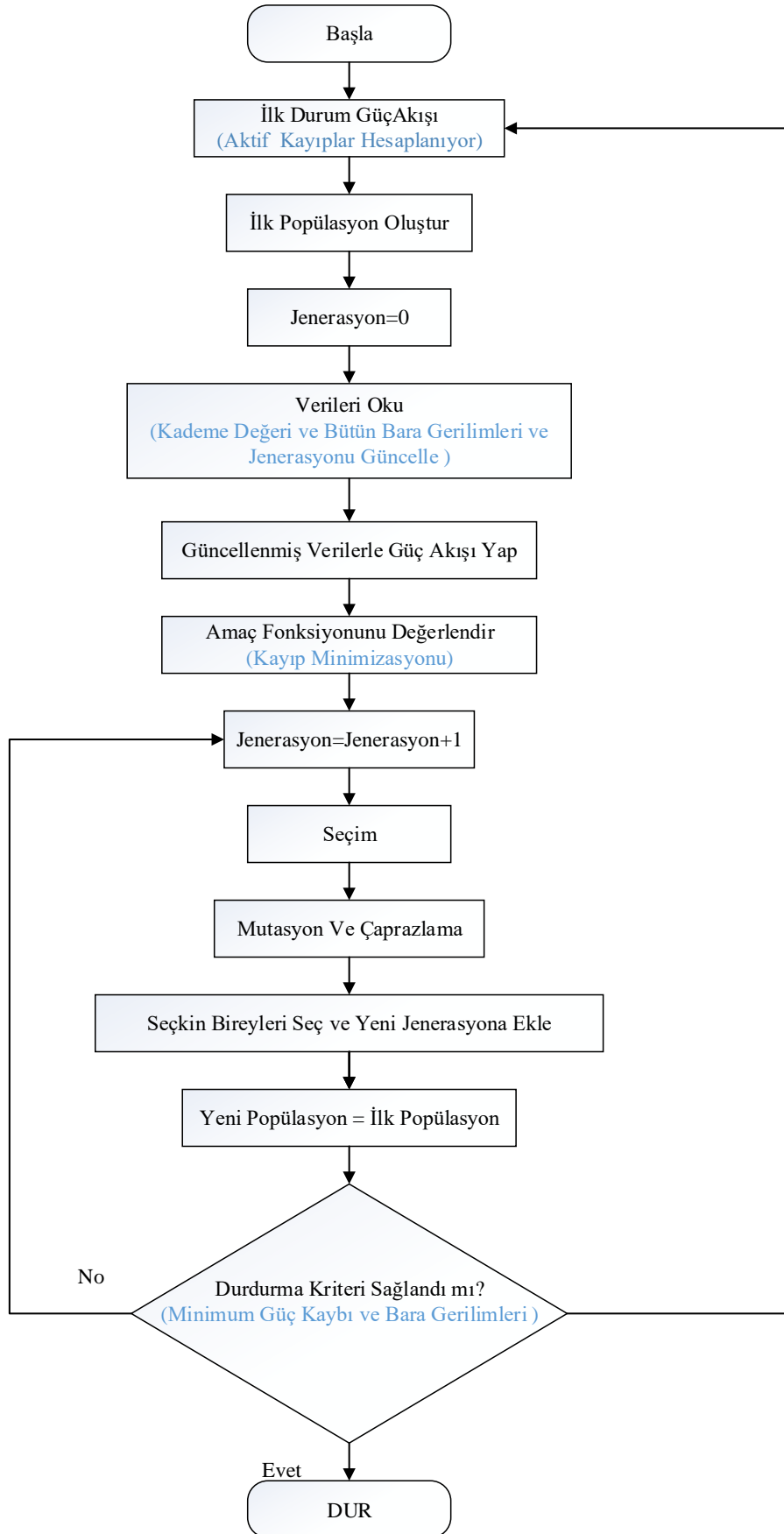
### BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada önerilen yöntem IEEE 13 baralı test sisteminde denenmiş ve sonuçları tartışılmıştır. Genetik algoritma sonuçlarının karşılaştırılması için MATLAB tabanlı OpenDSS güç akış programı kullanılmıştır. IEEE 13 baralı dağıtım sisteminde ilk olarak Şekil 2'de verilen önceden öngörülen yük durumları için OpenDSS programı ile güç akışı yapılmış ve gerilim değerini fiderin ortasında 1 pu yapan kademe değerleri elde edilmiştir. Test sistemindeki aktif güç kayıplarını minimum yapacak kademe değerleri, sezgisel yöntemlerden olan genetik algoritmalar kullanılarak MATLAB de kodlanarak bulunmuştur. Test sistemine üzerinde hiçbir fiziki değişiklik(yeni hat ekleme, kompanzasyon sistemi, yeni generatör ekleme vs) yapılmamış, sadece transformatörün kademe pozisyonu karar değişkeni olarak kullanılmış ve güç tasarrufu sağlanmıştır. Test sistemi üzerindeki bütün baralardaki gerilim değerleri dağıtım firmaların izin verdiği sınırlar içinde ( $\pm\%5$ ) tutulmuştur.

24 saatli zaman dilimindeki yük talepleri Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. 24 Saatlik zaman diliminde yük talepleri.



Şekil 3. Genetik algoritma akış diyagramı





Çizelge 2. IEEE 13 baralı test sisteminde OpenDSS yazılımı ile elde edilen kayıp değerleri

Saat	Yük Talebi	Kayıp Enerji (kWh)	Saat	Yük Talebi	Kayıp Enerji (kWh)
1	30%	9.9226	13	70%	55.369
2	19%	3.9614	14	65%	47.421
3	30%	9.9226	15	55%	33.802
4	35%	13.584	16	56%	35.089
5	39%	16.895	17	80%	72.684
6	40%	17.79	18	92%	96.921
7	42%	19.561	19	100%	114.82
8	49%	26.86	20	98%	109.92
9	63%	44.424	21	74%	61.644
10	74%	61.644	22	60%	40.504
11	72%	58.389	23	50%	28.005
12	71%	57.045	24	35%	13.584

IEEE 13 baralı test sisteminde kayıpları minimize etmek için Genetik Algoritmalar kullanılarak kademe değıştiricili transformatörün kademe değeri bütün baralardaki gerilim seviyesi 0.95 pu - 1.05 pu arasında tutularak minimum güç kaybını veren kademe değeri 24 saat için hesaplanmıştır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Genetik Algoritmalar ile belirlenmiş kademe değeri (24 Saat)

Saat	Yük Talebi	R Fazı	S Fazı	T Fazı	Saat	Yük Talebi	R Fazı	S Fazı	T Fazı
1	30%	9	8	10	13	70%	11	7	15
2	19%	8	8	9	14	65%	11	10	14
3	30%	9	8	10	15	55%	10	8	13
4	35%	9	8	11	16	56%	10	8	13
5	39%	8	9	11	17	80%	10	7	15
6	40%	9	8	11	18	92%	12	7	16
7	42%	10	8	12	19	100%	12	7	16
8	49%	10	8	12	20	98%	12	7	16
9	63%	11	10	14	21	74%	11	7	15
10	74%	11	7	15	22	60%	10	8	13
11	72%	11	7	15	23	50%	10	7	12
12	71%	11	7	14	24	35%	9	8	11

Genetik Algoritmalar ile hesaplanan kademe değeri için sistemdeki kayıplar 24 saat için Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. IEEE 13 baralı sistemi için GA'da ayarlanan kademe değeri için kayıp değeri

Saat	Yük Talebi	Kayıp Enerji (kWh)	Saat	Yük Talebi	Kayıp Enerji (kWh)
1	30%	9.486	13	70%	52.457
2	19%	3.7895	14	65%	45.137
3	30%	9.4867	15	55%	32.227
4	35%	12.921	16	56%	33.45
5	39%	16.118	17	80%	69.401
6	40%	16.975	18	92%	92.429
7	42%	18.601	19	100%	110.438
8	49%	25.529	20	98%	105.761
9	63%	42.331	21	74%	58.921
10	74%	58.921	22	60%	38.589
11	72%	55.637	23	50%	26.626
12	71%	54.334	24	35%	12.921

24 saatlik yük profili için OpenDSS ve GA ile yapılan 24 kademeli optimizasyonlara ilişkin kayıp-kazanç değeri Çizelge 5'te verilmiştir.

**Çizelge 5.** OpenDSS ve GA'nın 24 saatlik kayıp-kazanç karşılaştırması

Saat	OpenDSS ile Enerji Kaybı (kWh)	GA ile Enerji Kaybı (kWh)	GA'nın Tasarrufu (%)	Saat	OpenDSS ile Enerji Kaybı (kWh)	GA ile Enerji Kaybı (kWh)	GA'nın Tasarrufu (%)
1	9.9226	9.486	4.40	13	55.369	52.457	5.26
2	3.9614	3.7895	4.34	14	47.421	45.137	4.82
3	9.9226	9.4867	4.39	15	33.802	32.227	4.66
4	13.584	12.921	4.88	16	35.089	33.45	4.67
5	16.895	16.118	4.60	17	72.684	69.401	4.52
6	17.79	16.975	4.58	18	96.921	92.429	4.63
7	19.561	18.601	4.91	19	114.82	110.438	3.82
8	26.86	25.529	4.96	20	109.92	105.761	3.78
9	44.424	42.331	4.71	21	61.644	58.921	4.42
10	61.644	58.921	4.42	22	40.504	38.589	4.73
11	58.389	55.637	4.71	23	28	26.626	4.91
12	57.045	54.334	4.75	24	13.584	12.921	4.88

24 saatlik yük profili için OpenDSS ve GA ile yapılan 24 kademeli optimizasyonlara ilişkin kayıp-kazanç değerleri Çizelge 6'da verilmiştir. GA ile ayarlanan kademe değerleri ile sistemdeki aktif güç kayıplarının azaldığı Çizelge 6'da görülmektedir.

**Çizelge 6.** Enerji kaybının 24 saatlik ortalaması

	24 Saat için
OpenDSS ile Toplam Enerji Kaybı	1049.8 kWh
GA ile Toplam Enerji Kaybı	1002.5 kWh
Tasarruf Edilen Toplam Enerji Oranı	4.5 %

## SONUÇ

Bu çalışmada, Genetik Algoritma kullanılarak ayarlanan transformatör kademe değerleri ile klasik Newton Yük Akışı yöntemi kullanan OpenDSS programı ile ayarlanan transformatör kademe değerlerinin dağıtım sisteminde meydana gelen kayıplardan hareketle enerji verimliliği değerlendirilmiştir.

OpenDSS ile yapılan transformatör kademe ayarlarında dağıtım sisteminde sadece fider ortasındaki gerilim seviyesinin belirli bir değerde tutulması amaçlanırken sistemde meydana gelen aktif güç kayıpları dikkate alınmamaktadır. Bu da çıkan sonucun enerji verimliliği konusunda en iyi sonuç olmamasına neden olmaktadır. Bu çalışmada, yük akışı OpenDSS ile yapılmakla beraber, MATLAB üzerinde koşturulan genetik algoritma ile hem her baranın gerilimi 0.95 - 1.05 pu aralığında tutulmuş, hem de enerji verimliliğini arttıracak şekilde transformatör kademe değerleri belirlenmiştir. Simülasyon sonuçlarından, Genetik Algoritma kullanılarak saatlik optimize edilmiş transformatör kademe değerleri ile 24 saatte %4.50 daha fazla enerji verimliliği sağlandığını görülmüştür (Çizelge 6).

## KAYNAKLAR

- Zongo O A ve Oonsivai A, 2017. Optimal placement of distributed generator for power loss minimization and voltage stability improvement. Energy Procedia, 138: 134-139.
- Mahdad B, Bouktir T, Srairi K, Benbouzid ME, 2010. Dynamic strategy based fast decomposed GA coordinated with FACTS devices to enhance the optimal power flow. Energy Convers Manage, 51: 1370-1380.
- Sayah S, Zehar K, 2008. Modified differential evolution algorithm for optimal power flow with non-smooth cost functions. Energy Convers Manage, 49: 3036-3042.

- Gonggui C, Lilan L, Peizhu S, Yangwei D, 2014. Chaotic improved PSO-based multi-objective optimization for minimization of power losses and L index in power systems. *Energy Conversion and Management*, 86: 548–560.
- Castro JR, Saad M, Lefebvre S, Asber D, Lenoir L, 2016. Optimal voltage control in distribution network in the presence of DGs. *Electrical Power and Energy Systems*, 78: 239–247.
- Araujo L R, Penido D R R, Carneiro S, Pereira J L R, 2017. Optimal unbalanced capacitor placement in distribution systems for voltage control and energy losses minimization. *Electric Power Systems Research*, 154:110-121.
- Aryanezhad M, Management and coordination of LTC, SVR, shunt capacitor and energy storage with high PV penetration in power distribution system for voltage regulation and power loss minimization, *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 100: 178-192.
- Leisse I, Samuelsson O, Svensson J, 2010. Electricity Meters for Coordinated Voltage Control in Medium Voltage Networks with Wind Power, 2010 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe (ISGT Europe), pp: 1-7.
- Bravo RJ, Robles SA, Bialek T, 2014. VAR support from solar PV inverters, 2014 IEEE 40th Photovolt. Spec. Conf. PVSC, pp: 2672–2676.
- IEEE Standards Coordinating Committee 21, 1547TM IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems. New York, NY, USA, 2003.
- Hussain M, Zuhaina Z, Rizman Z, Yasin M, 2018 Power loss estimation due to difference transformer tap changer position at interface. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*. 9. 685-697.
- Ettappan M, Virmala V, Ramesh S, Kesavan V T, 2020. Optimal reactive power dispatch for real power loss minimization and voltage stability enhancement using Artificial Bee Colony Algorithm, 76:1-7.
- Kumar KS, Jayabarathi T, 2012. Power system reconfiguration and loss minimization for an distribution systems using bacterial foraging optimization algorithm. *Int J Electric Power Energy Syst*, 36: 13–17.
- Torres J, Guardado JL, Rivas-Dávalos F, Maximov S, Melgoza E, 2013. A genetic algorithm based on the edge window decoder technique to optimize power distribution systems reconfiguration. *Int J Electric Power Energy System*, 45(1): 28–34.
- Varadarajan M, Swarup KS, 2008. Differential evolutionary algorithm for optimal reactive power dispatch. *Electrical Power and Energy Systems*, 30: 435–441.
- F. Qiao, and J. Ma, (2020). Voltage/Var Control for Hybrid Distribution Networks Using Decomposition-Based Multiobjective Evolutionary Algorithm,” *IEEE Access*, 8: 12015-12024.
- Emiroglu S , Uyaroglu Y , Ozdemir G, Distributed Reactive Power Control based Conservation Voltage Reduction in Active Distribution Systems. *Advances in Electrical and Computer Engineering*. 17:99-106.
- Melanie M, 1996. *An Introduction to Genetic Algorithms*. Cambridge, MA: MIT Press. ISBN 9780585030944.
- Öztürk A, Tosun S, Erdoğan P, Hasırcı U, 2009. Elektrik enerji dağıtım sisteminde ekonomik aktif güç dağıtımının genetik algoritma ile belirlenmesi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22(3): 185-197.
- Nassar I A, Omara MA and Abdella MM, 2019. Enhancement of Voltage Profile in Power Systems by Using Genetic Algorithm. 21st International Middle East Power Systems Conference (MEPCON-2019), Cairo, Egypt, pp: 459-464.

## Fotovoltaik Güneş Paneli Sistemlerinde Maksimum Güç Noktası İzleyicisinin Verime Etkisi

Ufuk BADAĞ<sup>1</sup>, Ali Bekir YILDIZ<sup>2</sup>

**ÖZET:** Güneş enerjisi sistemlerinde, enerji dönüşümündeki verimliliğin düşük olması nedeniyle, günümüzde verimi arttırmaya yönelik çalışmalar önem kazanmıştır. Güneş enerjisi sistemlerini maksimum verimde kullanmak için, Maksimum Güç Noktası İzleyicisi (MGNI) sistemleri geliştirilmiştir. Bu çalışmada, sık kullanılan bir MGNI algoritmasının verime etkisi incelenmiştir. Matlab/Simulink ortamında güneş pili modülü ve yükselten DA-DA dönüştürücü içeren, değişken ortam koşullarında maksimum güç noktasını tespit eden bir sistem tasarlanmıştır. Bu sistem, MGNI birimi olmadan ve MGNI birimi olması durumunda çalıştırılarak elde edilen sonuçlar ve verime etkileri karşılaştırılmıştır. Sistem üç farklı durumda incelenmiştir. Elde edilen çıkarımlarda maksimum güç noktası izleyicisi varken birinci çalışma koşulunda verim %72.6'dan %92.95'e, ikinci çalışma durumunda verim %90.59'dan %96.43'e ve üçüncü çalışma durumunda verim %92.27'den %94.46'ya yükseldiği gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** PV panel; Maksimum güç noktası izleyicisi; Verim; Değiştir ve gözlemler algoritması

## The Effect of Maximum Power Point Tracking on Efficiency in Photovoltaic Solar Panel Systems

**ABSTRACT:** In solar energy systems, due to the low efficiency in energy conversion, efforts to increase efficiency have gained importance today. Maximum Power Point Tracking (MPPT) systems have been developed to use solar energy systems at maximum efficiency. In this study, the effect of a frequently used maximum power point tracking algorithm on efficiency is investigated. Using Matlab/Simulink, a system that includes a solar cell module and Boost DC-DC converter is designed to detect the maximum power point in variable atmospheric conditions. This system is operated with maximum power point tracking unit and without maximum power point tracking unit, and the obtained results and their effects on efficiency are compared. The system has been studied in three different situations. In the inferences obtained, it was observed that the efficiency increased from 72.6% to 92.95% in the first working condition, the efficiency increased from 90.59% to 96.43% in the second working condition, and the yield increased from 92.27% to 94.46% in the third working condition.

**Keywords:** PV panel; Maximum power point tracking; Efficiency; Perturb and observe algorithm

<sup>1</sup> Ufuk BADAĞ (Orcid ID: 0000-0002-2008-6337), Ali Bekir YILDIZ (Orcid ID: 0000-0003-4043-7859), Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Müh. Böl., Kocaeli, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ali Bekir YILDIZ, e-mail: abyildiz@kocaeli.edu.tr

## GİRİŞ

Elektrik enerjisi en temel enerji ihtiyaçlarımızdandır. Bu enerji, günümüzde belli oranda fosil yakıtlar üzerinden sağlanmaktadır. Fosil yakıtların çevremize ve atmosfere olan zararları, fosil yakıtların azalması gibi etkenler, yenilenebilir enerji kaynaklarına, özellikle enerji kaynağının sınırsız olması sebebiyle güneş enerji sistemlerine olan ilgiyi artırmıştır. Güneş enerjisi sınırsız bir enerji kaynağı olduğu için, elektrik üretiminde ülkemizde ve dünyada önemli bir yer tutmaktadır. Yenilenebilir bir enerji kaynağı olan güneş enerjisi, çevreyi kirletmemesi, yakıt gereksinimi olmaması ve gürültü oluşturmaması gibi avantajlara sahipken, ilk yatırım maliyetinin yüksek olması ve enerji dönüşüm verimliliğinin düşük olması gibi dezavantajlara sahiptir. Bu alanda yapılan araştırma ve geliştirme çalışmalarının ivme kazanmasıyla, son yıllarda güneş sistemlerine olan talep sürekli artış göstermektedir.

Bir güneş panelinden elde edilebilecek maksimum güç değeri, güneş ışınım değeri, ışınım açısı ve ortam sıcaklığı gibi parametrelere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu durumda güneş panelinden elde edilebilecek gerilim ve akım değerleri, ortam koşulları ve yük profiline göre değişiklik gösterir. Güneş paneli yüzeyine gelen güneş ışınım değeri arttıkça panel çıkışındaki akım da artmaktadır. Panelin bulunduğu ortam sıcaklığı arttıkça panel terminallerindeki açık devre gerilimi değeri azalmaktadır. Ortam şartları ve yük profiline bağlı olarak maksimum gücün elde edilmesi için güneş paneli maksimum güç noktasında sürekli olacak şekilde çalıştırılmalıdır. Güneş panelinin değişken parametreler doğrultusunda maksimum güç noktasında çalışması için Maksimum Güç Noktası İzleyici (MGNI) teknikleri geliştirilmiştir (Koizumi and Kurokawa 2005, ESRAM and Chapman 2007, Cristaldi et al. 2013, Jiang et al. 2013, Deveci ve Kasnaoğlu 2014, Basoglu and Cakir 2016, Ibbelouad et al. 2017, Kumar et al. 2019). MGNI teknikleri sayesinde daha az panel kullanılarak daha fazla enerji dönüşümü elde etmek mümkündür. Güneş paneli sistemlerinde verimliliği artırmak için, MGNI birimi kendi başına kullanılmaz. Güneş paneli ile yük arasında DA-DA dönüştürücü kullanılarak, MGNI birimi ile DA-DA dönüştürücünün doluluk oranı kontrol edilerek panelin maksimum güç noktasında çalışması sağlanır (Gupta et al. 2019, Mathew and Rakhee 2019, Boukebbous et al. 2019, Yadav and Maurya 2020).

Makalenin temel katkısı olarak, güneş panelinin maksimum güç noktasında çalışmasını sağlayacak bir model Matlab/Simulink ortamında tasarlanmıştır. Tasarlanan model, MGNI birimi yokken ve MGNI birimi varken test edilerek, MGNI'nin güneş paneli sistemlerinde verimliliğe olan etkisi değerlendirilmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

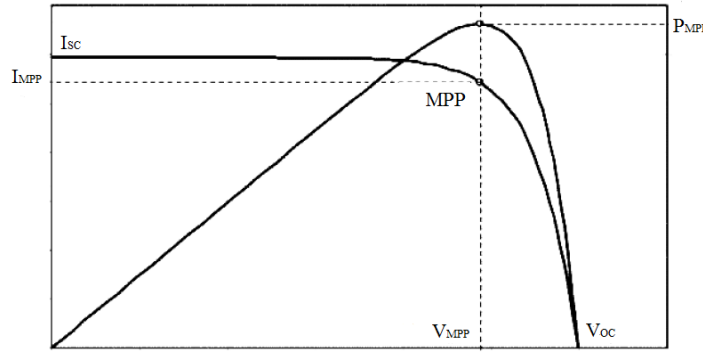
### Maksimum Güç Noktası İzleyicisi (MGNI) Birimi

PV panellerin maksimum verimi sağladığı maksimum güç noktası, güneş ışınım miktarına, ışınım açısına ve panel sıcaklığı gibi parametrelere bağlıdır. Bu parametreler dinamik olduğu için, yükün maksimum güçte çalışma noktası, her zaman için PV panelin maksimum güç noktası olmamaktadır. PV panele bağlı olan yükün talep ettiği gücü sürekli olarak karşılayabilmek için PV paneller farklı ekipmanlar içerecek şekilde tasarlanır. Bu durumda, sistem maliyeti ve kayıplarında artış olur. Bu problemi ortadan kaldırmak için, Maksimum Güç Noktası İzleyici birimi içeren anahtarlamalı DA-DA dönüştürücüler kullanılır.

Maksimum güç noktası izleme tekniği, PV panelin gerilim ve akım değerlerini takip eden, içerdiği algoritma ile çıkış gerilimini kontrol eden programlanabilir elektronik bir donanımdır. Bir PV sistemde akım ve gerilim arasındaki ilişki Şekil 1'de gösterilmiştir. Şekil 1'e göre her çalışma koşulu



için yalnızca bir maksimum güç noktası vardır. Bu noktada PV karakteristik eğrisinin eğimi sıfırdır yani  $dP/dV = 0$  olduğu kabul edilir.



Şekil 1. PV panele ait I-V, P-V karakteristikleri ve maksimum güç noktası

Şekil 1'e göre, maksimum güç noktası denklem 1'de ki gibi ifade edilir.

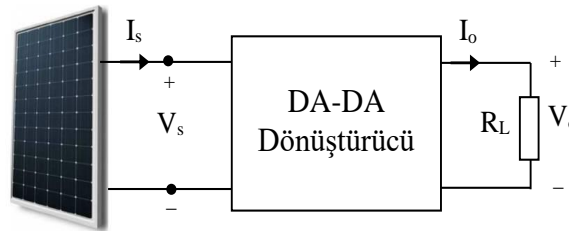
$$P_{MPP} = I_{MPP}V_{MPP} \quad (1)$$

Maksimum güç noktası takibini yapmak için geliştirilmiş birden çok algoritma mevcuttur. Geliştirilmiş ve kullanılan bu algoritmalar aşağıda sıralanmıştır. Bu algoritmalar arasında basitliği ve uygulanabilirliği açısından en çok tercih edilen algoritma, Değiştir ve Gözlemler (Perturb&Observe, P&O) algoritmasıdır.

- Sabit Gerilim Algoritması
- Sabit Akım Algoritması
- Değiştir ve Gözlemler Algoritması
- Artan İletkenlik Algoritması
- Bulanık Mantık Algoritması
- Dinamik Bozulma Algoritması

### Yükselten DA – DA Dönüştürücü

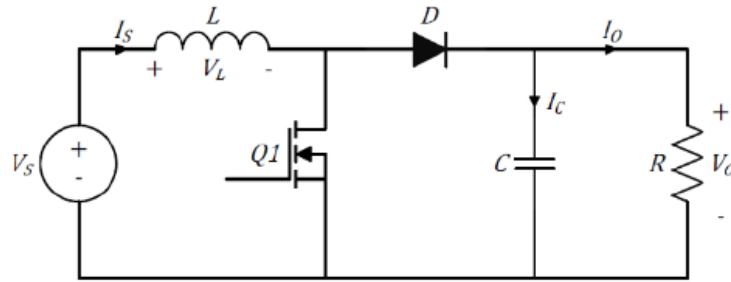
Değişken çevre koşulları altında, güneş panellerinin maksimum güç noktasında çalışması istenir. Bu amaca yönelik olarak güneş paneli ve yük arasında DA – DA dönüştürücü eklenir (Şekil 2).



Şekil 2. DA – DA dönüştürücülü MGNİ sistemi

Panelin çıkış gerilimi küçük olduğundan, kullanılan DA – DA dönüştürücü türü genellikle yükseltici yapıdaki dönüştürücülerdir (Nakir 2007, Altın ve Yıldırımoglu 2011, Kabala 2017). Yükseltici dönüştürücüler, çıkış gerilimini giriş gerilimine göre yükselten sistemlerdir. Yükseltici dönüştürücüler fotovoltaik sistemlerle birlikte kullanıldığı zaman, dönüştürücünün giriş gerilimi olan  $V_s$  aynı zamanda güneş panelinin çıkış gerilimidir. Bu gerilim, DA-DA dönüştürücü sayesinde çıkışta yükü

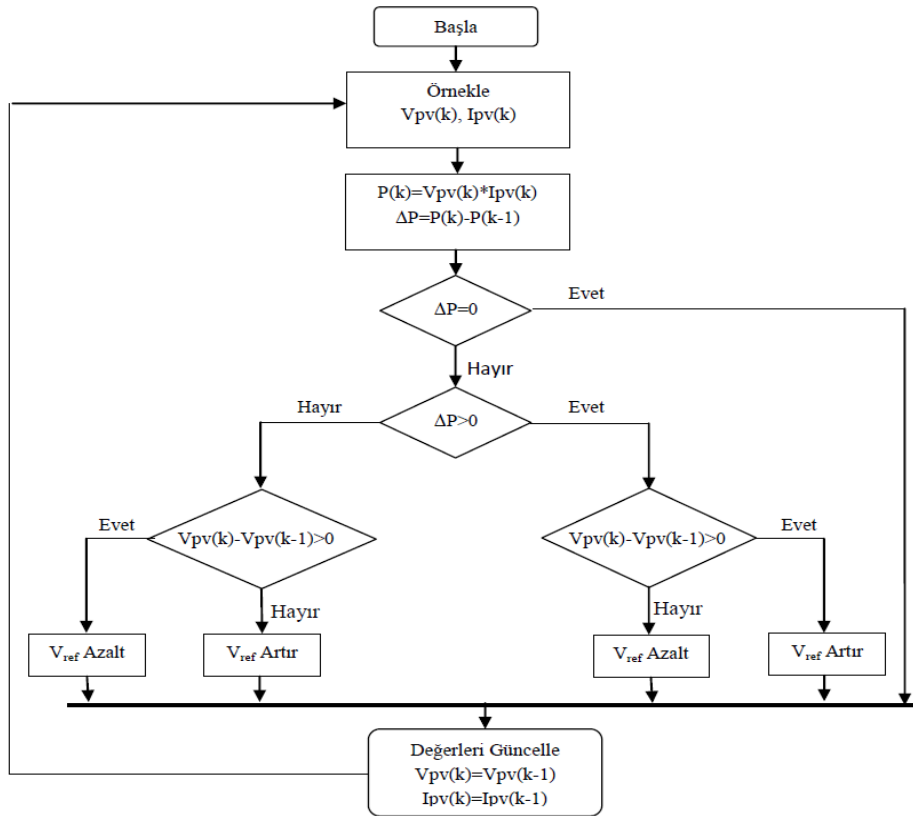
beslemek için  $V_o$  çıkış gerilimine dönüştürülür. Yükseltici yapıdaki DA – DA dönüştürücüye ait temel devre şeması Şekil 3’te gösterilmiştir.



Şekil 3. Yükselten DA –DA dönüştürücü devresi

### Değiştir ve Gözlemler Algoritması

Bu algorithma genel olarak güneş panelinin P-V karakteristik eğrilerinden faydalanılır. Çünkü güneş panellerinden üretilen güç, gerilimin fonksiyonu olarak değişim göstermektedir. Değiştir ve gözlemler algoritmasında, güneş panelinin çalışma geriliminde, gerilim artımı veya azaltımı yapılarak çıkış gücündeki değişim miktarı ölçülür. Bu algorithma bir döngü süresince bir önceki çevrimde alınan güç değeri ile bir sonraki çevrimde alınan güç değeri karşılaştırılır. Eğer bir önceki çevrimde alınan güç değeri yeni güç değerinden büyükse gerilim arttırımı veya azaltımı yönü değiştirilir. Bu değişimden sonra en başa dönülerek döngü tamamlanır (Spagbuolo and Petrone 2005, Elgendy and Zahavi 2009, Onat ve Ersöz 2009, Kırıcıoğlu ve Yıldız 2015). Bu algorithma ait akış diyagramı Şekil 4’te verilmiştir.



Şekil 4. Değiştir ve gözlemler algoritması akış diyagramı



dönüştürücü doluluk oranı ile kontrol edilir. MGNİ birimi kullanılmadığı zaman DA – DA dönüştürücüdeki anahtarlama elemanı, PWM Generatör tarafından üretilen sabit bir doluluk oranı ile tetiklenir.

Sistemin çalışma koşulları,  $t=0.sn$ 'de ışınım değeri  $750 W/m^2$ ,  $t=1.sn$ 'de çıkışa paralel  $100 \Omega$ 'luk paralel yük ilave edilmesi ve  $t=2.sn$ 'de panelin ışınım değeri  $1000 W/m^2$  olarak değiştirilmiştir. Sistemde  $t=1.sn$ 'de sisteme ek yükün ilave edilebilmesi için, DA–DA dönüştürücünün çıkışında,  $100\Omega$ 'luk iki adet paralel yük anahtar ile birbirine bağlıdır. Sistemin çalışma zamanı  $t=1.sn$  olduğunda, anahtar kapanır ve ek yük devreye alınır (Çalışma koşullarındaki birinci değişim). Sistemin çalışma süresi iki saniye olduğu an ışınım değeri arttırılmaktadır (Çalışma koşullarındaki ikinci değişim). Modelde, yük üzerindeki akım ve gerilim değerleri bulunup, bulunan bu değerler çarpım operatörüne tabi tutularak sistemdeki güç değişimleri sürekli olarak elde edilmiştir. Simülasyon, MGNİ birimi varken ve MGNİ birimi yokken yapılmıştır. Simülasyon sonucu olarak panel ve yük üzerindeki akım, gerilim ve güç değerleri gözlemlenmiştir. Elde edilen yüke ait güç ve ideal güç değerlerine göre verim hesabı yapılmıştır. MGNİ birimi varken ve MGNİ birimi yokken elde edilen sonuçlar kendi aralarında karşılaştırılmıştır. Kullanılan modele ait güneş panelinin elektriksel özellikleri ve DA–DA dönüştürücüye ait ekipman özellikleri Çizelge 2 ve 3'te verilmiştir.

**Çizelge 2.** Kullanılan güneş panelinin elektriksel özellikleri

Parametre	Değer
Kısa devre akımı (A)	7.84
Açık Devre Gerilimi (V)	36.3
Maksimum Güçte Akım (A)	7.35
Maksimum Güçte Gerilim (V)	29

**Çizelge 3.** DA – DA dönüştürücünün ekipman özellikleri

Eleman	Değer
C1 ( $\mu F$ )	100
L1 (mH)	2
C2 ( $\mu F$ )	100
R1 ( $\Omega$ )	100
R2 ( $\Omega$ )	100
Frekans (Hertz)	5000

## BULGULAR VE TARTIŞMA

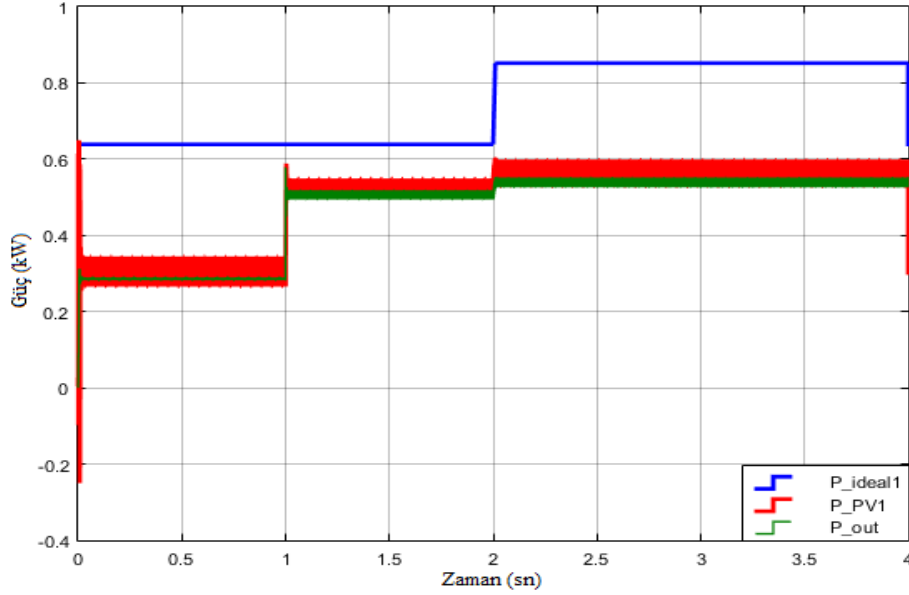
### Sistemin MGNİ Birimsiz Çalışması

Oluşturulan sistemi, MGNİ birimli ve MGNİ birimsiz çalıştırmak mümkündür. Bu durum, modeldeki PWM generatörlerin, PWM bloğuna bağlantılarını değiştirerek gerçekleştirilmektedir. Sistemin çalışma koşulları değiştirilerek dinamiği gözlemlenmiştir. Bu koşullar Çizelge 4'de verilmiştir. Buna göre, başlangıçta  $750 W/m^2$  ışınım değeri söz konusudur. Simülasyonun  $t=1.saniyesinde$ , sisteme paralel olarak  $100\Omega$ 'luk bir ek yük ilave edilmiş, simülasyonun  $t=2.saniyesinde$  ışınım değeri  $1000 W/m^2$  olacak şekilde değiştirilmiştir. Toplam çalışma süresi  $t=4sn$  alınmıştır.

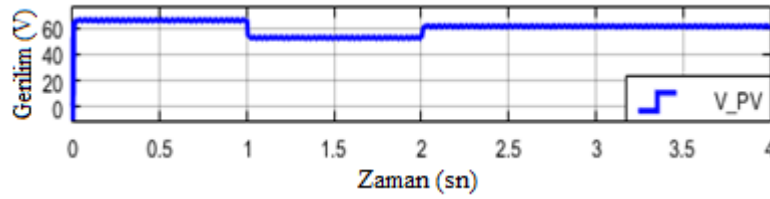
**Çizelge 4.** Sistemin çalışma koşulları (yük ve ışınım değişimleri)

Işınım ( $W/m^2$ )	Sistemin Çalışma Koşulları		
	0-1 saniye	1-2 saniye	2-4 saniye
750	100 $\Omega$	50 $\Omega$	
1000			50 $\Omega$

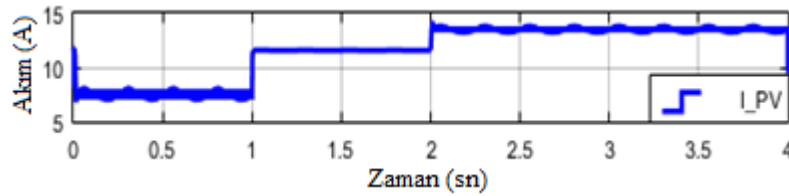
MGNİ birimsiz durumda elde edilen ideal güç, panel gücü ve yüke ait güçler Şekil 6'da gösterilmiştir. Şekil 7'de ise panel akım ve gerilimi ile yük akım ve gerilimlerine ait değişimler verilmiştir.



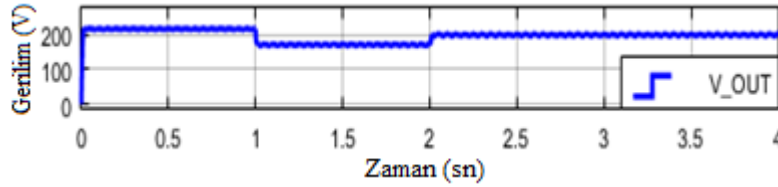
Şekil 6. MGNİ birimsiz güç değişimleri



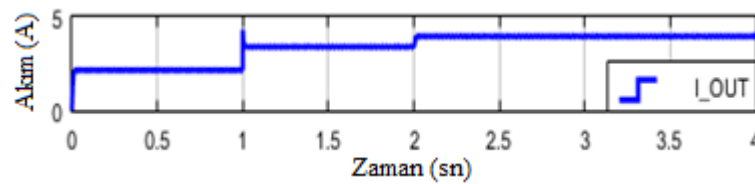
(a) MGNİ Birimsiz Panel Gerilimi



(b) MGNİ Birimsiz Panel Akımı



(c) MGNİ Birimsiz Çıkış Gerilimi



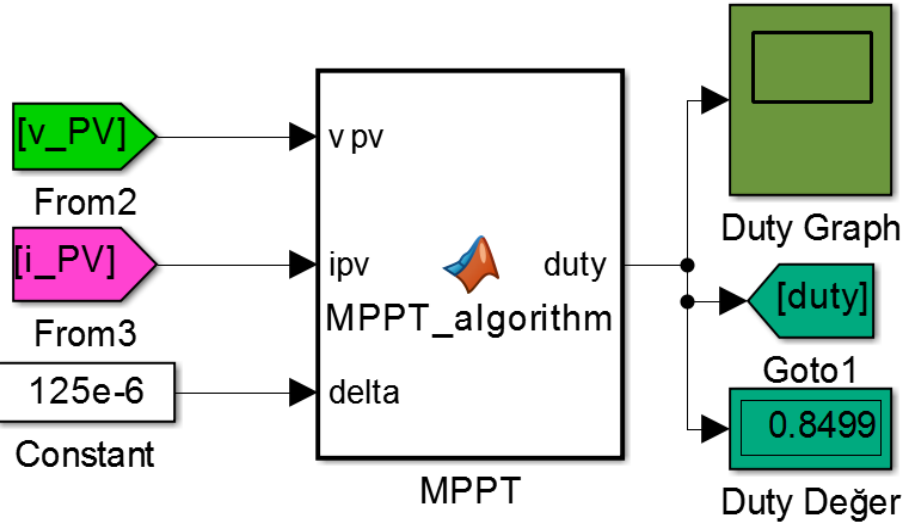
(d) MGNİ Birimsiz Çıkış Akımı

Şekil 7. MGNİ birimsiz gerilim ve akım değişimleri

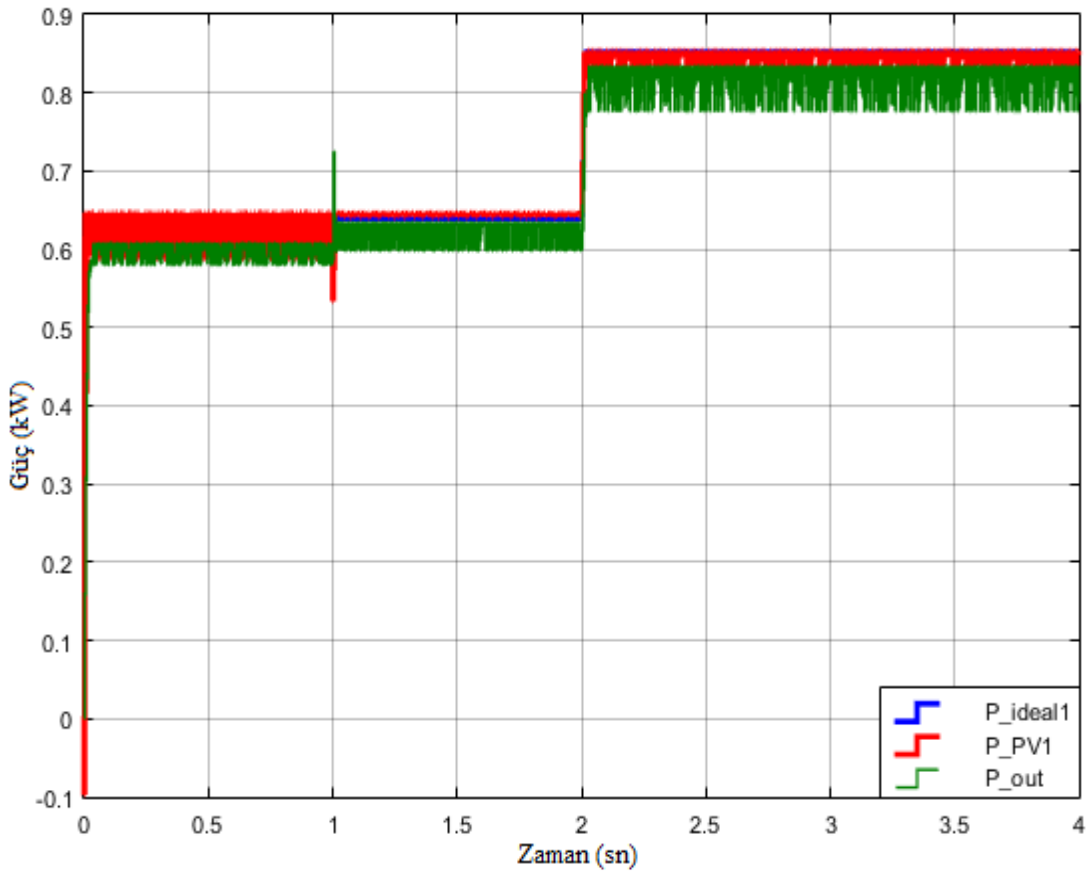


### Sistemin MGNİ Birimli Çalışması

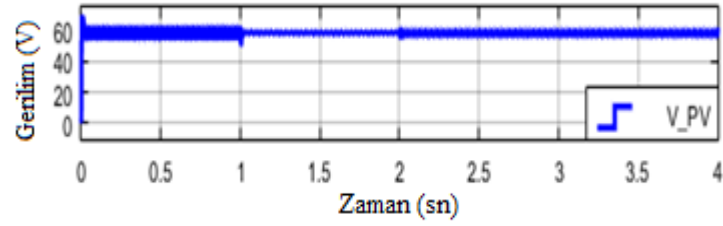
Aynı sistem MGNİ birimi kullanılarak tekrar ele alınmıştır. Sistem üzerinde, değişen ışınma miktarı ve değişen yüke karşı olarak akım referansı değiştirilmiştir. MGNİ denetleyicisi olarak Şekil 8’de gösterilen model kullanılmıştır. Bu duruma ait çıkış güçleri Şekil 9’da verilirken, panel gerilimi ve akımı ile yük gerilimi ve akımındaki değişimler Şekil 10’da gösterilmiştir.



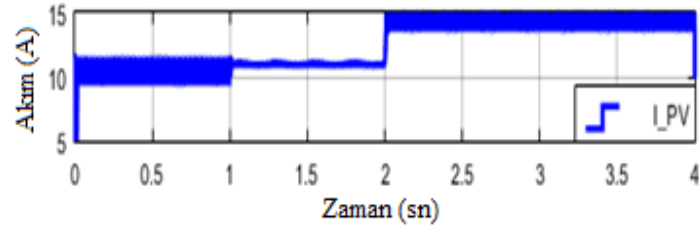
Şekil 8. Kullanılan MGNİ bloğu



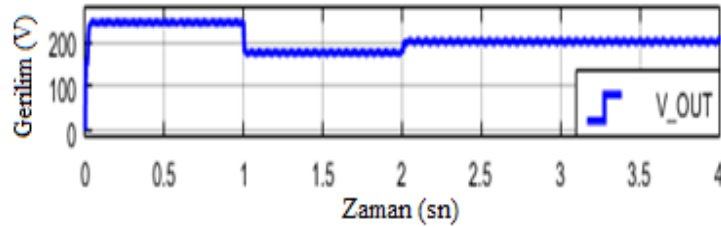
Şekil 9. MGNİ birimli güç değişimleri



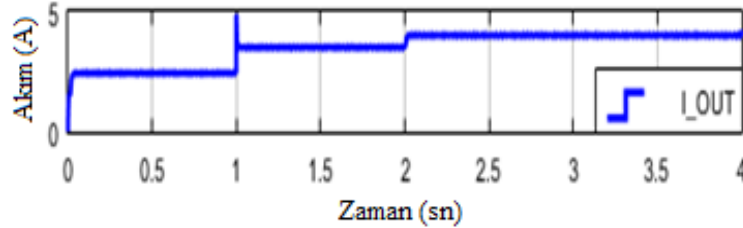
(a) MGNI Birimli Panel Gerilimi



(b) MGNI Birimli Panel Akımı



(c) MGNI Birimli Çıkış Gerilimi



(d) MGNI Birimli Çıkış Akımı

Şekil 10. MGNI birimli gerilim ve akım değişimleri

### Bulguların Karşılaştırılması

Bu kısımda, Bulgular ve Tartışma başlığı altında ele alınan sistemin MGNI birimsiz ve sistemin MGNI birimli durumda çalışmasıyla elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışma koşullarındaki değişimlere göre, her iki duruma ait hesaplanan çıkış güçleri Çizelge 5’de verilmiştir. Çizelge 5’e göre,  $750W/m^2$ ’lik başlangıç ışınım değeri için, MGNI birimsiz durumda sisteme paralel ek yük alınmadan önce yüke 464W güç aktarılırken, paralel ek yük devreye alındığında yüke 575W güç aktarılmaktadır. Yine MGNI birimsiz durumda, ışınım değeri  $1000W/m^2$  olduğunda ise yüke 785W güç aktarılmaktadır.

Çizelge 5’de, tasarlanan sistemin MGNI birimli duruma getirildiğindeki değerler de verilmiştir.  $750W/m^2$ ’lik başlangıç ışınım değeri için, MGNI birimli durumda sisteme paralel ek yük alınmadan önce yüke 597W güç aktarılırken, paralel ek yük devreye alındığında yüke 615W güç aktarılmaktadır. Yine MGNI birimli durumda, ışınım değeri  $1000W/m^2$  olduğunda ise yüke 805W güç aktarılmaktadır. Çizelge 6’da, her iki durum arasında güçlere ait değişimler görülmektedir.

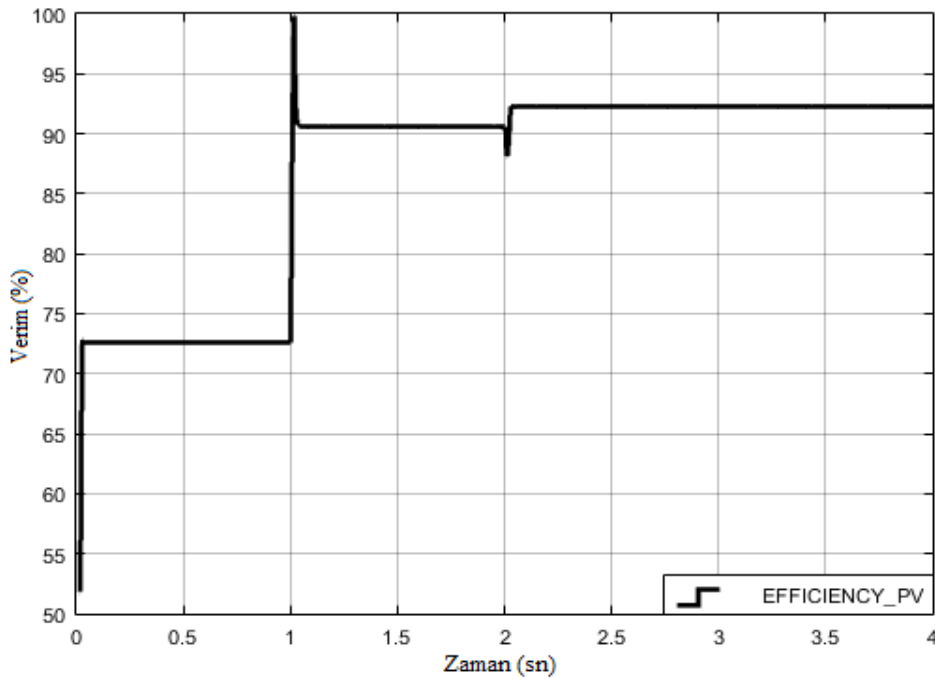
**Çizelge 5.** Farklı yük ve ışınma değerlerinde çıkış güçleri

$\frac{W}{m^2}$	MGNİ Birimsiz			MGNİ Birimli		
	Ek Yük Öncesi	Ek Yük Sonrası	Yük sabit/Farklı ışınım	Ek Yük Öncesi	Ek Yük Sonrası	Yük sabit/Farklı ışınım
750	464W	575W		597W	615W	
1000			785W			805W

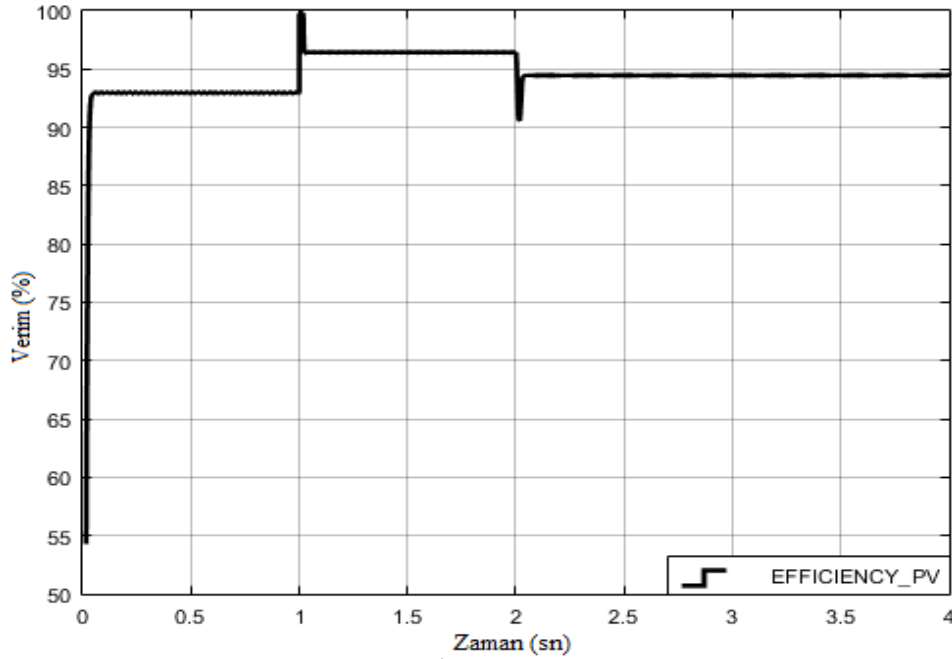
**Çizelge 6.** Her iki durum için güç değişimleri

$\Delta P$ (Güç Değişimi)		
Ek Yük Öncesi	Ek Yük Sonrası	Yük sabit/Farklı ışınım
133W	40W	20W

Her iki durum için, yük ve ışınım değişimlerine göre güç değerleri farklılık göstermiştir. Bu farklılığın sebebi Şekil 7.a ve 7.b ile Şekil 10.a ve 10.b karşılaştırıldığında anlaşılmaktadır. Şekil 7.a ve 7.b'deki MGNİ birimsiz durumdaki panel gerilimi ve akım değerleri, Şekil 10.a ve 10.b'de MGNİ birimli durumda artış göstermektedir. Buna bağlı olarak panel çıkış gücü artmakta ve güneş enerjisinden daha fazla faydalanılmaktadır. Sistem performansının MGNİ birimi varken ve MGNİ birimi yokken karşılaştırılmasında, verim en önemli parametredir. Her iki durum için, PV panelden alınan gücün ideal güce göre verimleri belirlenmiştir. MGNİ birimsiz duruma ilişkin verim Şekil 11'de, MGNİ birimli duruma ilişkin verim Şekil 12'de verilmiştir.

**Şekil 11.** MGNİ birimsiz durumda verim

Şekil 11 ve Şekil 12'den, MGNİ birimli durumda verimin arttığı görülmektedir. Sistem MGNİ birim ile birlikte kullanıldığı zaman, PV panelin ideal güce göre verimi ciddi oranda artış göstermiştir. Her iki duruma ait grafiklerdeki verim değişimleri, Çizelge 7'de özetlenmiştir.



Şekil 12. MGNİ birimli durumda verim

Çizelge 7. MGNİ birimli ve MGNİ birimsiz durumlarda verimler

MGNİ Birimsiz Durumda Verim		
Ek Yük Öncesi	Ek Yük Sonrası	Yük sabit/Farklı ışınım
%72.6	%90.59	%92.27
MGNİ Birimli Durumda Verim		
Ek Yük Öncesi	Ek Yük Sonrası	Yük sabit/Farklı ışınım
%92.95	%96.43	%94.46

## SONUÇ

Bu çalışmada, güneş panelinin maksimum güç noktasında çalışmasını sağlayacak bir model Matlab/Simulink ortamında tasarlanmıştır. Tasarlanan model, farklı yük değerleri ve farklı ışınım değerleri altında çalışacak bir güneş panelinin tasarımına ve benzetimine imkan vermektedir. Tasarlanan sistemde, yükselten DA-DA dönüştürücü MGNİ birimsiz ve MGNİ birimli olarak kontrol edilerek, sistem çıkışındaki güçler ölçülmüştür. Her iki durumda elde edilen güçler karşılaştırıldığında, MGNİ birimli uygulamada daha yüksek güç değeri ve daha yüksek verim elde edilmiştir. Buna göre, güneş paneli sistemlerinde MGNİ birimi kullanıldığında, verimin artacağı ve daha az panel kullanılarak maliyetin düşürülebileceği görülmektedir. Tasarlanan modeldeki kontrol bloğu farklı MGNİ teknikleri için geliştirilebilir.

## KAYNAKLAR

- Altın N., Yıldırımoglu T., 2011. Labview/Matlab Tabanlı Maksimum Güç Noktasını Takip Edebilen Fotovoltaik Sistem Simülatörü. Politeknik Dergisi, 14,271-280.
- Basoglu M.E., Cakir B., 2016, "Comparisons of MPPT performances of isolated and non-isolated DC-DC converters by using a new approach. Renewable & Sustainable Energy Reviews, 60, 1100-1113.
- Boukebbous S.E. et al.; 2019. High voltage gain quasi Z source DC – DC converter contribution to photovoltaic systems. 4<sup>th</sup> International Conference on Power Electronics and their Applications (ICPEA), Turkey.
- Cristaldi L., Faifer M., Rossi M., Toscani S., 2013, "A New Approach to Maximum Power Point Tracking for Photovoltaic Panels", International Conference on Clean Electrical Power, 461-465.

- Deveci O., Kanakoğlu C., 2014. Bir Fotovoltaik Sistemden Değişken Güneş Işınım Değerlerinde Maksimum Güç ve Sabit DA Gerilim Elde Edilebilmesine Yönelik DA/DA Dönüştürücü ve Kontrolcü Tasarımı”, TOK Bildiri Kitabı.
- Elgendy M.A., Zahawi B., 2009, “Dynamic Behaviour of DC Motor-Based Photovoltaic Pumping Systems under Searching MPPT Algorithms”, Int. Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives.
- Esrām T., Chapman P.L., 2007, “Comparison of Photovoltaic Array Maximum Power Point Tracking Techniques”, IEEE Trans. on Energy Convers., 22, 439-449.
- Giovanni S., Giovanni P., 2005, “Optimization of Perturb and Observe Maximum Power Point Tracking Method”, Balkan Journal of Electrical & Computer Engineering.
- Gupta P.P., Kishore G.I.; Tripathi R.K., 2019, “Implementing High Gain DC-DC Converter with Switched Capacitor for PV System”, Innovations in Power and Advanced Computing Technologies (i-PACT), India.
- Ibnelouad A.; et al.; 2017, “A Comprehensive Comparison of the Classic and Intelligent Behavior MPPT Techniques for PV Systems”, 14<sup>th</sup> International Multi-Conference on Systems, Signals & Devices (SSD), Morocco.
- Jiang Y., Qahouq J.A., Haskew T.A., 2013, “Adaptive Step Size with Adaptive-Perturbation-Frequency Digital MPPT Controller for a Single-Sensor Photovoltaic Solar System”, IEEE Trans. Power Electron., 28, 3195-3204.
- Kabala M., 2017, “Application of Distributed DC/DC Electronics in Photovoltaic Systems”, Master Thesis, Colorado State University, Fort Collins, Colorado,170.
- Kırcıoğlu O., Yıldız A.B., 2015, “Fotovoltaik Panelin Tek Diyotlu Eşdeğer Devresine Ait Büyük Sinyal Analizi”, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu.
- Koizumi H., Kurokawa K., 2005, “A Novel Maximum Power Point Tracking Method for PV Module Integrated Converter”, 36th IEEE Power Electronics Specialists Conference, (PESC'05), 2081-2086, USA.
- Kumar S.; Sahu H.S.; Nayak S.K.; 2019, “Estimation of MPP of a Double Diode Model PV Module From Explicit I-V Characteristic”, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol.66, Issue 9.pp.7032-4042
- Mathew T.M.; Rakhee R.; 2019, “Non-Isolated High Gain DC-DC Converter for PV Applications with Closed Loop Control”, 2<sup>nd</sup> Int. Conference on Intelligent Computing, Instrumentation and Control Technologies (ICICT), India.
- Nakir İ., 2007, “Fotovoltaik Güneş Panellerinde GTS ve MGTS Kullanarak Verimliliğin Arttırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul,75.
- Onat N., Ersöz S., 2009, “Fotovoltaik Sistemlerde Maksimum Güç Noktası İzleyici Algoritmalarının Karşılaştırılması”, V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Diyarbakır.
- Yadav I.; Maurya S.K.; 2020, “Modelling and Analyzing of DC-DC Converter for Solar Pump Applications”, Int. Conference on Power Electronics & IoT Applications in Renewable Energy and its Control, India.



## Evaluation of Logistics 4.0 Potentials Based On Transportation Safety and Security for a Logistics Company

Elifcan GÖÇMEN<sup>1\*</sup>

**ABSTRACT:** Transportation sector faces growing pressure to handle the global trends while meeting the customer demands. Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0) is one of these challenges and gained attraction by the researchers and practitioners of all sectors in recent years and expected to continue its challenging effect in the next decades. This revolution is named as Logistics 4.0 in the context of Industry 4.0 implications in logistics. This era prompts the logistics companies to transit to smarter facilities. In this paper, the problem is denoted as selection of the optimum logistics service provider (LSP) for a logistics firm regarding transportation safety, security, quality and cost criteria based on fourth industrial revolution. The LSP selection problem is to choose the appropriate LSP to meet the increasing demands and provide the good or service in the logistics chain. Analytic Hierarchy Process (AHP), which is one of the most widely used multi-criteria decision making methods (MCDM) is proposed to identify and rank the LSPs, and Fuzzy approach is also developed to obtain most important criteria and best LSPs. Safety and security criteria is obtained as two important criteria in the fuzzy approach with the percentage for selection of best LSP is % 83.7 while security is the most important criteria in the AHP with 0,568 score. Computational results are promising for the decision makers in terms of both solution simplicity and usefulness for logistics sector.

**Keywords:** Transportation safety and security, logistics 4.0, Ahp, fuzzy approach

### Bir Lojistik Şirketi İçin Taşımacılık Emniyeti ve Güvenliği Kapsamında Lojistik 4.0 Potansiyellerinin Değerlendirilmesi

**ÖZET:** Ulaştırma sektörü, müşteri taleplerini karşılarken küresel eğilimleri ele almak konusunda artan bir baskı ile karşı karşıyadır. Dördüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 4.0) bu zorluklardan biridir ve son yıllarda tüm sektörlerin araştırmacıları ve uygulayıcıları tarafından ilgi kazanmıştır ve önümüzdeki yıllarda da etkisini sürdürmesi beklenmektedir. Bu devrim, lojistikte Endüstri 4.0 sonuçları bağlamında Lojistik 4.0 olarak adlandırılmaktadır. Bu dönem lojistik şirketlerini daha akıllı tesislere geçmeye teşvik etmektedir. Bu makalede problem, bir lojistik firması için dördüncü sanayi devrimine dayanan nakliye emniyeti, güvenlik, kalite ve maliyet kriterleri ile ilgili optimum lojistik hizmet sağlayıcısının (LHS) seçimi olarak belirtilmiştir. LHS seçim problemi, lojistik zincirinde hizmet veya ürün sağlamak ve artan talepleri karşılamak için en uygun LHS'yi seçmektir. En yaygın kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinden (ÇKKV) biri olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), LHS'leri tanımlamak ve sıralamak için önerilmiştir ve en önemli kriterleri ve en iyi LHS'leri elde etmek için Bulanık yaklaşım da geliştirilmiştir. Emniyet, AHP'de 0,568 değerle en önemli kriter olurken güvenlik ve emniyet kriteri, bulanık yaklaşımda en iyi LHS seçmek için % 83.7 ile en önemli iki kriter olmaktadır. Hesaplama sonuçları, karar vericiler açısından lojistik sektörü için çözüm basitliği ve kullanılabilirliği açısından umut vericidir.

**Anahtar Kelimeler:** Taşıma emniyeti ve güvenliği, lojistik 4.0, Ahp, bulanık yaklaşım

<sup>1</sup> Elifcan GÖÇMEN (Orcid ID: 0000-0002-0316-281X), Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Tunceli

Corresponding author: Elifcan GÖÇMEN, elifcangocmen@munzur.edu.tr

Geliş tarihi / Received: 05-03-2020

Kabul tarihi / Accepted: 14-07-2020

## INTRODUCTION

Logistics companies have been searching new ways to deliver fast, cost efficiently. In addition to these requirements, global world prompts the firms to evaluate other parameters in this sector. Besides to classical attributes of transportation such as cost, time, etc., safety, security and quality requirements are regarded nowadays. Logistics 4.0 tools can be considered as a promising alternative for a safer and more quality transportation. Logistics 4.0 tools are useful to improve of logistics systems (Kauf, 2016).

Nowadays, transportation sector has been forced to adapt to “Industry 4.0” era. Challenges are mainly with vehicle communication, transport operations, and automated warehouses in this system. Smart transportation systems are conducted by Resource Planning, Warehouse Management Systems, Transportation Management Systems, Intelligent Transportation Systems and Information Security applications. A real-time tracking of transports, modern transportation handling system, safety and security processes are the main challenges for this area.

Logistics 4.0 has gained attention by technological transformation, legislation and global competition. Industry 4.0 is defined in the logistics sector as Logistics 4.0. The key words are Cyber-Physical Systems (CPS), Internet of Things (IoT), Big Data and Data Mining (DM) and Internet of Services (IoS) for the Logistics 4.0. CPS is used to define the combine the cyber and physical systems. IoT ensures the communication between user and the machines. DM provides the conduct the data due to volume and speed. IoS ensures business model, user and service systems by various providers. To keep up with these challenging issues, novel strategies are needed in all processes of the firms. Identifying and ranking the all strategies requires decision-making methods to evaluate them. Logistics 4.0 provides some solutions such as logistics planning, warehouse operations, intelligent transportation systems, and security flow (Barreto et al., 2017). This study presents a method based on AHP to identify and rank the LSPs to adapt the Industry 4.0. Basic keys of the Industry 4.0 are mainly cloud computing, big data, industrial networking, industrial robotics, three-dimensional prototyping, knowledge-based automation, industrial communication security, virtual reality and artificial intelligence (Simon et al., 2018). Optimum selection is complex since various criteria can conflict each other (Memari et al., 2019). To the best of our knowledge, this study is first to apply Logistics 4.0 sub criteria grouped under the transportation safety and security criteria using both AHP and fuzzy approach to select the best LSPs in the transportation sector. Main contributions are as follows: Developing a decision support system to deal with selection the LSPs for an effective logistics management system. A real world setting is conducted to evaluate the efficiency of the proposed methods. A sensitivity analysis is conducted to validate the proposed approach. Then, logistics 4.0 implications are grouped under four criteria including safety, security, cost and quality in the transportation sector. Third, the problem is solved by both AHP with certain judgments and a fuzzy approach with linguistic variables under uncertain judgments. Thus, comparison of both methods is conducted.

The rest of this paper is as follows. Previous works are proposed in Section 2. Section 3 presents the material and methods. Section 4 addresses the results and findings. Section 5 concludes the study and presents the future works.

## PREVIOUS WORKS

Many researchers study the decision-making problems with various criteria using MCDM methods. Few works have used MCDM methods in the transportation sector based on social, economical and human criteria. The papers and provided methods are addressed in Table 1. Luthra and Mangla (2018) identify challenges for supply chain sustainability based on Industry 4.0 in India. They use AHP to rank them and prioritize them. Results show that highest importance is assigned to technological

challenges. Gürcan et al. (2016) examines the selection of the logistics service provider for a company. They use AHP to evaluate the firms based on compatibility, long term relationship, financial performance, reputation criteria. Prakash and Barua (2015) integrate Fuzzy AHP and TOPSIS to implement strategies for the reverse logistics in electronics industry. Fuzzy AHP is used to obtain weights of the implementation barriers and fuzzy TOPSIS is used to prioritize the method solutions. Hasan et al. (2020) use fuzzy TOPSIS and Multi-Choice Goal Programming (MCGP) model for a supplier selection problem. A goal programming approach is proposed to determine the order allocations. A sensitivity analysis is conducted to assess the changes for the Supplier's Cost versus Resilience Index (SCRI). Erdoğan et al. (2018) use MCDM to implement Industry 4.0 applications. They apply AHP-VIKOR methods to obtain the optimal strategy. Jain et al. (2018) propose a supplier selection problem using AHP and TOPSIS. They weight the criteria by AHP, and rank the suppliers by AHP and TOPSIS. Li et al. (2018) present an approach related with third-party reverse logistics provider selection. They use hybrid MCDM and cumulative prospect theory (CPT). Obtained results present that incorporating psychological issues avoid the risks. Tadić et al. (2014) proposes a hybrid fuzzy MCDM to solve the city logistics concept selection. They develop a combined method including DEMATEL, ANP and VIKOR methods. Stević et al. (2020) proposes a new MCDM model to select sustainable supplier in the healthcare sector. They apply a Measurement of Alternatives and Ranking according to Compromise Solution (MARCOS) method. The solutions indicate that MARCOS has ensured an identical ranking. Pamucar et al. (2019) handle a problem related with 3PL provider's selection. They present an integrated method based on the Best Worst Method (BWM) and Weighted Aggregated Sum Product Assessment (WASPAS) method with Multi-Attributive Border Approximation area Comparison (MABAC).

**Table 1.** Classification table for the preliminary works

Study	Problem Definition	Method
Tadić et al. (2014)	City logistics concept selection	DEMATEL, ANP, VIKOR
Prakash and Barua (2015)	Implement strategies of reverse logistics	Fuzzy AHP, TOPSIS
Gürcan et al. (2016)	Selection of the LSP	AHP
Erdoğan et al. (2018)	Industry 4.0 applications	AHP-VIKOR
Jain et al. (2018)	Supplier selection problem	AHP-TOPSIS
Li et al. (2018)	Reverse logistics provider selection	Hybrid MCM, CPT
Luthra and Mangla (2018)	Supply chain sustainability	AHP
Pamucar et al. (2019)	3PL provider's selection	BWM, WASPAS, MABAC
Stević et al. (2020)	Selection of sustainable supplier	MARCOS
Hasan et al. (2020)	Supplier selection problem	Fuzzy TOPSIS, MCGP

To the best of our knowledge, Logistics 4.0 implications haven't been grouped under some criteria in the transportation sector. Four criteria including safety, security, cost and quality are considered in this paper. Few works have dealt with the social, economical and human criteria in the preliminary works mentioned above. The previous works also use various methods to compare the results for the selection of the logistics provider. In this paper, the LSP selection problem is solved by both AHP with certain judgments and a fuzzy approach with linguistic variables under uncertain judgments.

## MATERIALS AND METHODS

### Problem Definition

The LSP selection problem is defined as selection of the optimum logistics service provider (LSP) for a logistics firm regarding transportation safety, security, quality and cost criteria based on fourth industrial revolution in this paper. This problem is focused on to choose the appropriate LSP to meet the increasing demands and provide the good or service in the logistics chain. LSP ensures to manage the

good flows or service between the supply and demand nodes. Cost-effectiveness and time are important metrics for these management processes. Most previous works consider cost mainly instead of various criteria in practice. We divided these metrics into four groups:

Safety: transportation of containers in a safety manner.

Security: transportation of containers in a security manner.

Quality: main objectives, quality measures, optimum service levels.

Cost: expected cost or loss.

This material and method section will address each criterion and the sub criteria. Thus, selection of LPS based on criteria weighting is conducted. The MCDM problem addresses container distribution by trucks to customer points. The transportation network involves logistics firm, LSP, customers. Each LSP has a firm defined image. This is also depending on the evaluation by the decision makers. AHP and Fuzzy approach are used in the study to evaluate these LSPs.

The decision levels of AHP of the Logistics 4.0 are demonstrated in Table 2.

**Table 2.** The decision levels of AHP for Logistics 4.0

**LEVEL 1: Decision Problem: Optimum Selection Of Logistic Service Provider** Considering Both Logistics 4.0 And Transportation safety and security

LEVEL 2: Criteria: Safety, Security, Quality, Cost

LEVEL 3: Sub Criteria:

Safety	Security	Quality	Cost
POD	STLS	IOD	TC*
EDI	GF	TMS	SC*
PA	ASRS	WMS	IC*
ASGH	VLS	MFS	LC*
PLS	ASS	PPV	UC*

LEVEL 4: Decision Alternatives: 21 LSPs

In Table 1, main aim addresses the selection of the best LSPs. Then, the main criteria discussed in this paper are safety, security, quality and cost. Cost criteria includes Transportation cost (TC), Staff cost (SC), Insurance cost (IC), Loading cost (LC), Unpredictable cost (UC)\*. Those cost types are important to select a LSP. Sub criteria for the Safety, Security, and Quality are obtained from the work by Göçmen and Erol (2018). Table 3 presents the sub criteria and their definitions evaluated in the study.

**Table 3.** Sub criteria discussed in the study and their definitions

**POD (Proof of Delivery)**

The user who receives the delivery sends a signature by PDA. Thus, a safe delivery is conducted.

**EDI (Electronic Data Interchange)**

Data interchanges by Transportation Management System (TMS) and data transfer by Transportation Management System (TMS) are provided with EDI. A safe data interchange and transfer is conducted.

**IOD (Information of Delivery)**

Real-time signals are ensured by navigation devices in the trailers in the loading and unloading processes.

**TMS (In Trailer Monitoring System)**

Video and photograph records are conducted automatically with some actions is ensured on real time in the vehicle.

**STLS (Sensor Trailer Locking System)**

Vehicle door is controlled whether it is locked or unlocked and coordinate signals are sent.

**Table 3.** Sub criteria discussed in the study and their definitions

GF (Geo-Fencing)	This part controls the routes defined of vehicles. Notifications are given if the vehicle arrivals are not completed.
(WMS) Warehouse Management System	The system ensures to define customer requirements and to form new solution and improvement.
(MFS) Material Flow Control Systems	MFS manages controls and optimizes material flow and information by automated warehouse solution systems.
(PA) Portal Applications	The system ensures a transparent system that both the customers and the staffs obtain the similar information.
(ASRS) Automated Storage and Retrieval Systems	ASRS can stock up loading goods to their locations and unload them from shelves.
(ASGH) Automation Systems for Garments on Hanger	AS ensures that garments on hanger are transported, stored, sorted based on orders and they are carried without human touch.
Vertical Lift Systems (VLS)	VLS deal with trays available in automated lift systems. Picking of goods and distribution of them to the operators are carried out.
Pick to Light Systems (PLS)	The system needs ordering of picks and demonstrates the staff labels and product amounts.
Automated Sorter Systems (ASS)	To sort the products is difficult step. Automated solution methods are important for labour-intensive works.
Product Pick by Voice (PPV)	Obtaining requests and sending feedback are provided by PPV. The system ensures the user to use their hands and eyes freely. Order picking works need these systems.
POD (Proof of Delivery)	

## Method

The LSP selection problem is defined in the problem definition section. Data related with the problem is obtained by the logistics firm and used to get final importance weights of the criteria determined using AHP and fuzzy logic. Some papers also conduct decision making problems using Fuzzy logic and AHP to compare both methods and the results are efficient and effective (Abdulhasan et al., 2019). AHP and fuzzy logic are compared to evaluate an index and the results reveal that AHP is better than Fuzzy logic (Kadam et al., 2019). A flowchart of the proposed method is depicted in Figure 1.

Table 4 demonstrates the score assignments developed by Saaty (1980) of LSPs based on the safety parameter. AHP is founded to delimit the problems with some axioms (Saaty, 1980). AHP conducts comparing alternatives by defined criteria based on the decision makers' opinions and ranks the alternatives for a comprehensive decision making process. 21 LSPs are evaluated by the decision makers considering historical data. Safety criteria considered in this weighting includes 5 sub criteria mentioned above. These evaluations are based on the decision maker's judgments which are numerical values based on the historical data of the company and thinking of the three experts (computer engineer, industrial engineer and project leader) of R&D department while the evaluations are based on linguistic variables in fuzzy approach. Weighting of LSP based on Safety criteria is demonstrated in APPENDIX.



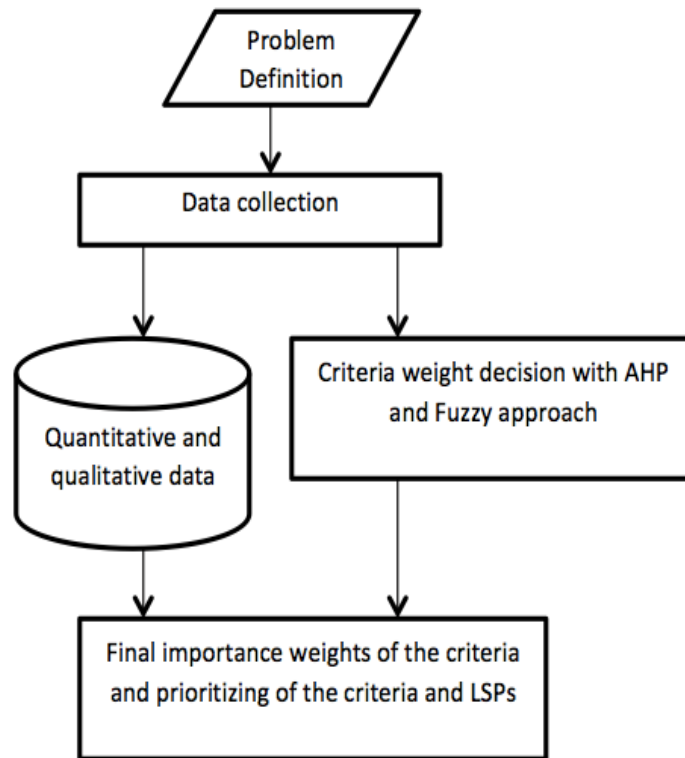
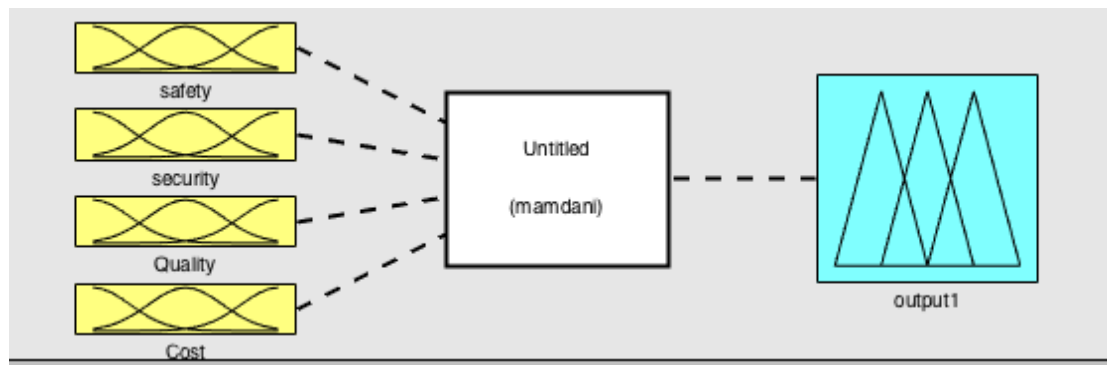


Figure 1. Flowchart of the proposed method

Table 4. Scoring of LSPs based on safety parameter

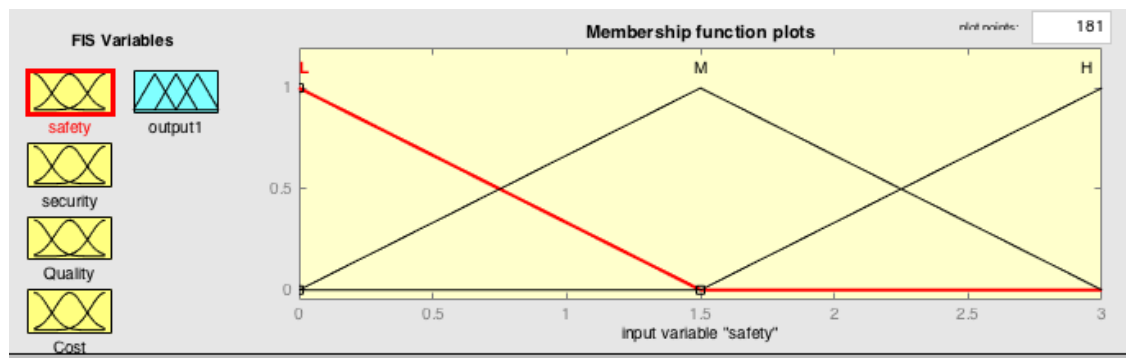
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	1	3	5	1/7	9	1/7	1/3	3	1/5	7	3	1/5	7	1/3	5	5	3	1/7	9	5	1/3
2	1/3	1	3	5	7	1/5	1/7	1/5	1/9	7	1/3	5	3	1/5	1/5	9	7	1/3	5	5	7
3	1/5	1/3	1	3	9	1/7	1/3	3	1/5	7	3	1/5	7	1/3	5	5	3	1/7	9	5	1/3
4	7	1/5	1/3	1	5	1/7	9	1/7	1/3	3	1/5	7	3	1/5	7	1/3	5	5	3	1/7	9
5	1/9	1/7	1/9	1/5	1	1/7	9	1/7	1/3	3	1/5	7	3	1/5	7	1/3	5	5	3	1/7	9
6	7	5	7	7	7	1	1/3	3	1/5	7	3	1/5	7	1/3	5	5	3	1/7	9	5	1/3
7	3	7	3	1/9	1/9	3	1	3	9	1/7	1/3	3	1/5	7	3	1/5	7	1/3	5	5	3
8	1/3	5	1/3	7	7	1/3	1/3	1	3	5	7	1/5	1/7	1/5	1/9	7	1/3	5	3	1/5	1/5
9	5	9	5	3	3	5	1/9	1/3	1	9	1/7	1/3	3	1/5	7	3	1/5	7	1/3	5	5
10	1/7	1/7	1/7	1/3	1/3	1/7	7	1/5	1/9	1	3	9	1/7	1/3	3	1/5	7	3	1/5	7	1/3
11	1/3	3	1/3	5	5	1/3	3	1/7	7	1/3	1	1/3	3	1/5	7	3	1/5	7	1/3	5	5
12	5	1/5	5	1/7	1/7	5	1/3	5	3	1/9	3	1	7	1/5	1/7	1/5	1/9	7	1/3	5	3
13	1/7	1/3	1/7	1/3	1/3	1/7	5	7	1/3	7	1/3	1/7	1	3	5	7	1/5	1/7	1/5	1/9	7
14	3	5	3	5	5	3	1/7	5	5	3	5	5	1/3	1	7	3	1/5	7	1/3	5	5
15	1/5	5	1/5	1/7	1/7	1/5	1/3	9	1/7	1/3	1/7	7	1/5	1/7	1	5	5	3	1/7	9	5
16	1/5	1/9	1/5	3	3	1/5	5	1/7	1/3	5	1/3	5	1/7	1/3	1/5	1	3	1/5	7	1/3	5
17	1/3	1/7	1/3	1/5	1/5	1/3	1/7	3	5	1/7	5	9	5	5	1/5	1/3	1	5	3	1/5	1/5
18	7	3	7	1/5	1/5	7	3	1/5	1/7	1/3	1/7	1/7	7	1/7	1/3	5	1/5	1	3	1/7	9
19	1/9	1/5	1/9	1/3	1/3	1/9	1/5	1/3	3	5	3	3	5	3	7	1/7	1/3	1/3	1	5	1/3
20	1/5	1/5	1/5	7	7	1/5	1/5	5	1/5	1/7	1/5	1/5	9	1/5	1/9	3	5	7	1/5	1	9
21	3	1/7	3	1/9	1/9	3	1/3	5	1/5	3	1/5	1/3	1/7	1/5	1/5	1/5	5	1/9	3	1/9	1

The inputs in the Fuzzy approach include linguistic values and they are fuzzified using triangular membership functions. Fuzzy if-then rules are developed. A fuzzy approach is applied and coded using the Fuzzy Logic Designer Tool in Matlab. Safety, quality, cost, security is inputs, and the selection the best LSP is the output. Developed fuzzy design is depicted in Figure 2. In this design, min- max methods, min implication, max aggregation, centroid defuzzification are used. Ranges are decided as (0-3) for each input variable.



**Figure 2.** Fuzzy design of the paper

The triangular membership function consisting low, medium, high for inputs is depicted in Figure 3 and. Fuzzy numbers are low (0, 0, 1.5), Medium (0, 1.5, 3) High (1.5, 3, 3). This figure presents the importance levels of inputs evaluated with fuzzy number. The evaluation of safety is low, the input is assigned with numerical value between 0-1.5.



**Figure 3.** Demonstration of membership function plot for inputs

The triangular membership function is used and includes low, medium, high. Fuzzy numbers are low (0, 0, 50), Medium (25, 50, 75) High (50, 100, 100). This figure defines the output is evaluated with fuzzy numbers.

Decision rule combinations are formed for the discussed problem. The most critical criteria is safety, thus, the rules are developed by high values. Developed rules are as follows:

- If safety is low, security is low, quality is low, cost is low, and then output is low.
- If safety is high, security is high, quality is high, cost is high, and then output is high.
- If safety is low, security is low, quality is medium, cost is medium then output is medium.
- If safety is low, security is low, quality is high, cost is high, and then output is medium.
- If safety is low, security is low, quality is medium, cost is medium, and then output is medium.
- If safety is high, security is high, quality is medium, cost is medium, and then output is high.

## RESULTS AND DISCUSSION

Key terms of Industry 4.0 for logistics sector have been popular in this area. Comprehensive analysis consisting of processes, technology factors is gap in the literature. An approach is required to identify of the process, technical needs including stakeholders for the logistics 4.0 (Barreto et al., 2017). In this section, findings of both methods in which identifying of the processes, technical needs including LSPs is conducted are evaluated. Fuzzy approach is used to decide the most important criteria to select the LSP. Thus, safety and security main criteria are obtained as important parameters. Decision rules are formed by different inputs and success of output are analysed. When safety, security and quality values are increased, best selection of LSP also increases. Some examples are shown in Figure 4-5.

All inputs are depicted for medium values (1.5) in Figure 4 and the output is 50 percentage successes. Medium judgments for each criterion cannot ensure maximum success. This means that some criteria are more important than the others.

Safety and security values are assigned as 3 number and quality and cost are minimum. The percentage for selection of best LSP is % 83.7. Figure 5 depicts the importance of these two important criteria.

Figure 6 depicts the importance of the two criteria: Cost and quality. The selection percentage of best LSP is %16.3. This means that cost and quality criteria are not important as safety and security criteria.

Figure 7 represents the success of the selection of the best LSP in the context of incorporating of safety and security criteria.

Results are obtained by Fuzzy approach and then, comparing the criteria prioritization, AHP is conducted. Each criterion is scored by the decision makers. Then, the weights of each criterion are obtained. Table 5 demonstrates the criteria weights and thus, the most important criteria are security for this transport network. Quality, Safety and Cost are obtained based on their weights, respectively.

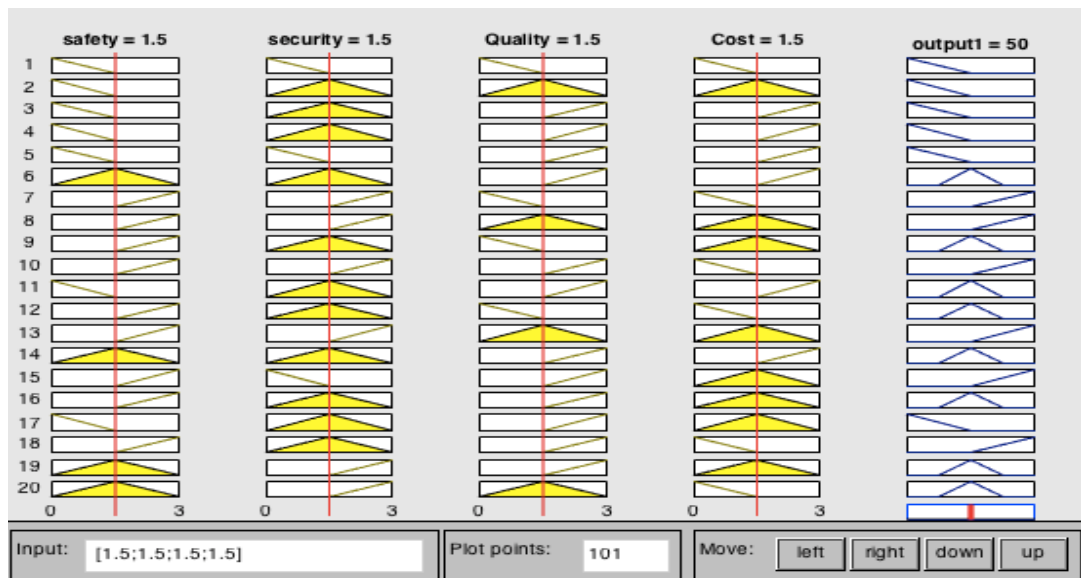


Figure 4. Inputs and outputs based on decision rules

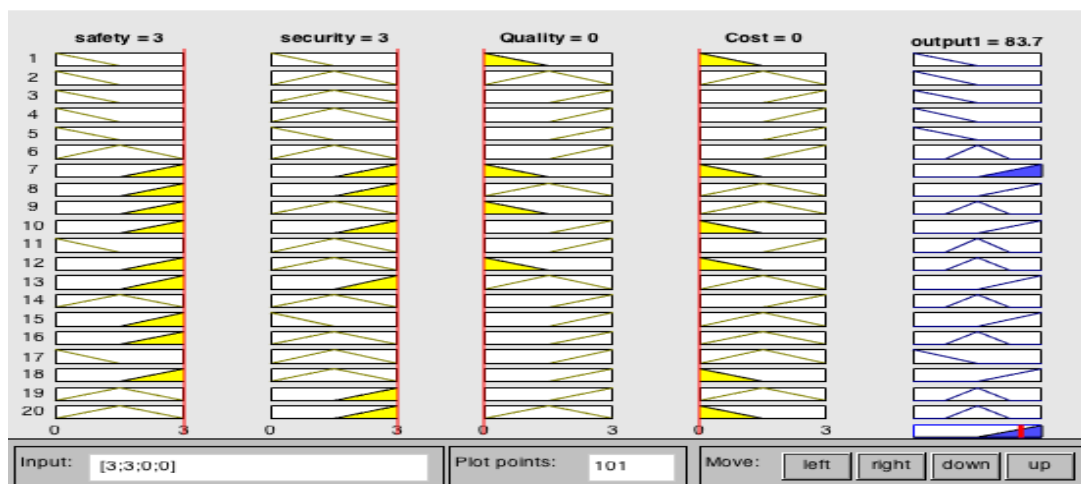


Figure 5. Inputs and outputs based on decision rules (For safety and security)

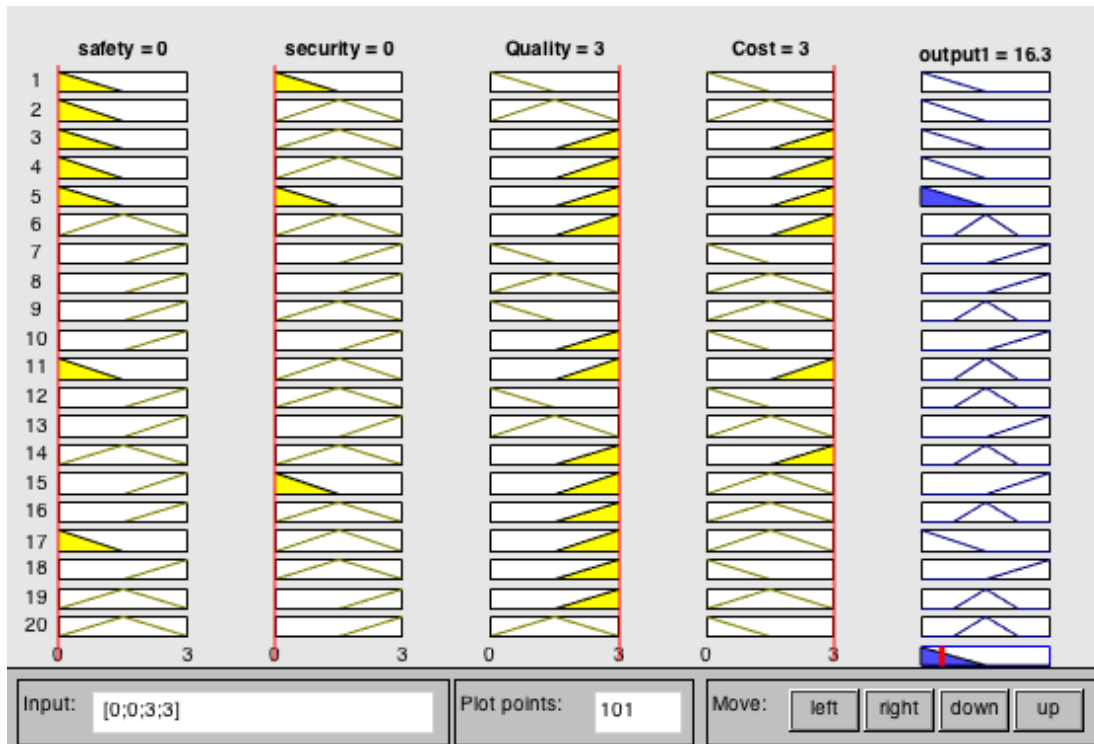


Figure 6. Inputs and outputs based on decision rules (For quality and cost)

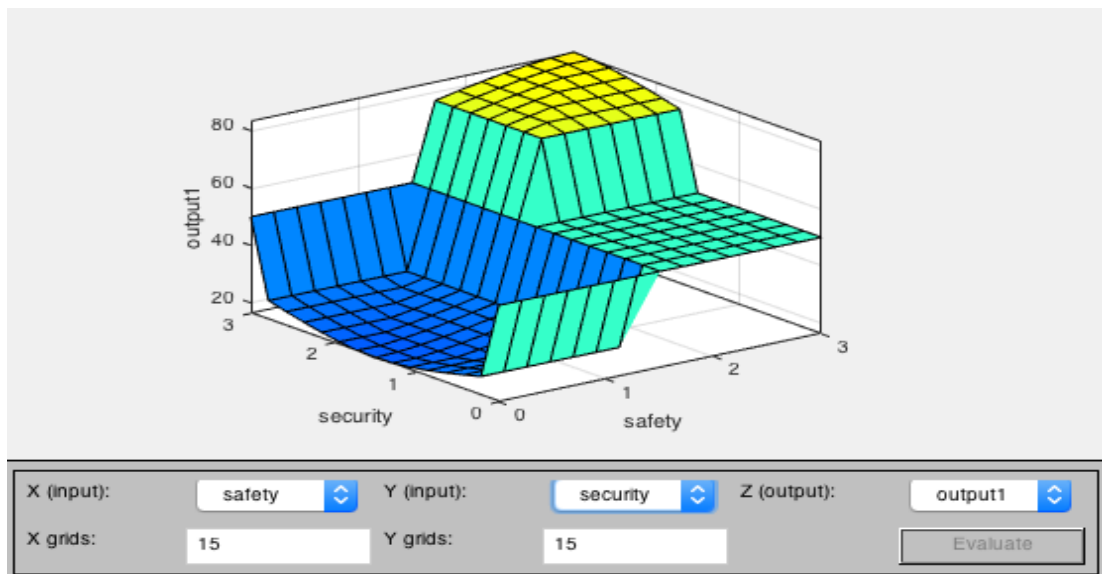


Figure 7. Output representation based on decision rules

Table 5. Weighting of criteria

	Sf	Sc	Q	C	Weight_criteria
Sf	0,075	1	0,093	1/7	0,032
Sc	0,525	7	0,648	1	0,788
Q	0,375	5	0,130	1/5	0,158
C	0,025	1/3	0,130	1/5	0,023
					0,188
					0,313
					0,438
					0,063
					3
					5
					7
					1
					0,097
					0,568
					0,275
					0,060

Then, the LSPs are evaluated regarding their values of four criteria and ranking of each LSP is obtained in this section shown in Table 6. 6. LSP is assigned as the optimum provider and 21.LSP is assigned as the last provider to select.

**Table 6.** Results of LSP

	Safety	Security	Quality	Cost	Total	Ranking
1. LSP	0,005	0,030	0,016	0,004	0,055	0,071
2. LSP	0,005	0,029	0,013	0,003	0,049	0,069
3. LSP	0,005	0,027	0,013	0,003	0,048	0,069
4. LSP	0,005	0,030	0,015	0,003	0,053	0,062
5. LSP	0,004	0,023	0,012	0,002	0,041	0,055
6. LSP	0,007	0,040	0,019	0,004	0,071	0,053
7. LSP	0,007	0,038	0,020	0,004	0,069	0,049
8. LSP	0,005	0,027	0,013	0,003	0,047	0,049
9. LSP	0,006	0,035	0,017	0,004	0,062	0,049
10. LSP	0,003	0,020	0,010	0,002	0,036	0,048
11. LSP	0,005	0,027	0,013	0,003	0,047	0,047
12. LSP	0,005	0,027	0,013	0,003	0,049	0,047
13. LSP	0,004	0,022	0,011	0,002	0,039	0,045
14. LSP	0,007	0,039	0,019	0,004	0,069	0,041
15. LSP	0,004	0,023	0,011	0,002	0,041	0,041
16. LSP	0,003	0,018	0,008	0,002	0,031	0,039
17. LSP	0,004	0,026	0,012	0,003	0,045	0,038
18. LSP	0,005	0,029	0,013	0,003	0,049	0,036
19. LSP	0,003	0,020	0,009	0,002	0,034	0,034
20. LSP	0,004	0,021	0,010	0,002	0,038	0,031
21. LSP	0,009	0,015	0,007	0,002	0,027	0,027

### Comparison of the obtained results

A comparative analysis of AHP and fuzzy logic is conducted considering the criteria prioritization to select the best LSPs. Both methods provide the different rankings. AHP produces this ranking order: Security, quality, safety and cost. Fuzzy logic approach presents the rankings the most important criteria as safety and security, and quality and cost are not important comparing the safety and security. For final selection, ranking the LSPs is necessary. LSPs are evaluated regarding their values of four criteria and 6. LSP is assigned as the optimum provider and 21.LSP is assigned as the last provider to select. In addition, sensitivity analysis is conducted to demonstrate the effectiveness of the criteria weights. The analysis is conducted by changing the only security weights and keeping constant the other criteria weights. The optimum provider and last provider are obtained again as 6. LSP and 21. LSP, respectively while some changes are obtained in the other rankings. Also, the analysis is conducted by changing the only safety weights and keeping constant the other criteria weights. The optimum provider and last provider are obtained again as 14. LSP with 0,07 value and 21. LSP with 0,02 value, respectively. Finally, two criteria are used to perform the sensitivity analysis and results produce that safety is most effective criteria on the computational results.

### CONCLUSION

Nowadays, integration of business processes and real-world practices is a requirement. Incorporating of Logistics 4.0 implications into transportation process is an important stage. Selection of LSPs affects the all processes since it is related with company's main objective. This paper provides two methods to evaluate and select the LSP. In this paper, a process of transportation planning considering various criteria in relation to the challenges of Logistics 4.0 is addressed. This approach is useful tool for decision-making systems taking into account global competition and trends. In this context, AHP is conducted to evaluate the selection the LSPs which are one of the critical steps of the transportation network. The results of Fuzzy approach indicate that safety and security are best criteria while the results of AHP give the security and quality as two best criteria. The differences are related



with the explanations of scoring by the experts. Ahp uses numerical values to evaluate the criteria and Fuzzy proposes linguistic regarding practical view, proposed methods can be used in the real-case applications. The main contribution is combination of safety, security parameters and industry 4.0 values that allows selecting the best provider ensuring all criteria. This paper addresses four main criteria for LSP selection under twenty sub criteria. Fuzzy approach is used to evaluate the criteria with linguistics variables. Also, a real case study is provided to demonstrate the impact of solution. To summarize, main findings of the study is to determinate the importance weights of criteria to analyze the LSPs using AHP which forms complex LSP problem into a hierarchical structure and fuzzy logic which ensures the subjectiveness for decision making. The future works can be conducted with different state of the art MCDM approaches to validate the results. In addition, human and ecological risks can be included to the criteria list. Also, proposed methods can be further used to handle other decision making problems such as outsourcing options, logistics chain process, inventory-routing problems. This paper includes the experts' decisions on past performances of LSPs as the limitation of paper. The other limitation is the analysis of the data used in the paper conducted by a small group of experts.

## REFERENCES

- Abdulhasan MJ, Hanafiah MM, Satchet MS, Abdulaali HS, Toriman ME, Al-Raad AA, 2019. Combining gis, fuzzy logic, and ahp models for solid waste disposal site selection in Nasiriyah, Iraq. *Applied Ecology and Environmental Research* 17(3): 6701-6722.
- Barreto L, Amaral A, Pereira T, 2017. Industry 4.0 implications in logistics: an overview. *Procedia Manufacturing* 13: 1245-1252.
- Erdogan M, Ozkan B, Karasan A, Kaya I, 2018. Selecting the best strategy for industry 4.0 applications with a case study. In *Industrial Engineering in the Industry 4.0 Era* (pp. 109-119). Springer, Cham.
- Göçmen E, Erol R, 2018. The transition to industry 4.0 in one of the Turkish logistics company. *International Journal of 3d Printing Technologies and Digital Industry* 2(1): 76-85.
- Gürçan ÖF, Yazıcı İ, Beyca ÖF, Arslan ÇY, Eldemir, F, 2016. Third party logistics (3PL) provider selection with AHP application. *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 235: 226-234.
- Hasan MM, Jiang D, Ullah AS, Noor-E-Alam M, 2020. Resilient supplier selection in logistics 4.0 with heterogeneous information. *Expert Systems with Applications* 139: 112799.
- Jain V, Sangaiyah AK, Sakhuja S, Thoduka N, Aggarwal R, 2018. Supplier selection using fuzzy AHP and TOPSIS: a case study in the Indian automotive industry. *Neural Computing and Applications* 29(7): 555-564.
- Kadam A, Karnewar AS, Umrikar B, Sankhua RN, 2019. Hydrological response-based watershed prioritization in semiarid, basaltic region of western India using frequency ratio, fuzzy logic and AHP method. *Environment, Development and Sustainability* 21(4): 1809-1833.
- Kauf S, 2016. City logistics-a strategic element of sustainable urban development. *Transportation Research Procedia* 16: 158-164.
- Li YL, Ying CS, Chin KS, Yang HT, Xu J, 2018. Third-party reverse logistics provider selection approach based on hybrid-information MCDM and cumulative prospect theory. *Journal of Cleaner Production* 195: 573-584.
- Luthra S, Mangla SK, 2018. Evaluating challenges to Industry 4.0 initiatives for supply chain sustainability in emerging economies. *Process Safety and Environmental Protection* 117:168-179.
- Memari A, Dargi A, Jokar MRA, Ahmad R, Rahim ARA, 2019. Sustainable supplier selection: A multi-criteria intuitionistic fuzzy TOPSIS method. *Journal of Manufacturing Systems* 50: 9-24.
- Pamucar D, Chatterjee K, Zavadskas EK, 2019. Assessment of third-party logistics provider using multi-criteria decision-making approach based on interval rough numbers. *Computers & Industrial Engineering* 127: 383-407.

Prakash C, Barua MK, 2015. Integration of AHP-TOPSIS method for prioritizing the solutions of reverse logistics adoption to overcome its barriers under fuzzy environment. *Journal of Manufacturing Systems* 37: 599-615.

Simon J, Trojanova M, Zbihlejš J, Sarosi J, 2018. Mass customization model in food industry using industry 4.0 standard with fuzzy-based multi-criteria decision making methodology. *Advances in Mechanical Engineering* 10(3): 1687814018766776.

Stević Ž, Pamučar D, Puška A, Chatterjee P. 2020. Sustainable supplier selection in healthcare industries using a new MCDM method: Measurement of alternatives and ranking according to COMpromise solution (MARCOS). *Computers & Industrial Engineering* 140: 106231.

Tadić S, Zečević S, Krstić M, 2014. A novel hybrid MCDM model based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy VIKOR for city logistics concept selection. *Expert Systems with Applications* 41(18): 8112-8128.

Wind Y, Saaty TL, 1980. Marketing applications of the analytic hierarchy process. *Management science* 26(7): 641-658.

#### APPENDIX. Weighting of LSP based on Safety criteria

																						Weight	
1. LSP	0,023	0,062	0,113	0,003	0,129	0,005	0,007	0,056	0,005	0,095	0,078	0,003	0,098	0,015	0,071	0,079	0,049	0,002	0,138	0,073	0,004	0,053	0,005
2. LSP	0,008	0,021	0,068	0,104	0,100	0,007	0,003	0,004	0,003	0,095	0,009	0,079	0,042	0,009	0,003	0,143	0,115	0,005	0,077	0,073	0,083	0,050	0,005
3. LSP	0,005	0,007	0,023	0,062	0,129	0,005	0,007	0,056	0,005	0,095	0,078	0,003	0,098	0,015	0,071	0,079	0,049	0,002	0,138	0,073	0,004	0,048	0,005
4. LSP	0,160	0,004	0,008	0,021	0,072	0,005	0,199	0,003	0,009	0,041	0,005	0,111	0,042	0,009	0,099	0,005	0,082	0,078	0,046	0,002	0,107	0,053	0,005
5. LSP	0,003	0,003	0,003	0,004	0,014	0,005	0,199	0,003	0,009	0,041	0,005	0,111	0,042	0,009	0,099	0,005	0,082	0,078	0,046	0,002	0,107	0,041	0,004
6. LSP	0,160	0,104	0,158	0,145	0,100	0,034	0,007	0,056	0,005	0,095	0,078	0,003	0,098	0,015	0,071	0,079	0,049	0,002	0,138	0,073	0,004	0,070	0,007
7. LSP	0,069	0,145	0,068	0,002	0,002	0,101	0,022	0,056	0,232	0,002	0,009	0,047	0,003	0,308	0,043	0,003	0,115	0,005	0,077	0,073	0,036	0,067	0,007
8. LSP	0,008	0,104	0,008	0,145	0,100	0,011	0,007	0,019	0,077	0,068	0,182	0,003	0,002	0,009	0,002	0,111	0,005	0,078	0,046	0,003	0,002	0,047	0,005
9. LSP	0,115	0,187	0,113	0,062	0,043	0,168	0,002	0,006	0,026	0,122	0,004	0,005	0,042	0,009	0,099	0,048	0,003	0,110	0,005	0,073	0,059	0,062	0,006
10. LSP	0,003	0,003	0,003	0,007	0,005	0,005	0,155	0,004	0,003	0,014	0,078	0,142	0,002	0,015	0,043	0,003	0,115	0,047	0,003	0,102	0,004	0,036	0,003
11. LSP	0,008	0,062	0,008	0,104	0,072	0,011	0,066	0,003	0,180	0,005	0,026	0,005	0,042	0,009	0,099	0,048	0,003	0,110	0,005	0,073	0,059	0,047	0,005
12. LSP	0,115	0,004	0,113	0,003	0,002	0,168	0,007	0,093	0,077	0,002	0,078	0,016	0,098	0,009	0,002	0,003	0,002	0,110	0,005	0,073	0,036	0,048	0,005
13. LSP	0,003	0,007	0,003	0,007	0,005	0,005	0,110	0,130	0,009	0,095	0,009	0,002	0,014	0,132	0,071	0,111	0,003	0,002	0,003	0,002	0,083	0,038	0,004
14. LSP	0,069	0,104	0,068	0,104	0,072	0,101	0,003	0,093	0,129	0,041	0,130	0,079	0,005	0,044	0,099	0,048	0,003	0,110	0,005	0,073	0,059	0,068	0,007
15. LSP	0,005	0,104	0,005	0,003	0,002	0,007	0,007	0,167	0,004	0,005	0,004	0,111	0,003	0,006	0,014	0,079	0,082	0,047	0,002	0,132	0,059	0,040	0,004
16. LSP	0,005	0,002	0,005	0,062	0,043	0,007	0,110	0,003	0,009	0,068	0,009	0,079	0,002	0,015	0,003	0,016	0,049	0,003	0,108	0,005	0,059	0,031	0,003
17. LSP	0,008	0,003	0,008	0,004	0,003	0,011	0,003	0,056	0,129	0,002	0,130	0,142	0,070	0,220	0,003	0,005	0,016	0,078	0,046	0,003	0,002	0,045	0,004
18. LSP	0,160	0,062	0,158	0,004	0,003	0,235	0,066	0,004	0,004	0,005	0,004	0,002	0,098	0,006	0,005	0,079	0,003	0,016	0,046	0,002	0,107	0,051	0,005
19. LSP	0,003	0,004	0,003	0,007	0,005	0,004	0,004	0,006	0,077	0,068	0,078	0,047	0,070	0,132	0,099	0,002	0,005	0,005	0,015	0,073	0,004	0,034	0,003
20. LSP	0,005	0,004	0,005	0,145	0,100	0,007	0,004	0,093	0,005	0,002	0,005	0,003	0,126	0,009	0,002	0,048	0,082	0,110	0,003	0,015	0,107	0,042	0,004
21. LSP	0,069	0,003	0,068	0,002	0,002	0,101	0,007	0,093	0,005	0,041	0,005	0,005	0,002	0,009	0,003	0,003	0,082	0,002	0,046	0,002	0,012	0,027	0,009

**Stokastik Parametre Değerlerine Sahip Hiyerarşik Çinli Postacı Problemi ve Bir Uygulama**Özlem ÇOMAKLI SÖKMEN<sup>1\*</sup>, Mustafa YILMAZ<sup>2</sup>

**ÖZET:** Ülkelerin ekonomik ve sosyal gelişimini büyük oranda etkileyen ulaşım sektörüne ve dolayısıyla rotalama problemlerine verilen önem gün geçtikçe artmaktadır. Günümüzde gerek kamu kuruluşları, gerekse özel sektörlerde rotalama faaliyetlerinde maliyet azaltıcı politikaların izlenmesi gerekmektedir. Bu bağlamda bir ürün veya kişinin gideceği yere en kısa sürede ve en az maliyetle ulaştırılması önem arz etmektedir. Rotalama problemleri ayrıt rotalama ve düğüm rotalama olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bu çalışmada ayrıt rotalama problemlerinden biri olup öncelik ilişkilerine göre sınıflandırılmış ayrıtlardan en az bir kez geçilerek en kısa tur veya turların bulunmasını hedefleyen hiyerarşik Çinli postacı problemi (HÇPP) ele alınmıştır. Gerçek hayat problemlerinin birçoğunda belirsizlik nedeniyle parametreler rasgele değişken olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir şebekede düğümler arasındaki ulaşım süresi; hava şartları, trafik yoğunluğu gibi çeşitli sebeplerden ötürü değişkenlik gösterdiği için bu çalışmada HÇPP, şans kısıtlı stokastik programlama yaklaşımı ile çözülmüştür. Çalışmada rasgele değişken olan amaç fonksiyonu katsayılarının normal dağılıma sahip olması durumunda ortaya çıkan şans kısıtlı stokastik programlama modeli kullanılarak deterministik model oluşturulmuştur. Geliştirilen stokastik parametre değerlerine sahip matematiksel model GAMS 24.2.3 paket programında CPLEX çözücü kullanılarak çözülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Ayrıt rotalama problemi, hiyerarşik Çinli postacı problemi, şans kısıtlı stokastik programlama.

**Hierarchical Chinese Postman Problem with Stochastic Parameter Values and an Application**

**ABSTRACT:** The importance is given to the transportation sector, which greatly affects the economic and social development of countries, and therefore the importance given to the routing problems is increasing day by day. Today, cost-cutting policies should be followed in routing activities in both public institutions and private sectors. In this context, it is important to deliver a product or person to its destination in the shortest time and with the least cost. Routing problems are divided into two as edge routing and node routing. In this study, The hierarchical Chinese postman problem (HCPP), which is one of the route routing problems and aims to find the shortest tour or tours by passing at least once on arcs which classified according to priority relations, is discussed. Parameters appear as random variables due to uncertainty in many real-life problems. Travel time between nodes in a network; which varies depending on various reasons such as weather conditions, traffic density, etc so HCPP was solved by the chance-constrained stochastic programming approach in this study. In the study, deterministic model was created by using the chance constrained stochastic programming model emerging, when the objective function coefficients, which are random variables, have normal distribution. The developed mathematical model with stochastic parameter values was solved in GAMS 24.2.3 package program using CPLEX solver.

**Keywords:** Arc routing problem, hierarchical Chinese postman problem, chance- constrained stochastic programming,

<sup>1</sup> Özlem ÇOMAKLI SÖKMEN (Orcid ID: 0000-0001-8765-0038), Erzurum Teknik Üniversitesi, Sürekli Eğitim Uygulama ve Araştırma Merkezi, Erzurum, Türkiye

<sup>2</sup> Mustafa Yılmaz (Orcid ID: 0000-0002-2135-5762), Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Özlem ÇOMAKLI SÖKMEN, e-mail: ozlem.sokmen@erzurum.edu.tr

\* Bu çalışma Özlem Çomaklı Sökmen'in doktora tezinin bir ön çalışmasıdır.

Geliş tarihi / Received: 07-08-2020

Kabul tarihi / Accepted: 02-11-2020

## GİRİŞ

Rotalama problemleri, düğüm rotalama ve ayırıt rotalama olmak üzere iki ana kategoriye ayrılabilir. Düğüm rotalama problemlerinde bir çizgenin düğümleri, ayırıt rotalama problemlerinde ise ayırıtları ele alınmaktadır. Ayırıt rotalama problemleri bir şebeke üzerinde bulunan tüm ayırıtlara en az bir kez uğrayarak başlangıç noktasına dönen en kısa tur veya turları oluşturmayı amaçlamaktadır. Ayırıt rotalama problemleri ikiye ayrılmaktadır. Bunlar; kırsal postacı problemi (KPP) ve Çinli postacı problemidir (ÇPP). KPP’de, bir çizge üzerinde yer alan sadece belirli ayırıtlardan en az bir kere geçilerek başlangıç noktasına tekrar geri dönülmektedir. ÇPP’de ise çizgede bulunan her ayırıttan en az bir kere geçilerek başlangıç noktasına dönülmektedir. Her iki problem türünde de, en iyi tur rotasının bulunması amaçlanmaktadır (Corberan ve ark., 2002).

ÇPP; tanımlanan ağ üzerindeki tüm bağlantıların bir postacı tarafından ziyaret edilerek, başlangıç noktasına dönülmesi problemi olarak tanımlanabilir (Ahuja ve ark., 1993). ÇPP’nin; su, gazete ve mektup dağıtımı, kışın yapılan tuzlama ve kar küreme çalışmaları, sokakların temizlenmesi, okul servisleri ve polis devriye araçları için rota çizelgelenmesi, çöplerin toplanması, etkili web sitesi kullanılabilirliğinin tespiti gibi günlük hayatta pek çok uygulama alanı vardır (Thimbleby, 2002). ÇPP’nin gerçek hayata uygulandığı birçok çalışma bulunmaktadır. Filho ve Junquera (2010), yaptıkları çalışmada ÇPP’yi çözmek için en uygun yöntemi seçmeye yönelik bir algoritma önermişlerdir. Önerilen algoritma Brezilya kentinde çöp toplama hizmeti ve posta dağıtımında kullanılmıştır. Willemse ve Joubert (2012), yaptıkları çalışmada ÇPP’nin çözümüne yönelik site güvenlik görevlileri için birden fazla devriye güzergahı oluşturabilen bir tabu arama algoritması sunmuşlardır. Shafahi ve Haghani (2015), çalışmalarında Maryland Üniversitesinin College Park kampüsündeki devriye araçlarının rotalanması için ÇPP ele almışlardır. Yılmaz ve ark., (2017) çalışmalarında periyodik olarak demiryolu denetimi yapan makinelerin optimum rotasını bulmak için ÇPP’yi kullanmışlardır. Literatürde ÇPP’nin kesin olmayan parametreleriyle ilgili çalışmaların ise oldukça az sayıda olduğu görülmektedir. Tan ve ark., (2005) çalışmalarında seyahat süreleri stokastik ağlarda ÇPP’yi ele almışlardır. Bu şebekede her bir ayırıt farklı bir olasılık dağılımına sahiptir. Çalışmada ele alınan problemin çözümüne yönelik bir algoritma önerilmiştir. Sökmen ve Yılmaz (2019) ÇPP’yi şans kısıtlı stokastik programlama yaklaşımı ile çözmüşlerdir. Majumder ve ark., (2018), çalışmalarında belirsizlik teorisi çerçevesinde yönsüz, bağlı şebekede çok amaçlı ÇPP’yi ele almışlardır. Modelin deterministik dönüşümü yapılarak çözüme yönelik çok amaçlı genetik algoritma önerilmiştir.

Kar küreme, çöp toplama, tuz serpme ve yol bakım çalışmaları gibi bazı uygulamalarda yollar, öncelik ilişkilerine göre kısıtlandırılabilir. Bu problem, literatürde ÇPP’nin bir türü olan hiyerarşik Çinli postacı problemi (HÇPP) olarak adlandırılmaktadır. HÇPP’de amaç; verilen bir şebekedeki yolların (ayırıtların) öncelik ilişkilerinin dikkate alınarak, yüksek öncelikli yollardan başlanarak düşük öncelikli yollara doğru şebekede bulunan her ayırıttan en az bir kere geçmek koşuluyla optimum tur/turları bulmaktır (Dror ve ark., 1987).

Deterministik araç rotalama problemlerindeki (ARP) bazı katsayılar rasgele olduğunda stokastik araç rotalama problemi (SARP) ortaya çıkmaktadır. SARP içerdiği belirsizlik durumu sebebiyle gerçek hayat problemlerine daha yakındır. Bu problem türündeki rasgele elemanlar; ziyaret edilecek müşteri kümesi, müşteri talepleri veya müşteriler arasındaki seyahat zamanları olabilir (İşleyen, 2008).

İlgili literatür incelendiğinde daha önce HÇPP’nin, şans kısıtlı stokastik programlama yaklaşımı ile çözüldüğü bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu sebeple bu kısımda literatürde SARP üzerine yapılan çalışmalara değinilmiştir. Bu alanda yapılan çalışmaların bir kısmında uygun matematiksel modelin oluşturulması ve oluşturulan modellerin çözümüne odaklanılmıştır. Diğer çalışmalarda ise SARP’ın

çözümüne yönelik algoritmaların geliştirilmesi amaçlanmıştır. Literatürdeki çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda; matematiksel model oluşturulurken SARP'ın şans kısıtlı programlama ve yardımcı eylemli stokastik programlama yaklaşımlarının kullanıldığı görülmektedir. Gendreau ve ark., (1996), çalışmalarında müşteri taleplerinin stokastik olduğu SARP'ı ele almışlar ve tabu arama algoritması ile problemi çözüme kavuşturmuşlardır. Hvattum ve ark., (2004), SARP'ın çözümünde sezgisel algoritma kullanmışlardır. Mak ve Guo (2004), stokastik talepli ve esnek zaman kısıtlı ARP'yi genetik algoritma ile çözmüşlerdir. Chepuri ve Homem-De-Mello (2005); Bianchi ve ark., (2006) ve İşleyen (2008) stokastik talepli ARP'yi (STARP) sezgisel algoritmalarla çözmüşlerdir. Shen ve ark., (2006), çalışmalarında, hem talebin hem de dolaşım süresinin belirsiz olduğu ARP'yi çözmek için deterministik probleme eşdeğer olan bir şans kısıtlı formülasyon sunmuşlardır. Li ve ark., (2010); Taş ve ark., (2014); Miranda ve Conceição (2016) çalışmalarında zaman pencereli, stokastik seyahat ve servis süreli ARP'nin çözümünde tabu sezgiseli, markov karar süreçleri ve diğer meta-sezgiseller kullanmışlardır. Calvet ve ark., (2016) asimetrik maliyetli ve araç filosunun heterojen olduğu STARP'ı ele almışlar ve bu problemin çözümü için sezgisel algoritma kullanmışlardır. Gee ve ark., (2016), araç kapasitesini dikkate alan çok amaçlı zaman pencereli STARP'ı ele almışlar ve problemin çözümüne yönelik ayrıştırma tabanlı bir algoritma önermişlerdir. Liu ve ark., (2016), çalışmalarında taleplerin bulanık olduğu ARP'yi incelemişler, problemin çözümü için karınca kolonisi algoritmasını kullanmışlardır. Uslu ve ark., (2017) çok depolu ve taleplerin belirsiz olduğu STARP'ı incelemişler ve problemi şans kısıtlı programlama kullanarak modellemişlerdir. Qin Ye ve ark., (2017) çalışmalarında belirsiz taleplerin normal dağılıma uyduğunu kabul ederek zaman pencereli STARP'ı incelemişler ve problemin çözümüne yönelik genetik algoritma yaklaşımı kullanmışlardır. Florio ve ark., (2018) çalışmalarında tek araçlı STARP için önerdikleri matematiksel modeli markov karar prosesi ile geliştirerek küçük boyutlu problemlerin çözümünde kullanmışlardır. Hu ve ark., (2018) belirsiz talep ve servis süresi altındaki katı zaman pencereli ARP'yi ele alarak problemin çözümü için komşu arama sezgiseline dayanan iki aşamalı bir algoritma önermişlerdir. Subramanyam ve ark., (2018), kapasiteleri farklı olan araç filosunun bulunduğu STARP'ı incelemiş ve problemi komşu arama algoritmasıyla çözmüşlerdir. Arvianto ve ark., (2019), STARP'ı ele almışlar ve problemin çözümüne yönelik 0-1 yer değiştirme tekniğine dayalı bir sıralı ekleme algoritması önermişlerdir.

HÇPP ile ilgili yapılan çalışmaların çoğunda sabit değer olması sebebiyle mesafelerin dikkate alındığı; belirsizliklerden dolayı değişkenlik gösteren varış sürelerinin göz ardı edildiği görülmektedir. Ancak gerçek hayatta şehir içi trafikte; değişkenlik gösteren trafik yoğunluğu ve hava şartları gibi nedenlerden ötürü düğümler arasındaki ulaşım süresi sabit kalmamaktadır. Bu belirsizlik nedeniyle bu çalışmada HÇPP, şans kısıtlı stokastik programlama yaklaşımı ile çözülmüştür. Problemden stokastik parametre olan amaç fonksiyonu katsayılarının normal dağılıma sahip olma durumları incelenmiştir. Geliştirilen stokastik parametre değerlerine sahip matematiksel model GAMS 24.2.3 paket programında CPLEX çözücü kullanılarak çözülmüştür.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Şans Kısıtlı Stokastik Programlama

Stokastik programlama tekniklerinden biri olan şans kısıtlı programlama; rasgele parametrelere sahip problemin kısıtlarının, belirlenen olasılık limitlerine kadar bozulmalarına izin vermektedir. Şans kısıtlı programlamada rasgele değişken olan katsayıların; uygulanma kolaylığı nedeniyle genellikle normal dağılım özelliği gösterdiği varsayılmıştır (Alankaya, 2013). Şans kısıtlı doğrusal programlama modeli;



$$\max(\min)Z^{(k)}(x) = \sum_{j=1}^n c^{(k)}_j \cdot x_j \quad k = 1, \dots, K \quad (1)$$

$$P[\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j \leq b_i] \geq 1 - \alpha_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (2)$$

$$x_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$\alpha_i \in (0,1) \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

şeklinde tanımlanır.  $c^{(k)}$ ,  $a_{ij}$  ve  $b_i$ 'ler model parametreleridir ve bunlardan tümü, ikisi veya birisi rasgele değişkenlerdir. Modelde  $\alpha_i$  önceden belirlenen olasılıkları göstermektedir ve  $x_j$  karar değişkenleri deterministik yapıdadır (Taha, 2000). Modeldeki stokastik parametreler belirli bir dağılıma sahip olmalı ve  $\alpha_i$  olasılık seviyeleri belirlenmelidir. Bu bilgilerle model deterministik hale getirilerek çözülmektedir (Aksaraylı ve Pala, 2015).

Eşitlik 1., Eşitlik 2., Eşitlik 3. ve Eşitlik 4. ile verilen modelde rasgele değişken olan katsayılardan her birinin belli bir dağılıma sahip olması veya bu katsayıların ortak dağılımının bilinmesi gerekmektedir (Atalay ve Apaydın, 2011). Burada amaç; katsayıları rasgele değişken olan modelin deterministik eşdeğer formunun elde edilerek problemin çözülmesidir.

### Katsayıları Normal Dağılıma Sahip Rasgele Değişkenler Olan Şans Kısıtlı Modeller

$c^{(k)}$ ,  $a_{ij}$  ve  $b_i$  katsayılarından en az birinin rasgele değişken olduğu doğrusal programlama problemlerinde bu katsayıların genelde normal dağılım özelliği gösterdiği varsayılmaktadır. Bu varsayım altında Eşitlik 1., Eşitlik 2., Eşitlik 3. ve Eşitlik 4. modeli verilen şans kısıtlı stokastik doğrusal programlama problemde  $c^{(k)}$ ,  $a_{ij}$  ve  $b_i$ 'ler normal dağılıma sahip rasgele değişkenlerdir. Katsayıları normal dağılıma özelliği gösteren şans kısıtlarının belirlenmesi;

- 1) Yalnız  $a_{ij}$  katsayıları rasgele değişken,
- 2) Yalnız  $b_i$  katsayıları rasgele değişken,
- 3) Yalnız  $c_j^{(k)}$  katsayıları rasgele değişken,
- 4)  $a_{ij}$  ve  $b_i$  katsayılarının her ikisi de rasgele değişken,
- 5)  $a_{ij}$  ve  $c_j^{(k)}$  katsayılarının her ikisi de rasgele değişken,
- 6)  $c_j^{(k)}$  ve  $b_i$  katsayılarının her ikisi de rasgele değişken,
- 7)  $a_{ij}$ ,  $b_i$  ve  $c_j^{(k)}$  katsayılarının hepsi rasgele değişken,

şeklinde tanımlanan 7 durum ile gösterilmektedir. Ancak ilk 4 durumun kombinasyonu ile diğer durumlar elde edilebilir (Hulsurkar ve ark., 1997). Bu nedenle alt bölümlerde söz konusu 4 durum ele alınacaktır.

### Yalnız $a_{ij}$ katsayılarının rasgele değişken olduğu durum

$a_{ij}$ ,  $E(a_{ij})$  ortalamalı ve  $\text{Var}(a_{ij})$  varyanslı normal dağılıma sahip rasgele değişken olsun.  $a_{ij}$  ve  $a_{kl}$  rasgele değişkenleri arasındaki kovaryansın bilindiği varsayalım.  $d_i$  rasgele değişkeni

$$d_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j, \quad i = 1, \dots, m \quad (5)$$

biçiminde tanımlansın.  $a_{i1}, \dots, a_{in}$  katsayıları normal dağılımlı rasgele değişkenler ve  $x_1, \dots, x_n$  karar değişkenleri olmak üzere,  $d_i$  rasgele değişkeni

$$E(d_i) = \sum_{j=1}^n E(a_{ij}x_j), \quad i = 1, \dots, m \quad (6)$$

ve

$$\text{Var}(d_i) = X^T V_i X, \quad i = 1, \dots, m \quad (7)$$

ile normal dağılır. Burada  $V_i$ , i. kovaryans matrisi şu şekilde tanımlanabilir:

$$V_i = \begin{bmatrix} Var(a_{i1}) & Cov(a_{i1}, a_{i2}) & \dots & Cov(a_{i1}, a_{in}) \\ Cov(a_{i2}, a_{i1}) & Var(a_{i2}) & \dots & Cov(a_{i2}, a_{in}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Cov(a_{in}, a_{i1}) & Cov(a_{in}, a_{i2}) & \dots & Var(a_{in}) \end{bmatrix}$$

O halde Eşitlik 1., Eşitlik 2., Eşitlik 3. ve Eşitlik 4. ile tanımlanan modelin kısıtları,

$$P[d_i \leq b_i] \geq 1 - \alpha_i, \quad (8)$$

$$P\left[\frac{d_i - E(d_i)}{\sqrt{Var(d_i)}} \leq \frac{b_i - E(d_i)}{\sqrt{Var(d_i)}}\right] \geq 1 - \alpha_i, \quad i = 1, \dots, m \quad (9)$$

şeklinde yazılabilir. Burada  $\frac{d_i - E(d_i)}{\sqrt{Var(d_i)}}$ , ortalaması 0 ve varyansı 1 olan standart normal dağılıma sahip rasgele bir değişkendir.  $\Phi(z)$ , standart normal dağılıma sahip  $z$ 'nin dağılım fonksiyonu olmak üzere,

$$P[d_i \leq b_i] = \Phi\left[\frac{b_i - E(d_i)}{\sqrt{Var(d_i)}}\right] \quad (10)$$

biçiminde yazılır. Eğer  $K_{\alpha_i}$ ,  $\Phi(K_{\alpha_i}) = 1 - \alpha_i$ , olan standart normal değişkenin değeri olarak alınırsa Eşitlik 9. kısıtı,

$$\Phi\left[\frac{b_i - E(d_i)}{\sqrt{Var(d_i)}}\right] \geq \Phi[K_{\alpha_i}], \quad i = 1, \dots, m \quad (11)$$

olarak ifade edilir. Eşitlik 11. eşitsizliği, sadece

$$\frac{b_i - E(d_i)}{\sqrt{Var(d_i)}} \geq K_{\alpha_i} \quad (12)$$

olduğu durumda sağlanır, veya

$$E(d_i) + K_{\alpha_i} \sqrt{Var(d_i)} \leq b_i \quad i = 1, \dots, m \quad (13)$$

şeklinde de yazılabilir. Eşitlik 13. eşitsizliğinde  $d_i$  rasgele değişkeninin değeri yerine konularak,

$$\sum_{j=1}^n E(a_{ij}) \cdot x_j + K_{\alpha_i} \sqrt{X^T V_i X} \leq b_i \quad i = 1, \dots, m \quad (14)$$

eşitsizliği elde edilir. Eşitlik 14. kısıtı, orijinal olasılıksal doğrusal kısıtlara eşit, deterministik doğrusal olmayan kısıtlardır. Bu durumda çözüm,

$$\text{maksimize (minimize)} = z^{(k)}(x) = \sum_{j=1}^n c_j^{(k)} x_j, \quad k = 1, \dots, K \quad (15)$$

$$\sum_{j=1}^n E(a_{ij}) \cdot x_j + K_{\alpha_i} \sqrt{X^T V_i X} \leq b_i \quad i = 1, \dots, m \quad (16)$$

$$x_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (17)$$

şeklinde oluşturulan deterministik doğrusal olmayan programlama probleminin çözümü ile bulunur. Bütün normal dağılımlı  $a_{ij}$  rasgele değişkenlerinin bağımsız olması halinde ise kovaryansların tümü 0 olacak ve Eşitlik 14. ile verilen kısıtlar,

$$\sum_{j=1}^n E(a_{ij}) \cdot x_j + K_{\alpha_i} \sqrt{\sum_{j=1}^n Var(a_{ij}) \cdot x_j^2} \leq b_i \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (18)$$

şekline dönüşecektir (Hulsurkar ve ark., 1997).

### Yalnız $b_i$ katsayıları rasgele değişken olduğu durum

$b_i$ ,  $E(b_i)$  ortalamalı ve  $Var(b_i)$  varyanslı normal dağılıma uyan rasgele değişkenler olarak ele alınsın. Bu durumda Eşitlik 1., Eşitlik 2., Eşitlik 3. ve Eşitlik 4. ile gösterilen şans kısıtı

$$P \left[ \frac{(b_i - E(b_i))}{\sqrt{\text{Var}(b_i)}} \leq \frac{(\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j - E(b_i))}{\sqrt{\text{Var}(b_i)}} \right] \geq p_i, i = 1, 2, \dots, m \quad (19)$$

biçiminde yazılır. Burada  $p_i = 1 - \alpha_i$  ve  $\frac{(b_i - E(b_i))}{\sqrt{\text{Var}(b_i)}}$  standart normal rasgele değişkendir. Bu durumda

Eşitlik 19. ile verilen eşitsizlik

$$P \left[ \frac{(b_i - E(b_i))}{\sqrt{\text{Var}(b_i)}} \leq \frac{(\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j - E(b_i))}{\sqrt{\text{Var}(b_i)}} \right] \leq 1 - p_i, \quad (20)$$

biçimine dönüşür. Eğer,  $K_{pi}$ ,  $\Phi(K_{pi}) = 1 - p_i$  olan standart normal değişkenin değeri olarak alınırsa Eşitlik 20. ile verilen kısıtlar,

$$\Phi \left[ \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j - E(b_i)}{\sqrt{\text{Var}(b_i)}} \right] \leq \Phi[K_{pi}], \quad (21)$$

biçiminde ifade edilir. Eşitlik 21. eşitsizliği sadece

$$\frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j - E(b_i)}{\sqrt{\text{Var}(b_i)}} \leq K_{pi}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (22)$$

olduğu durumda sağlanır ya da,

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j \leq E(b_i) + K_{pi} \sqrt{\text{Var}(b_i)}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (23)$$

olarak da yazılabilir. Dolayısıyla olasılıksal doğrusal programlamaya eşit deterministik doğrusal programlama modeli,

$$\text{maksimize(minimize)} = z^{(k)} = \sum_{j=1}^n c_j^{(k)} x_j, \quad k = 1, \dots, K \quad (24)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j \leq E(b_i) + K_{pi} \sqrt{\text{Var}(b_i)} \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$x_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (25)$$

biçiminde ifade edilir (Hulsurkar vd., 1997).

### Yalnız $c_j$ katsayıları rasgele değişken olduğu durum

$c_j^{(k)}$ , k. inci amaç fonksiyonu;  $z^{(k)}$  normal dağılıma sahip rasgele değişkenler olsun.  $z^{(k)}$ 'nin ortalaması  $E(z^{(k)})$  şeklinde verilsin. Bu durumda olasılıksal doğrusal programlama problemine karşılık gelen olan deterministik doğrusal programlama denklemi aşağıdaki gibidir:

$$E(z^{(k)}) = \sum_{j=1}^n E(c_j^{(k)}) x_j, \quad k = 1, \dots, K \quad (26)$$

Burada,  $E(c_j^{(k)})$ ,  $c_j^{(k)}$ 'nin ortalama değeridir. Böylece beklenen değer modeline (E-model) sahip deterministik amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi olacaktır (Hulsurkar ve ark., 1997):

$$\text{maksimize(minimize)} = E(z^{(k)}) = \sum_{j=1}^n E(c_j^{(k)}) x_j, \quad k = 1, \dots, K \quad (27)$$

### $a_{ij}$ ve $b_i$ katsayıları rasgele değişken olduğu durum

$h_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - b_i$  olarak tanımlanan bir rasgele değişkendir. Buna göre Eşitlik 1., Eşitlik 2., Eşitlik 3. ve Eşitlik 4. ile ifade edilen modelin kısıtları şu şekilde yazılabilir:

$$P[h_i \leq 0] \geq 1 - \alpha_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (28)$$

$h_i$  normal dağılım özelliği gösteren rassal değişkenlerin doğrusal kombinasyonu olarak verildiğinden normal dağılım özelliği gösterecektir. Böylece Eşitlik 28. ile ifade edilen kısıt,

$$\left[ \frac{h_i - E(h_i)}{\sqrt{\text{Var}(h_i)}} \leq \frac{-E(h_i)}{\sqrt{\text{Var}(h_i)}} \right] \geq 1 - \alpha_i, \quad i = 1, \dots, m \quad (29)$$

şeklinde yazılacaktır. Burada  $\frac{(h_i - E(h_i))}{\sqrt{\text{Var}(h_i)}}$  standart normal dağılıma sahip rasgele değişkenlerdir. Bu durumda  $K_{\alpha_i}$ ,  $\Phi[K_{\alpha_i}] = 1 - \alpha_i$  olan standart normal değişkenin değeri olarak alınırsa Eşitlik 29. kısıtı

$$\Phi \left[ \frac{-E(h_i)}{\sqrt{\text{Var}(h_i)}} \right] \geq \Phi [K_{\alpha_i}], \quad i = 1, \dots, m \quad (30)$$

olarak ifade edilir. Eşitlik 30. eşitsizliği sadece,

$$\frac{-E(h_i)}{\sqrt{\text{Var}(h_i)}} \geq K_{\alpha_i}, \quad i = 1, \dots, m \quad (31)$$

olduğu durumda sağlanır veya

$$E(h_i) + K_{\alpha_i} \sqrt{\text{Var}(h_i)} \leq 0, \quad i = 1, \dots, m \quad (32)$$

olarak da ifade edilebilir. Bu durumda olasılıksal doğrusal programlama modeline karşılık gelen doğrusal olmayan deterministik programlama modeli

$$\text{maksimize (minimize)} = z^{(k)}(x) = \sum_{j=1}^n c_j^{(k)} x_j, \quad k = 1, \dots, K \quad (33)$$

$$E(h_i) + K_{\alpha_i} \sqrt{\text{Var}(h_i)} \leq 0, \quad i = 1, \dots, m \quad (34)$$

$$x_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (35)$$

biçimine dönüştürülür (Taha, 1997).

### Hiyerarşik Çinli Postacı Problemi

NP-hard problem sınıfına ait HÇPP'de; yollar/ayrıntlar sınıflara ayrılmış ve bu sınıflar üzerinde bir öncelik ilişkisi tanımlanmıştır (Dror ve ark., 1987). Dolayısıyla HÇPP'de yollar/ayrıntların hangi sırayla geçileceği önceden belirlenmiştir. Bu problem türünde amaç; öncelik ilişkilerini göz önünde bulundurarak ve hiyerarşik bir şebekedeki her bir ayrıttan/yoldan en az bir kere geçerek en kısa tur/turların oluşturulmasıdır.

V düğümler kümesini, E ise yönsüz ayrıttlar (yollar) kümesini göstermek üzere; bir  $G(V,E)$  şebekesi m tane farklı alt şebekeye ayrılır ve bu şebekelerden her biri bir hiyerarşik seviyeye karşılık gelir. Bu bağlamda bir hiyerarşik şebeke farklı öncelik seviyelerine ait ayrıttlardan (yollardan) oluşmaktadır ve  $G(V,E)=G_1(V_1,E_1) \cup G_2(V_2,E_2) \cup \dots \cup G_m(V_m,E_m)$  olarak gösterilmektedir. Bu gösterimde  $G_1(V_1,E_1)$  1. öncelikte geçilecek olan ayrıtt/yol ve düğümleri; aynı şekilde  $G_m(V_m,E_m)$  m. sırada öncelikli geçilecek olan ayrıttları/yolları ve düğümleri gösteren alt şebekedir. HÇPP tam sayılı doğrusal programlama modelinde kullanılan indisler, kümeler, parametreler ve karar değişkenleri aşağıda başlıklar halinde sunulmuştur (Çodur ve Yılmaz, 2020).

#### İndisler:

- $i$  : başlangıç düğümleri
- $j$  : varış düğümleri
- $t$  : rotaya ait yollardan geçiş sıralarını (adımları)
- $h$  : hiyerarşik seviyeleri temsil eder.

#### Kümeler:

- $i, j / V$  : düğümler  $i, j = \{1, 2, \dots, n\}$ ,
- $h / H$  : hiyerarşiler  $\{1, 2, \dots, h\}$ ,
- $t \leq L$  : adım sayısı  $L=2 \|E\|$
- $E_h$  :  $h$ . hiyerarşik sınıfa ait ayrıttlar (yollar) kümesi,
- $E$  : Şebekedeki tüm ayrıttların kümesi,  $E = \{E_1 \cup E_2 \cup \dots \cup E_h\}$
- $\|E_h\|$  :  $h$ . hiyerarşik sınıfa ait toplam yol sayısı,
- $\delta_h(i)$  :  $i$  düğümünden çıkan  $E_h$  kümesine ait yollar,  $\delta_h(i) = \{j \mid (i, j) \in E_h\}$ .
- $\delta(i)$  :  $i$  düğümünden çıkan bütün yollar kümesi,  $\delta(i) = \bigcup_{h \in H} \delta_h(i) = \{\delta_1(i) \cup \delta_2(i) \cup \dots \cup \delta_h(i)\}$

Parametreler:

- $C_{ij}$  :  $(i,j)$  ayrıtının mesafe/süre matrisi,  
 $B_{ij}$  :  $(i,j)$  ayrıtının bağlantı matrisi,  
 $O_{ij}$  :  $(i,j)$  ayrıtının öncelik matrisi,  
 $M$  : Büyük pozitif bir sayı,  
 $n$  : Şebekedeki toplam düğüm sayısı.

0-1 Tam sayı değişkenler:

$x_{ij}^t = t.$  adımda  $(i,j)$  yolundan geçilmişse 1, değilse 0.

$y_{ij}^t = t.$  adımda  $(i,j)$  yada  $(j,i)$  yolu ilk kez geçilmişse 1, değilse 0.

$\phi_{ht} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$   $t.$  adımda  $h.$  hiyerarşiye ait bütün yollardan geçilmişse 1, değilse 0.

Bu bilgilerle birlikte HÇPP'nin karma tam sayılı doğrusal programlama modeli aşağıdaki gibi yazılabilir (Çodur ve Yılmaz, 2020).

$$\text{Min } Z: \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^T c_{ij} x_{ijt} \quad (36)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{t=1}^L (x_{ij}^t + x_{ji}^t) \geq 1 \quad \forall (i,j) \in E \quad (37)$$

$$\sum_i x_{ij}^{t-1} = \sum_s x_{js}^t \quad \forall j, t \quad t > 1 \quad i, j, s \in V \quad (38)$$

$$\sum_{(i,j)} x_{ij}^1 \geq 1 \quad (i,j) \in \delta_1(i_0) \quad (39)$$

$$\sum_j x_{ji}^t \geq 1 \quad t = t_{son}, i = i_0 \quad (40)$$

$$\sum_{(i,j) \in E} x_{ij}^t = 1 \quad \forall t \quad (41)$$

$$x_{ij}^t + x_{ji}^t \geq y_{ij}^t \quad \forall i, j, t \quad i < j \quad (42)$$

$$\sum_{t' < t} (x_{ij}^{t'} + x_{ji}^{t'}) \leq M^* (1 - y_{ij}^t) \quad \forall i, j, t \quad i < j \quad (43)$$

$$\sum_{t=1}^L y_{ij}^t = 1 \quad \forall (i,j) \in E \quad i < j \quad (44)$$

$$\sum_{t' \leq t} \sum_{(i,j) \in E_h} y_{ij}^{t'} \geq \|E\| * \phi_{ht} \quad \forall h, t \quad (45)$$

$$\sum_{t^1 \leq t} \sum_{(i,j) \in E_{h+1}} (x_{ij}^{t'} + x_{ji}^{t'}) \leq M * \phi_{ht} \quad \forall t, \quad h = 1, \dots, H-1 \quad (46)$$

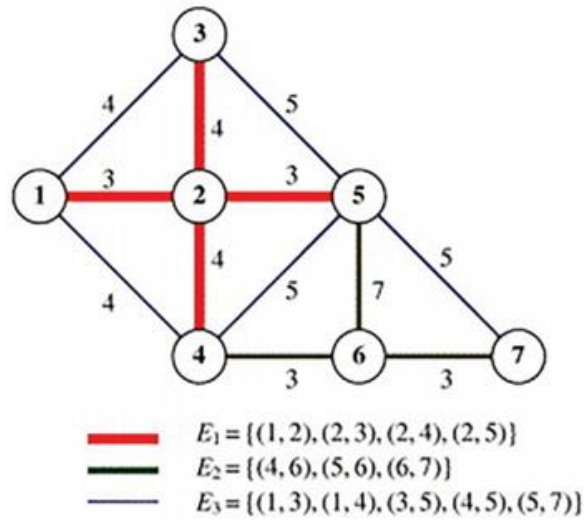
$$x_{ij}^t, y_{ij}^t, \phi_{ht} \in \{0,1\} \quad \forall i, j, t, h \quad (47)$$

Eşitlik 36., toplam tur süresinin en küçüklemesini hedefleyen amaç fonksiyonunu ifade etmektedir. Eşitlik 37., şebekedeki tüm yollardan en az bir kere geçilmesini; Eşitlik 38., düğümler arası sürekliliğin sağlanmasını; Eşitlik 39., ilk adımda ( $t=1$ ),  $i_0$  başlangıç düğümünden gidilebilecek 1. hiyerarşiye ait



yolların herhangi birinden geçilmesini; Eşitlik 40. son adımda başlangıç düğümüne ( $i_0 = 1$ ) geri dönülmesini; Eşitlik 41., her adımda yalnız bir yoldan geçilmesini; Eşitlik 42-44.,  $(i, j)$  ayrıtından ilk geçilen adımı tanımlayan  $y_{ij}$  değişkenine değer ataması yapıldığını gösteren kısıtlardır. Eşitlik 45.,  $t$ . adımda  $h$  hiyerarşisine ait yolların tamamından geçilip geçilmediğini kontrol eder. Eşitlik 46.,  $h$ . hiyerarşideki yollar tamamlanmadan  $(h+1)$ . hiyerarşiye ait yollardan geçilemediğini, Eşitlik 47. ise; yol kullanım değişkenlerinin  $\{0,1\}$  tamsayı değerlerini alması gerektiğini göstermektedir (Çodur ve Yılmaz, 2020).

Bu çalışmada daha önce Korteweg ve Volgenant (2006) tarafından geliştirilen, Şekil 1'de gösterilen küçük boyutlu bir hiyerarşik yönsüz şebeke ele alınmıştır.



Şekil 1. Hiyerarşik yönsüz şebeke

Bu hiyerarşik şebeke  $V = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$  olmak üzere 7 düğüm içermektedir.  $E = \{E_1 \cup E_2 \cup E_3\}$  ise her bir hiyerarşik sınıftaki ayrıtlar/yollar kümesini göstermektedir. Korteweg ve Volgenant (2006) çalışmalarında, optimum tur mesafesini 67 ve optimum turu, 1-2-3-2-4-2-5-6-4-6-7-5-4-1-3-5-2-1 olarak bulmuşlardır. Günümüze kadar HÇPP ile ilgili yapılan çalışmalar 2 temel varsayım üzerine kurulmuştur. Bu varsayımlardan ilki, hiyerarşik sınıflarda bulunan her bir yolun, ikincisi ise; art arda gelen tüm hiyerarşik seviyelerin birbiriyle bağlantılı olduğudur (Yılmaz, 2018).

Bu çalışmada Şekil 1.'de verilen şebeke kullanılmıştır. HÇPP matematiksel modelindeki  $c_{ij}$  amaç fonksiyonu katsayıları normal dağılım özelliği gösteren rasgele değişkenler olarak ele alınmış ve model daha sonra stokastik parametre değerlerine sahip HÇPP'ye dönüştürülmüştür.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada trafik yoğunluğu, hava şartları ve yol çalışmaları gibi etmenler düğümler arasındaki ulaşım süresini değiştirdiğinden dolayı Korteweg ve Volgenant (2006) tarafından geliştirilen şebekede düğümler arası mesafeler yerine varış süreleri kullanılmıştır. Korteweg ve Volgenant (2006) tarafından geliştirilen şebekedeki mesafe değerleri şehir içi yasal hız sınırı baz alınarak varış sürelerine dönüştürülmüştür. Trafik yoğunluğu göz önünde bulundurularak her bir yol için varış sürelerinin stokastik olduğu varsayılmıştır. HÇPP'nin matematiksel modelinde amaç fonksiyonu katsayıları olan  $c_{ij}$  rasgele değişkenlerine ilişkin beklenen değer ve varyanslar Çizelge 1.'de sunulmuştur.  $c_{ij}$  ler simetrik olduğundan ( $c_{ij} = c_{ji}$ ) ilgili beklenen değer ve varyanslar Çizelge 1.'de sadece bir kez verilmiştir. Örneğin  $c_{12} = c_{21} = 0.821$ 'dir.

**Çizelge 1.** Katsayıların Beklenen Değerleri ve Varyansları

Katsayılar ( $c_{ij}$ )	$C_{12}$	$C_{13}$	$C_{14}$	$C_{23}$	$C_{24}$	$C_{25}$	$C_{35}$	$C_{45}$	$C_{46}$	$C_{56}$	$C_{57}$	$C_{67}$
Beklenen Değer	0.821	1.119	1.151	1.137	1.162	0.821	1.447	1.413	0.859	2.023	1.314	0.781
Varyans	0.083	0.111	0.111	0.111	0.111	0.083	0.139	0.139	0.083	0.195	0.139	0.083

HÇPP matematiksel modelinde rastgele değişken olabilecek tek parametre  $c_{ij}$  katsayılarıdır. İstatistikte genellikle çoğu verinin normal dağılıma uyduğu ve normal dağılımın gerçek hataya en uygun dağılım olduğu varsayılmaktadır (Anonim, 2020). Bu nedenle bu çalışma kapsamında  $c_{ij}$  katsayılarının normal dağılıma sahip olmaları durumu ele alınarak elde edilen deterministik model çözülmüştür. Bu durumda “Katsayıları Normal Dağılıma Sahip Rasgele Değişkenler Olan Şans Kısıtlı Modeller” başlığı altında incelenen “Yalnız  $c_j$  katsayılarının rasgele değişken olduğu durum” dan yararlanılarak yeni beklenen değer modeline sahip deterministik amaç fonksiyonu ve maliyet matrisi aşağıda verilmiştir. Burada “Hiyerarşik Çinli Postacı Problemi” başlığı altında verilen Eşitlik 37. - Eşitlik 47. arasındaki kısıtlar kullanılmıştır.

$$[c_{ij}]_{7 \times 7} = \begin{pmatrix} - & 0.821 & 1.119 & 1.151 & - & - & - \\ 0.821 & - & 1.137 & 1.162 & 0.821 & - & - \\ 1.119 & 1.137 & - & - & 1.447 & - & - \\ 1.151 & 1.162 & - & - & 1.413 & 0.859 & - \\ - & 0.821 & 1.447 & 1.413 & - & 2.023 & 1.314 \\ - & - & - & 0.859 & 2.023 & - & 0.781 \\ - & - & - & - & 1.314 & 0.781 & - \end{pmatrix}$$

$$\text{Min } E(z): \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^T c_{ij} x_{ijt} = (0.821)x_{121} + (1.119)x_{131} + (1.151)x_{141} + \dots + (0.781)x_{76T} \quad (48)$$

GAMS 24.2.3 paket programında CPLEX çözücü kullanılarak model çözülmüştür. Optimum rota: R = 1-2-4-2-3-2-5-6-4-6-7-5-3-1-2-5-4-1 ve amaç fonksiyonu değeri  $\text{Min } E(z)=18.848$  olarak bulunmuştur.

## SONUÇ

Rotalama birçok üretim ve servis sektöründe önemli bir karar verme sürecidir. Her yıl bu operasyonlar için büyük miktarlarda paralar harcanmaktadır. Ayrıca yanlış planlamalardan dolayı bu paralar israf olabilmektedir. Bu bağlamda yapılan çalışmalar maliyet açısından büyük önem arz etmektedir. Gerçek hayat problemlerinin birçoğunda trafik ve hava şartlarından kaynaklanan belirsizlik nedeniyle düğümler arasındaki seyahat süreleri değişkenlik göstermektedir. Ayrıca, gerçek seyahat süreleri tahmini sürelerden, yol koşulları, kazalar vb. sebeplerden dolayı farklı olabilmektedir. Bu nedenle bu çalışmada bir HÇPP şebekesi üzerinde  $c_{ij}$  amaç fonksiyonu katsayıları normal dağılıma uygun rasgele değişkenler olarak ele alınmıştır. Ele alınan şans kısıtlı modelin katsayılarının normal dağılıma uyması durumunda eşdeğer deterministik modeli bulunmuştur. Şans kısıtlı stokastik programlama daha önce HÇPP’de kullanılmamış bir yaklaşımdır. Çalışma HÇPP’ye uyarlanabilen gerçek hayat problemleri ile örtüşmesi açısından büyük önem arz etmektedir. Sonraki çalışmalarda, amaç fonksiyonu katsayılarının farklı dağılımlara sahip rasgele değişken olduğu durumlar ele alınarak problem tekrar çözülebilir. Ayrıca belirsiz ortamda daha büyük boyutlu problemlerin çözülebilmesi için sezgisel algoritmalara başvurulabilir.

## KAYNAKLAR

Anonim, 2020. Normal Dağılım ve Veri Bilim’indeki Yeri. <https://medium.com/datarunner/normaldagilim-589846bb850a> (Erişim Tarihi: 22.06.2020).

- Ahuja RK, Magnanti TL, Orlin JB, 1993. *Network Flows: Theory, Algorithms and Applications*. Prentice Hall: New Jersey.
- Aksaraylı M, Pala O, 2015. Şans Kısıtlı Stokastik Programlama Yaklaşımı ile Ofis Ürünleri Üretim Sistemi Modellemesi. 15. Üretim Araştırmaları Sempozyumu, Ekim 2015, İzmir.
- Alankaya G, 2013. Şans Kısıtlı Stokastik Doğrusal Programlama. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Arvianto A, Saptadi S, Budiawan W, Nartadhi RL, 2019. Vehicle routing problem model and simulation with probabilistic demand and sequential insertion, *Proceedings of the 5th International Conference on Engineering, Technology, and Industrial Application (ICETIA) 2019*, 12–13 December 2018, Surakarta, Indonesia.
- Atalay KD, Apaydın A, 2011. Şans kısıtlı stokastik programlama problemlerinin deterministik eşitlikleri. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*. 1: 1-18.
- Bianchi L, Birattari M, Chiarandini M, Manfrin M, Mastrolilli M, Paquete L, Schiavinotto T, 2006. Hybrid metaheuristics for the vehicle routing problem with stochastic demands. *Journal of Mathematical Modelling and Algorithms*, 5: 91-110.
- Calvet L, Bernaus AP, Travessat-Baro O, Juan AA, 2016. A Simheuristic for the heterogeneous site-dependent asymmetric VRP with stochastic demands. *Advances in Artificial Intelligence*, 408-417.
- Chepuri K, Homem-De-Mello T, 2005. Solving the vehicle routing problem with stochastic demands using the cross-entropy method. *Annals of Operations Research*, 134: 153-181.
- Corberan A, Martí R, Sanchis JM, 2002. A grasp heuristic for the mixed chinese postman problem. *European Journal of Operational Research*, 142: 70-80.
- Çodur MK, Yılmaz M, 2020. A time-dependent hierarchical Chinese postman problem. *Central European Journal of Operations Research*, 28: 337-366.
- Dror M, Stern H, Trudeau P, 1987. Postman tour on a graph with precedence relation on arcs. *Networks*, 17: 283-294.
- Filho GM, Junqueira RDÁR, 2006. Chinese postman problem: solution methods choice and computational time analysis. *Production*, 16: 538-551.
- Florio AM, Hartl RF, Minner S, 2018. New exact algorithm and solution properties for the vehicle routing problem with stochastic demands. Technical Report. arXiv: 1806.08549.
- Gee SB, Arokiasami WA, Jiang J, Tan K.C, 2016. Decomposition-based multi-objective evolutionary algorithm for vehicle routing problem with stochastic demands. *Soft Computing*, 20: 3443-3453.
- Gendreau M, Laporte G, Guo B, 1996. Stochastic vehicle routing: Invited review. *European Journal of Operational Research*, 88: 3-12.
- Hu C, Lu J, Liu X, Zhang G, 2018. Robust vehicle routing problem with hard time windows under demand and travel time uncertainty. *Computational Optimization and Applications*, 61: 463-487.
- Hulsurkar S, Biswal MP, Sinha SB, 1997. Fuzzy programming approach to multi-objective stochastic linear programming problems. *Fuzzy Sets and Systems*, 88:173-181.
- Hvattum LM, Lokketangen A, Laporte G, 2004. A heuristic solution method to a stochastic vehicle routing problem. In *Proceedings of TRISTAN V—The Fifth Triennial Symposium on Transportation Analysis*, 2004, 13-18 June, Guadeloupe, France.
- İşleyen SK, 2008. Lojistik Yönetim Sistemlerinde Stokastik Talepli Araç Rotalama Problemi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmış).
- Korteweg P, Volgenant T, 2006. On the hierarchical Chinese postman problem with linear ordered classes. *European Journal of Operational Research*, 169: 41-52.
- Li X, Tian P, Leung SC, 2010. Vehicle routing problems with time windows and stochastic travel and service times: Models and algorithm. *International Journal of Production Economics*, 125: 137-145.
- Liu C, Kou G, Huang F, 2016. Vehicle coordinated strategy for vehicle routing problem with fuzzy demands. *Mathematical Problems in Engineering*, 1-10.

- Majumder S, Kar S, Pal T, 2019. Uncertain multi-objective Chinese postman problem. *Soft Computing*, 23: 11557-11572.
- Mak KL, Guo ZG, 2004, A genetic algorithm for vehicle routing problems with stochastic demand and soft time windows, *Proceedings of the 2004 IEEE Systems and Information Engineering Design Symposium*, 2004, Virginia, USA.
- Miranda DM, Conceição SV, 2016. The vehicle routing problem with hard time windows and stochastic travel and service time. *Expert Systems with Applications*, 64: 104-116.
- Qin J, Ye Y, Cheng B, Zhao X, Ni L, 2017. The emergency vehicle routing problem with uncertain demand under sustainability environment. *Sustainability*, 9: 288.
- Shafahi A, Haghani A, 2015. Generalized maximum benefit multiple chinese postman problem. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 55: 261-272.
- Shen Z, Ordóñez F, Dessouky MM, 2009. The stochastic vehicle routing problem for minimum unmet demand. *Optimization and Logistics Challenges in the Enterprise*, 30: 349-371.
- Sökmen ÖÇ, Yılmaz M, 2019. Stochastic chinese postman problem and an application. 4th International Energy and Engineering Congress. Gaziantep, 24- 25 October, 2019, 1160-1168.
- Subramanyam A, Repoussis PP, Gounaris CE, 2018. Robust optimization of broad class of heterogeneous vehicle routing problems under demand uncertainty. *INFORMS Journal on Computing*. 1-54.
- Taha HA, 2000. *Yöneylem Araştırması*, 1.basım, Literatür Yayıncılık, İstanbul.
- Tan G, Cui X, Zhang Y, 2005. Chinese postman problem in stochastic networks. In *Joint International Conference on Autonomic and Autonomous Systems and International Conference on Networking and Services (icas-isns'05)*. Papeete, Tahiti, French Polynesia, October 23-28, 2005, pp:78-78.
- Taş D, Gendreau M, Dellaert N, Van Woensel T, De Kok AG, 2014. Vehicle routing with soft time windows and stochastic travel times: A column generation and branch-and-price solution approach. *European Journal of Operational Research*, 236: 789-799.
- Thimbleby H, 2003. Explaining code for publication. *Software: Practice and Experience*, 33: 975-1001.
- Uslu A, Çetinkaya C, İşleyen SK, 2017. Vehicle routing problem in post-disaster humanitarian relief logistics: A case study in Ankara. *Sigma Journal of Engineering and Natural Science*, 35: 481-499.
- Willemse EJ, Joubert JW, 2016. Splitting procedures for the mixed capacitated arc routing problem under time restrictions with intermediate facilities. *Operations Research Letters*, 44: 569-574.
- Yılmaz M, Çodur MK, Yılmaz H, 2017. Chinese postman problem approach for a large-scale conventional rail network in Turkey. *Tehnički Vjesnik*, 24: 1471-1477.
- Yılmaz M, 2018. Karayolları bakım çalışmasında kullanılan araçların güzergâhlarının hiyerarşik Çinli postacı problemi kullanılarak düzenlenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8: 107-115.

## The effects of annealing temperature on optical properties of 2, 6-bis (3- (carbazol-9-yl) phenyl) pyridine films'

Asim MANTARCI<sup>1\*</sup>

**ABSTRACT:** In this research, 2, 6-bis (3- (carbazol-9-yl) phenyl) pyridine films were synthesized using spin coating to study changes in its optical properties for different annealing temperatures. The films were annealed at 30, 50, 70, 90, 110, 120, 140 and 160 °C degrees in the presence of nitrogen. The material studied is one of the basic materials of the organic light emitting diode and forms the light emitting layer. In the results obtained from the films, for UV ultraviolet region, the highest absorption was obtained at 50 °C annealing, while the lowest absorption was 160 °C. Optical band gap energies of films range from 3.35 to 3.43 eV. Refractive index distributions depending on the annealing temperature of the films were studied in detail. The refractive indices of the films at 440 nm wavelength varied between 2.71 and 3.39 according to different annealing temperatures. It is observed that it varied between 3.06 eV and 3.19 eV. It was observed that in the visible region of the spectrum, refractive index of the films increased in a sharp linear behavior at a wavelength of 350 nm. Annealing took place in two regimes that increase and decrease the effect of the optical band gap energy of the film. It can be seen that the percentage of reflection of all films at the wavelengths after 500 nm was almost constant. It has been evaluated that the films had 70 % transmittance at 70 °C (up to 160 °C) and after this point, their transmission (%) was above 70 % and films can be used in the permeability devices of this feature. As a result, the optical properties of films (bandgap energy, absorption band edge energy, refractive index, refractive (%), and transmission (%), etc.) were measured and evaluated according to the annealing temperature.

**Keywords:** Optical Properties, Annealing Effects, Organic Light Emitting Diode, Film

<sup>1</sup> Asim MANTARCI (Orcid ID: 0000-0001-8369-3559), Muş Alparslan Üniversitesi, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Muş, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Asim MANTARCI, e-mail: a.mantarci@alparslan.edu.tr

Geliş tarihi / Received: 04-05-2020

Kabul tarihi / Accepted: 18-06-2020



## INTRODUCTION

Organic light emitting diodes (OLED) are important materials for the industry as they are used in various lamps such as solid state light emitting systems, panel illuminators, fluorescent lamps (Skuodis et al., 2017; Liang et al., 2017; Zhao et al., 2016; Mullemwar et al., 2016). Organic light emitting diodes are generally composed of five layers. These; the bottom layer is the substrate layer, then the hole transfer layer, the emissive layer, the electron transfer layer, and finally the cathode layer, respectively. The emissive layer plays a vital role in the production of OLEDs. Luminescent material such as phosphorus is important because it provides high quantum efficiency in OLED devices. 2,6-bis (3- (9H-Carbazol-9-yl) phenyl) pyridine has become one of the most famous phosphorescent and bipolar host materials as a light emitting (emissive) layer used in the design of OLED devices. Carbazole electron donors have a feature that combines high triplet energy and a pyridine electron acceptor with high electron attractiveness. Bipolar host material is molecules that can mediate hole and transport injection and contain electron withdrawal. Beyond this; 2,6-bis (3- (9H-Carbazol-9-yl) phenyl) pyridine material can improve hole electron injection for white and blue phosphorescent organic light emitting diode (OLED) (Tsai et al., 2014). Many scientists have researched 2,6-bis (3- (9H-Carbazol-9-yl) phenyl) pyridine to understand the properties of the material, apply the material to the high-tech device and contribute to the literature. A reported study (Koh et al., 2012) investigated that white-organic light emitting diodes (WOLEDs) were produced based on blue fluorescence -OLEDs, which are microstructural color conversion layers containing red and green phosphors. In the emissive layer of the device produced, 2,6-bis (3- (9H-Carbazol-9-yl) phenyl) pyridine was used, 8 % and 18 % by weight. They achieved large low-angle spectral variation and color stabilization from the study, but observed that productivity decreased unusually. In this study, the important benefits of the produced white organic light emitting diode, which gives an example of color stability and mechanical flexibility, have been demonstrated. In addition, a versatile and high quality light source was produced, and therefore; this study guided the development of light sources of the new generation WOLEDs (white light emitting diode). In the literature, many researchers have produced many high efficiency and high technology organic light emitting devices using 2,6-bis (3- (9H-Carbazol-9-yl) phenyl) pyridine material (Wu et al., 2017; Guo et al., 2016; Zhao et al., 2016; Chen et al., 2015; Zhou et al., 2016; Yu et al., 2019; Guo et al., 2020; Liu et al., 2020).

This research has two main point of novelty. First, when literature review is done, it is seen that the effect of annealing on the optical properties of 2,6-bis (3- (9H-Carbazol-9-yl) phenyl) pyridine film has not been studied. From this point of view, the effect of annealing effect on the optical properties of this film should be investigated. In this way, the change in the optical properties of annealing can be understood and used in high-tech devices such as WOLED. The other is that the film has not been produced by spin coating method before.

## MATERIALS AND METHODS

The experimental process consists of three steps. The first step is to prepare the material in the form of a solution, and with the help of spin coating, the material is coated on the substrate layer and films are obtained. In the last step, the produced films are exposed to various annealing temperatures and the optical properties of the film are measured.

### Obtaining films by spin coating method

First of all, the material was purchased in the form of powder from Sigma Aldrich. The material was put into tubes by measuring with a precise scale and weighing 0.0132 g. 9 different tubes were

poured with the same weight of powder material. Then, each tube was dissolved in 3 mL of Dichloromethane (DCM Dichloromethane) solvent. In order to be homogeneous, tubes shook up should be at least 25 minutes with RS-VA 10 -vortex shaker machine. Subsequently, the obtained material was covered with a coating (Vtc-100 Vacuum Spin Coater) machine by rotating on the substrate (the glass - soda lime glass). Spin coating is an important way of producing thin films in the high tech industry. A process where the solution is spread almost homogeneously on a surface using centripetal force. The spin coating can result in a relatively uniform film with a desired thickness. This process is applied as follows. Firstly, the solution deposited on the substrate. And then, it accelerated the wafer final radial velocity. Solution viscosity, wafer radial velocity, some ambient factor can affect the spin coating process. The thickness measurement technique of the films is as follows. Before coating the films, empty glass thicknesses were measured. Afterward, the film thickness covered with a digital micrometer (iGaging Digital Electronic Outside Micrometer) was measured. The thickness of the films was calculated by removing the empty glass thickness from the final thickness. All produced films are of the same thickness and their thickness is approximately 0.1 micrometer

### Annealing of films at various temperatures

The films are annealed in the presence of nitrogen, 30, 50, 70, 90, 110, 120, 140, 160 °C separately. Optical properties were measured after each annealing, as detailed in the section below. Annealing time was determined as 20 minutes for each film.

### Measuring and Calculating the optical properties of films

The films are annealed in the presence of nitrogen, 30, 50, 70, 90, 110, 120, 140, 160 °C separately. Optical properties were measured after each annealing and some optical properties were calculated from experimental results using the single oscillator theory and Tauc theory.

## RESULTS AND DISCUSSION

Figure 1 show the photon wavelength graph in response to the absorption value of the 2, 6-bis (3- (carbazol-9-yl) phenyl) pyridine film, which was subsequently annealed at various temperatures. The absorption of the film between 400 and 1100 nm is listed as follows depending on the annealing temperature; room temperature > 30 °C > 50 °C > 70 °C > 90 °C > 110 °C > 120 °C > 140 °C > 160 °C. In short, in the visible and near infrared spectrum, it is seen that the film has a tendency to decrease with increasing tempering temperature, with the tendency to absorption. In the UV ultraviolet region, the absorption property of the film shows a nonlinear feature. In the UV ultraviolet region, the highest absorption occurs at 50 °C annealing temperature, while the lowest absorption is achieved at 160 °C annealing temperature. Since this absorption value changes the optical band gap energy, which is an important physical parameter in opto-electronic devices, the control of this parameter is important for the production of higher quality devices. In the literature research (Wan, 1992); a thin film of polyaniline has two absorption peaks of 950 nm and 630 nm, which is a point of higher wavelength value than our value. Figure 2 shows the wavelength graph of the film versus % transmission values at various annealing temperatures. The highest transmittance in the UV ultraviolet spectrum range was achieved at about 55 %. This highest transmission value is obtained at annealing temperature of 160 °C. The lowest transmittance for the UV ultraviolet spectrum range was achieved at about 8 %. In the visible region of the spectrum, the transmission (%) has increased considerably for films at all annealing temperature compared to the ultraviolet region. This sharp/steep linear increase in the % transmittance value occurred at a wavelength of about 350 nm. The highest transmission (%) of the film in the visible region was in the range of 85-90 %, and this value corresponds to annealing at 160 °C. The lowest transmission (%) in

the visible region is in the range of 30-35%, which is the value of the film at annealed room temperature. Films produced in the visible region have 70 % transmission at annealed temperatures of 70 °C and above (up to 160 °C) and films with these properties have the properties to be used in permeability devices (Lee 1996 et al.; Kim 2016 et al.). To calculate the absorption band edge energy of the film, it is necessary to take the derivative of the transmission (%) according to the wavelength and draw. Figure 3 shows this graphic. Absorption band edge energy value according to various annealing temperatures was calculated by using the formula  $E_{b-e} = 1240/\lambda_{max}$  and the maximum wavelength value was obtained from Figure 3. Table 1 gives the absorption band edge energies of the film at various annealing temperatures. The increasing tendency of annealing regimes of the optical band gap energies of the films are as follows; room temperature-30 °C, 50 °C-70 °C, 90 °C-110 °C and 140 °C - 160 °C in the annealing temperature range. On the other hand, the annealing regimes of the films with a decreasing tendency of optical band gap energies can be listed as follows; in annealing ranges of 110 °C- 120 °C and 120 °C- 140 °C. In the annealing regime of 70 °C to 90 °C of the films, the optical band gap energy does not change. Figure 4 is a graph of  $(\alpha h\nu)^2$  versus photon energy plots of films annealed at different temperatures. If the well-known Tauc theorem ( $(\alpha h\nu)^n = C \cdot (h\nu - E_g)$ ) is applied to this graph and by selecting  $n = 1/2$  in this equation and making a linear fit, the value that cuts 0 in the y axis is the allowed-direct optical band gap energy. Control of these allowed-direct optical band gap energy values is extremely important in the development of optical devices such as WOLED (white light organic light emitting diode). These values are given in Table 1. Allowed-direct optical band energy is increased by increasing the annealing from room temperature up to 70 °C annealing temperature. On the other hand, increasing the annealing temperature from 70 °C to 160 °C decreases the optical band gap energy values of the film, where it is in 2 regimes to increase and decrease the effect of the film on the optical band gap energy. While the highest optical band gap energy was obtained as 3.50 eV from the films, the lowest optical band gap energy was obtained as 3.35 eV. Our optical band gap values are lower than the literature study (Cheah et al., 2020) of Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> thin film produced by sol-gel method. Figure 5 shows the % reflectance-wavelength graph for annealing at various temperatures. As seen in the figure, room temperature, 30 °C, 50 °C and 70 °C annealing regime, the reflectance value increases sharply at 350 nm wavelength. The reflectance of the film in 70 °C annealing temperature increased sharply from 5 % to about 10 %. At room temperature, 30 °C, 50 °C annealing temperature, the reflectance value of the film increased sharply from 5 % to about 20 %. The reflectance values of all films remained almost constant after 500 nm wavelength. While the highest reflectance value in the visible region of the spectrum was obtained in 30 °C annealed film; in the same region, the lowest reflectance value was obtained in the annealed film at 160 °C. As a general trend, the increasing annealing temperature decreases the film's reflectance value. This is an indication that annealing process plays a role in modifying the film's reflectance properties. Reflectance property of gold nanorattles impregnated chitosan film was researched in literature (Keshav et al., 2020) and shows similar behavior of our material after 500 nm wavelength. Figure 6 shows the graphic that gives the refractive index distribution of the film for different annealing temperatures. The refractive index values of the films vary between approximately 1.2 and 3.5 according to the changing wavelength and annealing temperature. It has been observed that the refractive indices of the films increase from about 1.7 or 2 to about 3.2 in sharp linearly in the films at about 350 nm, at room temperature, 30 °C, 50 °C and 70 °C annealing temperature. In films with 90 °C, 110 °C, 120 °C, 140 °C annealing temperatures, the refractive index distribution first increases at 350 nm, and then decreases with the increase in varying wavelength. On the other hand, in films annealed at 30 °C, 50 °C and 70 °C, the refractive index values is increasing up to 400 nm wavelength and beyond this wavelength value, it

is following an almost unchanged course. Table 1 shows the refractive index values (at 440 nm wavelength) of films depending on the various annealing temperatures. As can be clearly seen in Table 1, the highest refractive index at 440 nm wavelength is 3.46, which was obtained from the annealed film at 30 °C. The smallest refractive index value was obtained as 2.45 and obtained from annealed film at 120 °C.

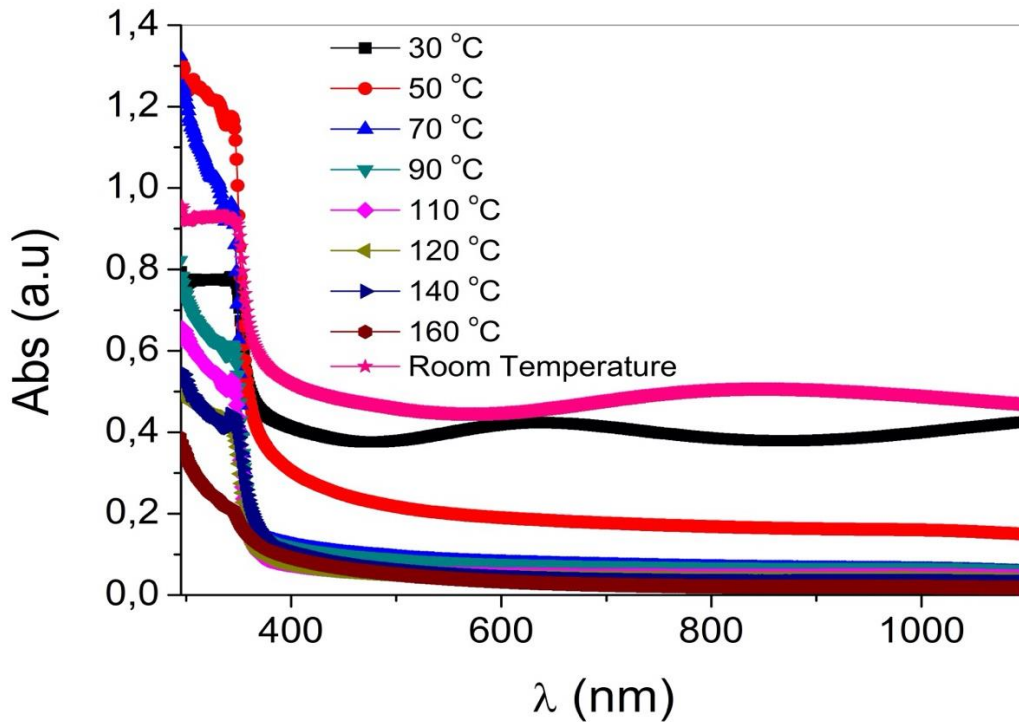


Figure.1. Absorption spectrum of films at various annealing temperatures

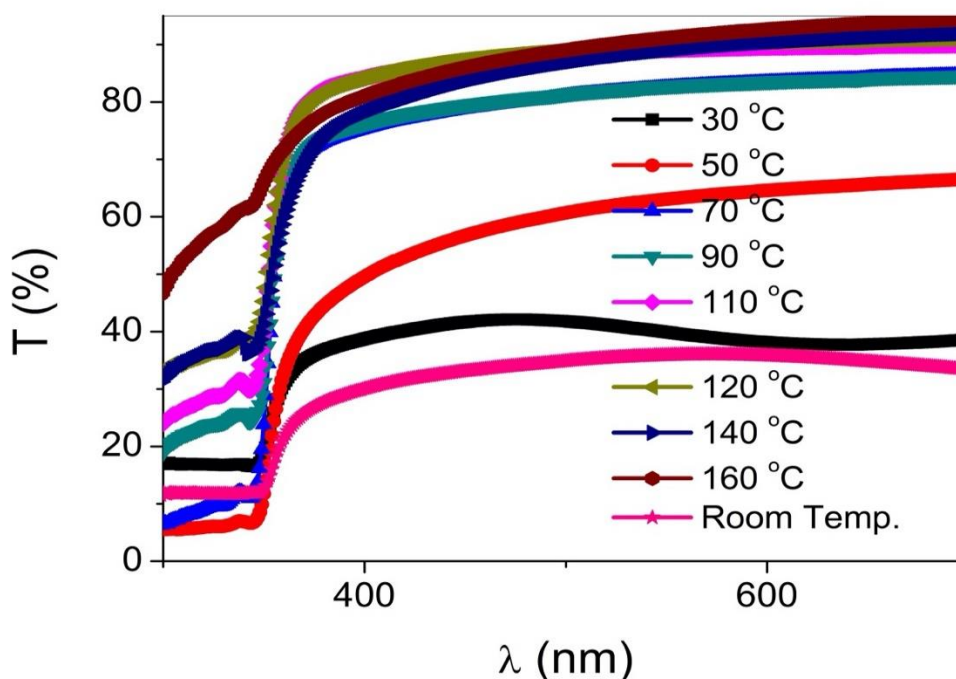


Figure.2. Dependence of films' transmittance values to annealing temperatures

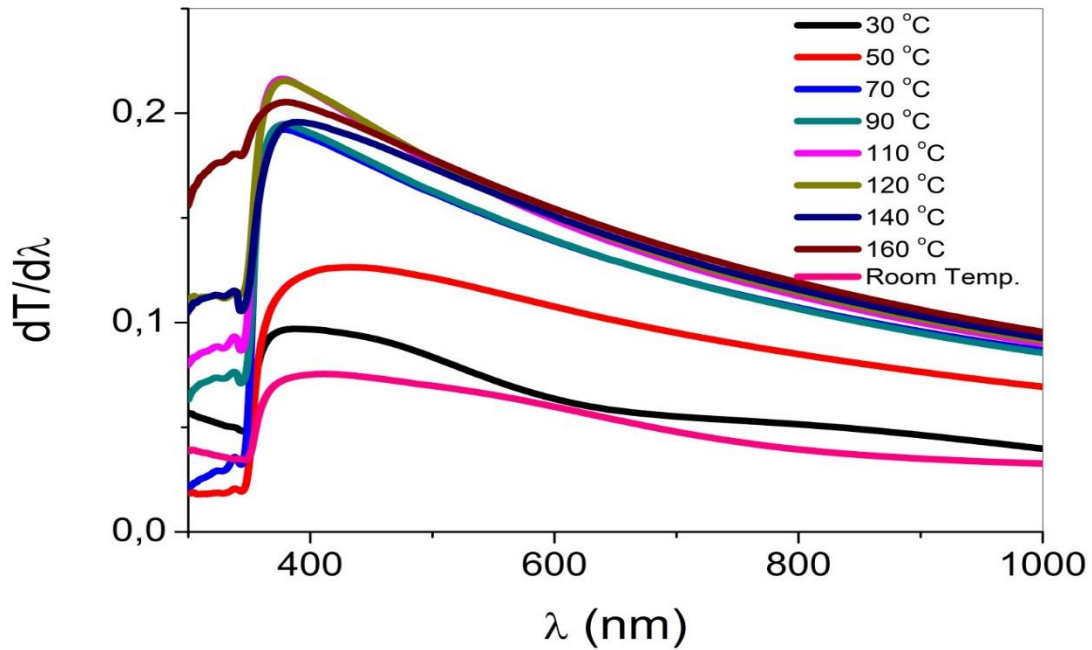


Figure.3. Derivation of transmission spectrum for different annealing temperatures

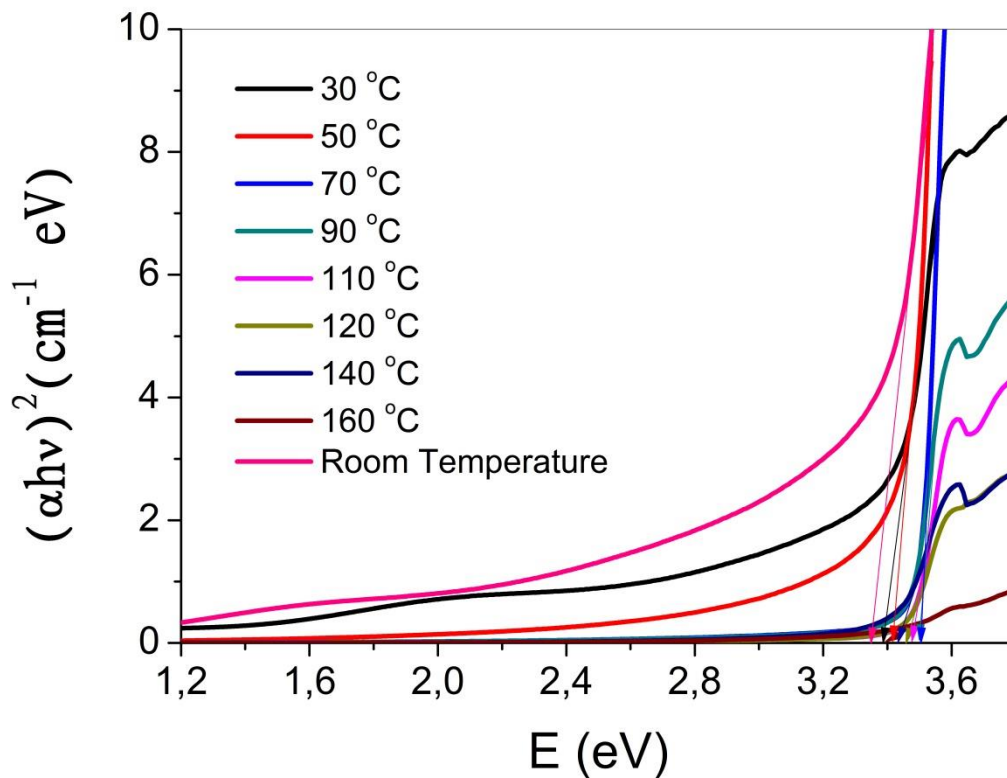


Figure.4.  $(\alpha h\nu)^2$  versus photon energy graph of films



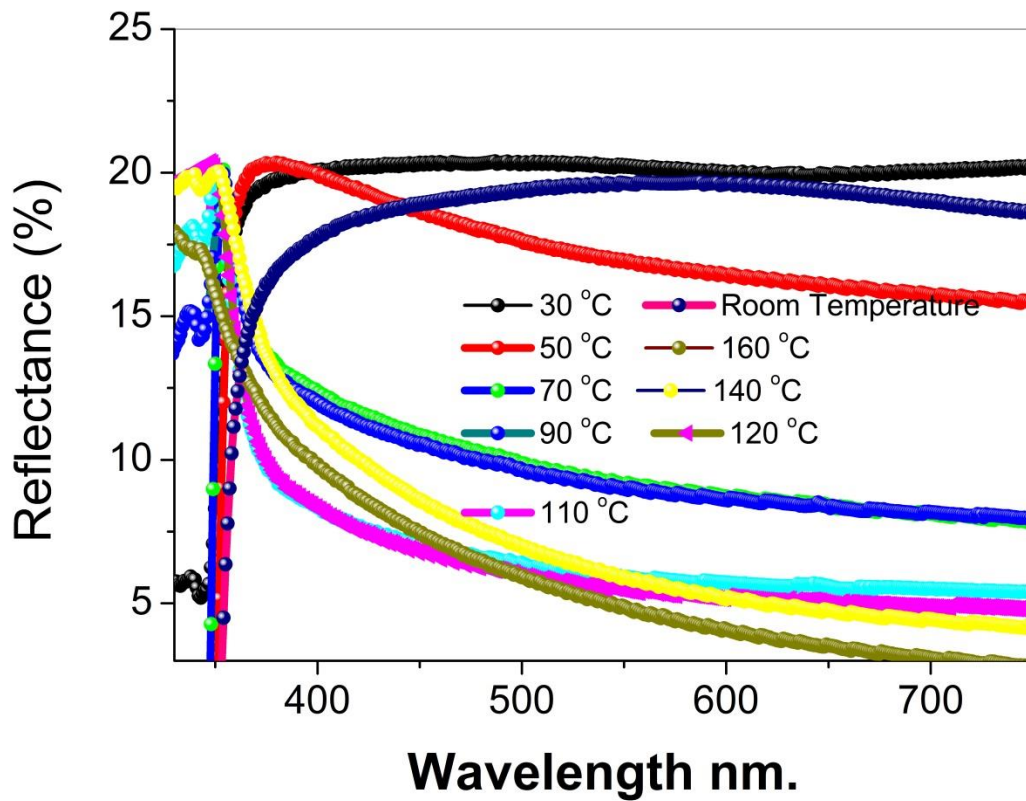


Figure.5. Dependence of reflectance properties of films on annealing temperatures.

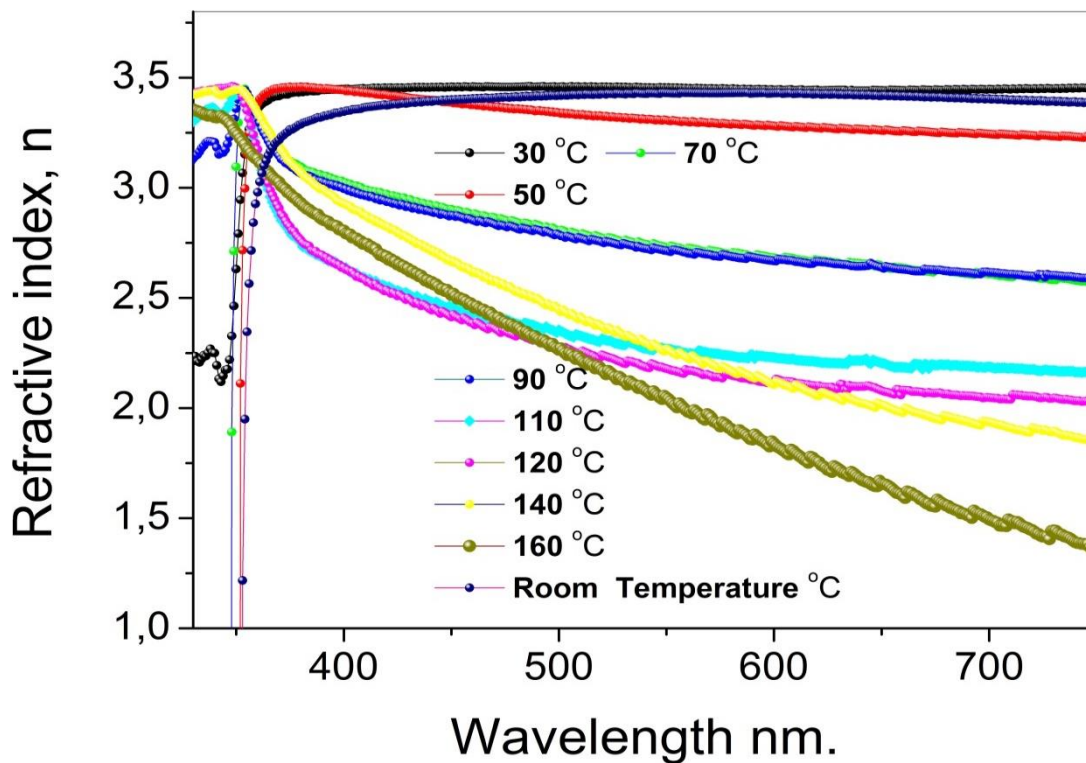


Figure.6. Distribution of refractive index values of films annealed at different temperatures

**Table 1:** Important optical properties of films for various annealed temperatures

Annealed temperature (°C)	Absorption band edge energy (eV)	Optical band gap energy (eV)	Refractive index value (at 440 nm)
0da sıcaklığı	3.06	3.35	3.39
30	3.21	3.39	3.46
50	2.87	3.42	3.41
70	3.27	3.50	2.93
90	3.27	3.50	2.88
110	3.31	3.48	2.49
120	3.28	3.46	2.45
140	3.19	3.43	2.71

## CONCLUSION

By applying various annealing temperatures of the synthesized 2, 6-bis (3- (carbazol-9-yl) phenyl) pyridine film using spin coating, the effects of these temperatures on the optical properties of the film were studied in detail. The use of films in an OLED device, which is an optical device, and thus improving its optical properties, plays a role in the development of high efficiency devices in device applications. The highest absorption in the UV ultraviolet region was obtained at 50 °C annealing temperature, while the lowest absorption was obtained at 160 °C annealing temperature. The highest transmittance in the UV ultraviolet spectrum range was achieved at about 55 %. This highest transmittance value was obtained at annealing temperature of 160 °C. In the visible region of the spectrum, the transmittance has increased considerably for films at all annealing temperature compared to the ultraviolet region. This sharp/steep linear increase in the % transmittance value occurred at a wavelength of about 350 nm. Films produced in the visible region have a transparency of over 70 % at annealing temperatures from 70 °C up to 160 °C. The effect of annealing on the optical band gap energy of the film is in 2 regimes as an increasing (at annealing regime from room temperature to 70 °C) and a decreasing (at annealing regime from 70 °C to 140 °C). While the highest optical band gap energy was obtained as 3.50 eV from the films, the lowest optical band gap energy was obtained as 3.35 eV. The refractive index values of the films vary between approximately 1.2 and 3.5 according to the changing wavelength. It is inferred that the refractive indexes of the films increase from about 1.7 or 2 to about 3.2 in sharp linearly in the films at 350 nm, at room temperature, 30 °C, 50 °C and 70 °C annealing temperature. It was observed that the reflectance values of all films remained almost constant at wavelengths after 500 nm. Absorption band edge energies were found to vary from 3.06 eV to 3.19 eV at varying annealing temperatures. The highest refractive index at 440 nm is 3.46, which was obtained from the annealed film at 30 °C. The smallest refractive index value was obtained as 2.45 and obtained from annealed film at 120 °C. In the visible and near infrared spectrum, it was seen that the film tends to decrease with increasing annealed temperature, with an increasing tendency to absorption. In summary, by changing the annealing temperatures, the optical properties of the film were controlled and it was observed from experimental results that annealing at different temperatures had an important role on the optical properties of the film.

## REFERENCES

Cheah LB, Rozana AMO, Poopalan P, 2020. Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> thin films by sol-gel method its optical properties. AIP Conference Proceedings, 2203: 020028.

- Chen D, Wang Z, Wang D, Wu YC, Lo CC, Lien A, Cao Y, Su SJ, 2015. Efficient exciplex organic light-emitting diodes with a bipolar acceptor. *Organic Electronics*, 25: 79-84.
- Guo R, Zhang S, Yue S, Yan P, Wu Y, Qu D, Zhao Y, 2016. High efficiency and simplified white organic light-emitting diode based on a single-host emission layer. *Synthetic Metals*, 220: 329-333
- Guo X, Yuan P, Qiao X, Yang D, Dai Y, Sun O, Qin A, Tang B, Ma D 2020. Mechanistic Study on High Efficiency Deep Blue AIE-Based Organic Light-Emitting Diodes by Magneto-Electroluminescence. *Advanced Functional Materials*, 30: 1908704.
- Keshav B, Amit J, 2020. Fabricating gold nanorattles impregnated chitosan film for catalytic application. *Materials Science for Energy Technologies*, 3: 167-173.
- Kim M, Lim C, Jeong D, Nam HS, Kim J, Lee J, 2016. Design of a MoO<sub>x</sub>/Au/MoO<sub>x</sub> transparent electrode for high-performance OLEDs. *Organic Electronics*, 36: 61-67.
- Koh T, Cho W, Yun HC, Yoo S, 2012. ITO-free down-conversion white organic light-emitting diodes with structured color conversion layers for enhanced optical efficiency and color rendering. *Organic Electronics*, 13: 3145-3153.
- Liang X, Wang K, Zhang LR, Guo K, Lu X, Wang K, Miao H, Xu H, Wang Z, 2017. Tetra-carbazole substituted spiro[fluorene-9,9'-xanthene]-based hole-transporting materials with high thermal stability and mobility for efficient OLEDs. *Dyes and Pigments*, 139: 764-771.
- Lee Y, 1996. A Compact and Transmissive Device for Dispersion-Compensation of Ultra-short Optical Pulses. *OPT REV*, 3: 303-305.
- Liu J, Li M, Lu Z, Huang Y, Pu X, Zhou L, 2020. Color tuning of iridium(III) complexes containing 2-phenylbenzothiazole-based cyclometalated ligands for application in highly efficient organic light-emitting diodes. *Dyes and Pigments*, 175: 108145.
- Mullewar S.Y, Zade GD, Kalyani NT, Dhoble SJ, 2016. Blue light emitting P-Hydroxy DPQ phosphor for OLEDs. *Optik - International Journal for Light and Electron Optics*, 127: 10546-10553.
- Skuodis E, Tomkeviciene A, Reghu R, Peculyte L, Ivaniuk K, Volyniuk D, Bezikonny O, Bagdziunas G, Gudeika D, Grazulevicius JV, 2017. OLEDs based on the emission of interface and bulk exciplexes formed by cyano-substituted carbazole derivative. *Dyes and Pigments*, 139: 795-807.
- Tsai YS, Hong LA, Juang FS, Chen CY, 2014. Blue and white phosphorescent organic light emitting diode performance improvement by confining electrons and holes inside double emitting layers. *Journal of Luminescence*, 153: 312-316.
- Wan M, 1992. Absorption spectra of thin film of polyaniline. *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*, 30: 543-549.
- Wu ZG, Zheng YX, Zhou L, Wang Y, Pan Y, 2017. Suppression of efficiency roll-off in highly efficient blue phosphorescent organic light-emitting devices using novel iridium phosphors with good electron mobility. *Organic Electronics*, 42: 141-145.
- Yu T, Deng L, Xia P, Lu Y, Zhan N, Chen S, 2019. Ultrahigh-performance blue organic light-emitting diodes based on SiO<sub>2</sub> coated Ag nanocubes and its working mechanism. *Organic Electronics*, 75: 105388.
- Zhao B, Miao Y, Wang Z, Chen W, Wang K, Wang H, Hao Y, Xu B, Xu W, 2016. Highly efficient orange fluorescent OLEDs based on the energy transfer from bilayer interface exciplex. *Organic Electronics*, 37: 1-5.
- Zhao X, Zhou L, Jiang Y, Cui R, Li Y, Zhang H, 2016. Efficient organic blue fluorescent light-emitting devices with improved carriers' balance on emitter molecules by constructing supplementary light-emitting layer. *Dyes and Pigments*, 130: 148-153.
- Zhou L, Jiang Y, Cui R, Li Y, Zhao X, Deng R, Zhang H, 2016. Efficient red organic electroluminescent devices based on trivalent europium complex obtained by designing the device structure with stepwise energy levels. *Journal of Luminescence*, 170: 692-696.

## Metamaterial based Flexible Coplanar Antenna Design and Simulation for Human Body Applications

Gamze TETİK<sup>1</sup>, Erkan TETİK<sup>2\*</sup>

**ABSTRACT:** This study presents a metamaterial based flexible coplanar antenna designed to operate close to the human model in the 2.45 GHz operation frequency band. Firstly, the reflection values and radiation pattern of the suggested antenna were analyzed. After obtaining good results, electromagnetic band gap (EBG) structure that is a kind of metamaterials was designed. Secondly, the EBG and the antenna was combined to form an integrated structure. At the same time, a human model was designed for the integrated structure. Conductive textile fabrics such as pure copper polyester taffeta fabric and felt were used for coplanar antenna and EBG design, respectively. Finally, the specific absorption rate (SAR) values of the coplanar wearable antenna and the integrated model were separately computed. As a result, the proposed EBG structure effectively reduced the SAR value of the integrated model. It was seen that the SAR value of integrated model was suitable with the standard threshold. The originality of the work lies in the use of wearable textile materials and making calculation by applying bend to the proposed structure. In addition, the sharp drop in SAR value from 31.8 to 0.0344 W/kg is remarkable when compared to many studies in the literature. The proposed integrated design has potentials to be applied to many research areas such as the military systems, health applications, and e-textile technologies.

**Keywords:** Flexible antenna, metamaterial, human body, SAR

<sup>1</sup> Gamze TETİK (Orcid ID: 0000-0002-5968-7244), Usak University, Faculty of Engineering, Materials Science and Nanotechnology Engineering, Usak, Turkey

<sup>2</sup> Erkan TETİK (Orcid ID: 0000-0002-8183-8141), Usak University, Faculty of Education, Computer Education and Instructional Technology, Usak, Turkey

\*Corresponding Author: Erkan TETİK, e-mail: erkan.tetik@usak.edu.tr

Geliş tarihi / Received: 13-02-2020

Kabul tarihi / Accepted: 18-08-2020

## INTRODUCTION

The refraction index is defined as the measure of bending of a light ray during the transfer from one medium into another. There are limited studies considering the refraction index as negative and these studies are listed in detail by Moroz (Moroz, 2009). Veselago first theorized that a medium can have negative refractive index that is expressed by the permittivity and permeability parameters (Veselago, 2002). These parameters determine the electromagnetic (EM) properties. It was experimentally proved that split ring resonators can have effective negative permittivity and permeability parameters simultaneously at particular frequency ranges between the years of 1996-1999 (Pendry et al., 1999), and these artificial materials were expressed as metamaterials (MTMs). MTMs that are defined as artificial EM materials have unnatural features like negative refraction and formations of them enabled free control of the EM parameters. These structures were experimentally investigated as single compact structures in one (Pendry, 2000) and two (Shelby et al., 2001) dimensions in 2000 and 2001, respectively. These studies guided the researchers to focus on MTMs and thus the researches on them increased remarkably (Ozbay and Aydin, 2008 Almoneef and Ramahi, 2014; O. Akgol et al., 2017). MTMs have many application areas such as cloaking (Alu and Engheta, 2008), absorber (Bagmanci et al., 2019; Bakır et al., 2016; Bağmancı et al., 2017), harvesting (Xiao et al., 2020; Oguzhan Akgol et al., 2017; Bakır, 2018), sensor (Bakır et al., 2015; Tetik and Erdiven, 2018), and chiral (Sabah et al., 2015). In addition, they can be used in the integrated antennas together with the electromagnetic band gap (EBG) structures that are kinds of MTMs (Abdulhameed et al., 2020; Bai and Langley, 2009; Tetik and D. Tetik, 2018). EBG designs have a characteristic to suppress EM wave propagation in operation frequency ranges and hence these structures provide a reduction in the radiation which is produced by the antennas. Since it reduces the radiation absorbed by the human body, researches on EBG integrated with the antennas ascended.

With the developments in wireless communication technologies that can be integrated into human body, the electro-textile (e-textile) materials attracted considerable attention (Salonen et al., 2004; A. Tronquo et al., 2006; Anneleen Tronquo et al., 2006; Soh et al., 2012). These materials can be integrated into electronic devices that can be applied in fields such as the body worn communication technologies, health monitoring, military, and textile sciences. One of the most remarkable of these fields is wearable wireless communication technology field and it can be defined as the link between wirelessly communicating devices that are body-mounted. An important part of these integrated devices consists of fabric-based wearable antenna (WAs) types. WAs which are described as the e-textile based antenna devices have many advantages such as inexpensiveness, washability, lightness, and ability to be hidden. As these structures can be easily associated into everyday clothes, it attracts researchers' attention and there are many investigations about the wearable e-textile antennas. In addition, the studies demonstrated that the WAs are flexible and this means low and stable resistivity that should be less than  $1 \Omega/\text{sq}$ . The e-textile based antennas usually consist of a substrate that is produced with materials such as felt, cotton, flannel fabric, and jeans. In addition to this material, the pure copper polyester taffeta fabric (PCPTF) is usually used as a conductor (Zhu and Langley, 2009; Gupta et al., 2010). Researchers focused on designing EBG structures with these materials due to the advantages of e-textile based applications (Sankaralingam and Gupta, 2010). They also improved integrated structures consisting of antenna and EBG. By the new technologies, the number of wearable wireless devices is rapidly increasing. One of the most important disadvantages of the WAs is their closeness to human body. The human body may be exposed to antenna radiation due to contact and it may be negatively affected owing to the amount of power absorbed per unit mass of the body that is expressed by the specific absorption rate (SAR). In this

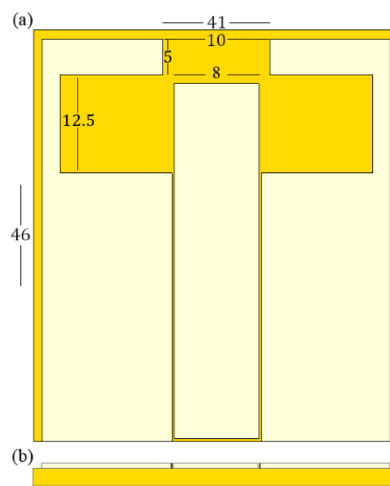


context, these integrated structures have the feature of reducing the backward radiation reflecting from the antenna. The current paper aims to minimize the EM radiation caused by wireless devices on the human body.

Firstly, we designed the coplanar textile antenna that can operate at 2.45 GHz and investigated its reflection coefficients and radiation pattern. Then, the suggested antenna and MTM based EBG structure were designed to be integrated. After obtaining the desired values, the proposed design was created by integrating the antenna and EBG structure. Afterwards, we designed the cylindrical human tissue model for the SAR value analysis. We obtained the SAR value of the suggested WA and the integrated model using the proposed human model. Finally, we investigated the effect on human body of the suggested WA and integrated structures.

## MATERIALS AND METHODS

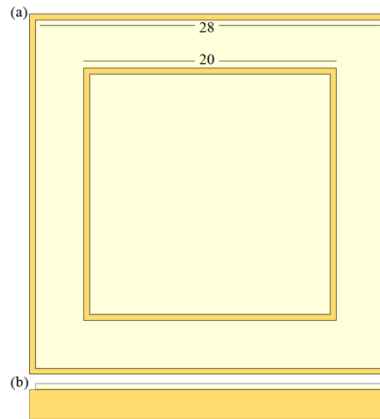
We designed the proposed antenna and EBG model using the e-textile materials that were indispensable for WA applications. These materials are produced from conductive fabrics that are obtained by interleaving traditional fabrics with conductive metal/polymer threads. The PCPTF has  $0.031 \Omega/\text{sq}$  measured resistance,  $2.5 \times 10^5 \text{ S/m}$  electrical conductivity, and  $0.05 \Omega/\text{sq}$  surface resistance values. Therefore, it was preferred as conductive material in order to maintain sufficient conductivity and flexibility. For substrate part of models, we used the felt textile material that has 0.016 loss tangent, 1.22 permittivity, and 0.65 mm thickness. In order to perform the electrical characterization (permittivity  $\epsilon$  and loss tangent  $\tan\delta$ ) of felt fabric, two different methods are used (Mantash et al., 2012): the method of stub resonator (Liu et al., 2009) which is valid for a single frequency and a broadband method based on a stripline cell (Salahun et al., 2001). The geometry of the suggested wearable coplanar antenna designed using these e-textile materials is demonstrated in Fig. 1. The designed antenna that had sizes of  $w = 41$  and  $h = 46$  mm consists of 3 parts as the patch, substrate, and ground plane. The coplanar patch and ground plane parts of antenna were designed using the PCPTF material that had a thickness of 0.035 mm.



**Figure.1.** The suggested coplanar flexible antenna (a) top view (b) side view.

To design a MTM based low-profile integrated structure, we designed the EBG structure that was used to achieve phase reflection in the 2.45 GHz operation frequency. The proposed EBG structure which consists of more than one-unit cell was designed as a ground plane for the coplanar WA. The unit cell of this EBG structure is demonstrated Fig. 2. This unit cell consisted of a combination of conductors and dielectrics arranged in either a single row or multiple columns. The EBG structures consisting of such unit cells can exhibit very high surface impedance at particular frequency ranges. In this context,

we used the proposed EBG structure to block EM waves in resonance frequency value of the proposed coplanar flexible antenna. We preferred the PCPTF and felt material in a similar way to the proposed EBG structure. The EBG and coplanar antenna design using e-textile materials had as good results as conventional antenna designs. The suggested EBG structure that had dimensions of 30 x 30 mm consists of 3 parts as the patch, substrate, and ground plane. The substrate that had 2 mm thickness was made of felt material. The patch and ground plane were made of PCPTF material.

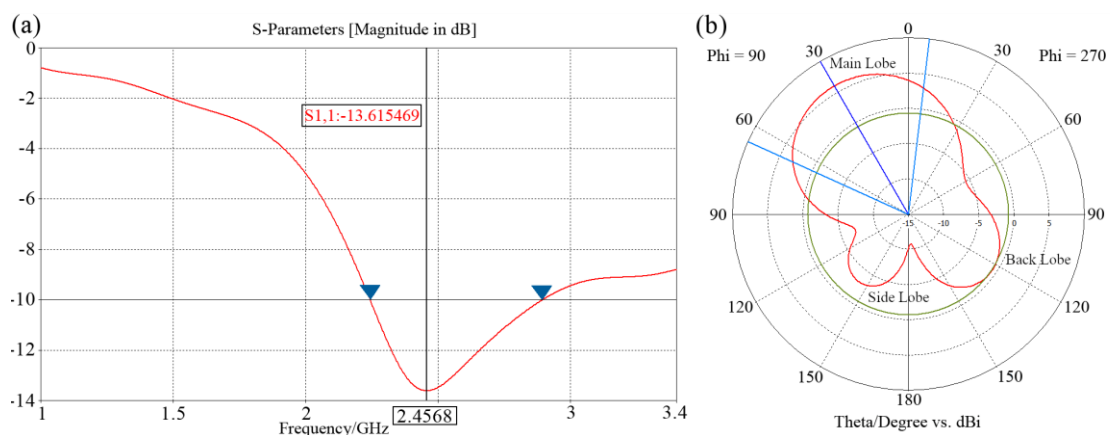


**Figure.2.** The MTM based EBG structure (a) top view (b) side view.

We investigated the SAR characteristics of the proposed e-textile based structures by using a full-wave EM solver CST Microwave Studio (Computer Simulation Technology GmbH, Darmstadt, Germany) based on the finite integration technique (FIT). CST Microwave Studio is a high-performance 3D EM analysis software package for designing, analyzing and optimizing EM components and systems. Common subjects of EM analysis include the performance and efficiency of antennas, electromagnetic compatibility, exposure of the human body to EM fields, energy harvesting, and sensor devices.

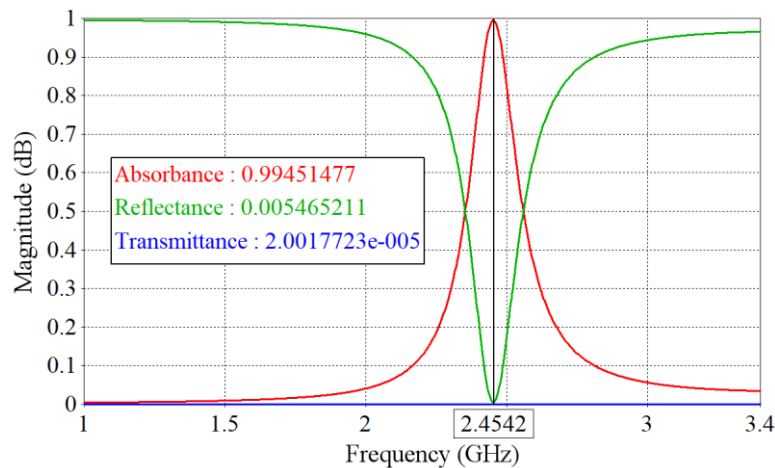
## RESULTS AND DISCUSSION

We realized the calculation and designs of the proposed model which consisted of the WA, the EBG structure, and the antenna-EBG based integrated structure. After designing structures, we simulated to obtain the ideal dimensions of proposed antenna and performed to analyze the S-Parameters (Magnitude in dB) and surface current distribution. The periodic structures such as EBG used in the microwave applications can exhibit the pass band or stop band characteristics. We obtained the absorption and permittivity properties of the EBG structure to analyze its usage with the proposed antenna. The calculation studies of suggested models were performed at 1-3.4 GHz frequency range.



**Figure.3.** The reflection coefficient (a) and radiation pattern (b) of the proposed coplanar antenna.

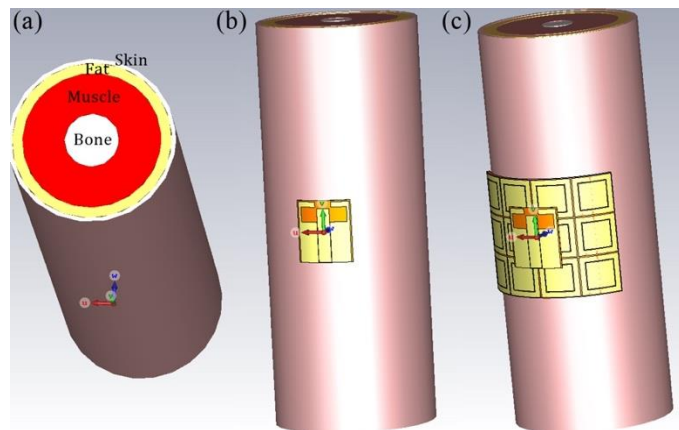
We investigated the performance of proposed wearable coplanar antenna in the 2.45 GHz industrial, scientific, and medical (ISM) band and obtained the reflection coefficient from calculations that is demonstrated in Fig. 3(a). The proposed antenna reflected at 2.454 GHz frequency value and had a remarkable propagation. We obtained the peak value of -13.4568 dB for the  $S_{11}$ . The frequency range in which an antenna operates can be measured by means of the reflection coefficient ( $|S_{11}|^2$ ). This coefficient provides information about the behavior of the antenna. For a standard antenna, the incident wave (a) will be reflected (b) and radiated (c). In this case, the reflection coefficient is defined as  $|S_{11}|^2 = |b|^2/|c|^2$  and is expressed in dB, thus as  $A=10\log|S_{11}|^2$ . The outcome provides information on the performance of the antenna because  $A < -10$  dB means that no more than 10 % of the incoming power is reflected by the antenna, whereas at least 90 % is radiated when no losses occur. An antenna having these properties can be considered of good quality. In this context, we obtained the bandwidth of the proposed antenna between the point where -10dB line cuts the curve in Fig. 3(a). The first and second points which give the low and high frequencies have 2.24 and 2.91 GHz values, respectively. The bandwidth of the proposed antenna has 0.67(2.91-2.24) GHz (670 MHz) value. In this case, it was understood that this coplanar antenna can be efficiently applied in wearable technologies where e-textile applications have a dominant importance. Then, we computed the radiation pattern of the suggested coplanar antenna that is shown Fig. 3(b) at the operation frequency band range. This radiation pattern has the directional characteristics that is characterized by more efficient radiation in one direction than another. In addition, it has three lobes called main, side and back. The main lobe has maximum gain of 5.97 dBi at proposed frequency. According to the results obtained, e-textile based proposed coplanar antenna can be easily used in industrial applications via its geometry and frequency band value.



**Figure.4.** The absorbance, reflectance, and transmittance results of the proposed EBG structure.

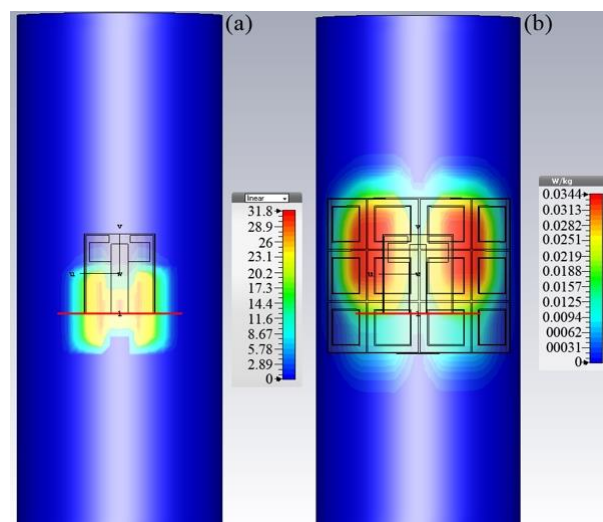
After the design and simulation procedure the proposed coplanar antenna, we achieved the absorption, reflection, and transmission characteristics of EBG structure. These simulations are carried out at 1-3.4 GHz frequency range. The calculation results obtained are shown in Fig. 4. The absorption characteristic of these structures is related to its transmission  $T(\omega) = |S_{21}|^2$  and reflection  $R(\omega) = |S_{11}|^2$ , according to the formula:  $A(\omega) = 1 - R(\omega) - T(\omega)$ . According to this formula, maximizing frequency value of the absorption  $A(\omega)$  is equivalent to minimizing simultaneously both the transmission ( $T(\omega)$ ) and the reflectivity ( $R(\omega)$ ) at the same frequency range. In order to maximize the absorption, the reflection and transmission, which are expressed by the equation  $R(\omega) = |S_{11}|^2$  and  $T(\omega) = |S_{21}|^2$ , should be minimized at the resonance frequency. In order to completely prevent transmission of the structure, its back site is blocked with a PCPTF e-textile material. In this context, the

calculation results of the EBG structure have been investigated according to the absorption equation  $A(\omega) = 1 - R(\omega)$  where  $|S_{21}|^2 = 0$  since  $T(\omega) \rightarrow 0$ . According to the results obtained, the transmission value is zero at the all frequency values and reflection only has a minimum value at the resonance frequency that is 2.45 GHz. The absorption which is of about 99.45% reaches its maximum value at the resonance frequency. As a results, the proposed EBG structure can be used to suppress EM wave propagation at 2.45 GHz ISM. In addition, this EBG structure can be applied to all antennas working at the proposed ISM frequency.



**Figure.5.** The human model (a), the proposed wearable coplanar antenna in direct contact with the human model (b), and the proposed integrated structure and human model.

Once we achieved the ideal antenna and EBG structures, we created the cylindrical human model that is demonstrated in Fig. 5(a). The suggested human design consisted of the bone, muscle, fat, and skin tissue layers that had 13, 20, 5, and 2 mm radii, respectively. These tissues were located in a cylinder human model that had 40 mm total radius. The proposed antenna was integrated into this human model so that calculations were performed. It is demonstrated in Fig. 5(b) that the analyzed WA was in direct contact with this human body. Then, proposed integrated antenna and EBG structure was placed on human model that had same design. The antenna and human model design in the Fig. 5(b) led significant radiation problems. To overcome radiation problems, we placed the proposed EBG structure between the coplanar antenna and human model as depicted in Fig. 5(c) and realized the bending to both models. The EBG structure integration was performed to control the SAR value.



**Figure.6.** The SAR value obtained in direct contact (a) and SAR value obtained when EBG structure was placed between human body and antenna (b).

We performed the SAR calculations for the suggested MTM based wearable coplanar antenna. The SAR calculations were used for controlling the effects of potential health hazard on the human body. The SAR value is expressed as follows

$$\text{SAR} = P/\sigma = \sigma E^2/2\rho \quad (1)$$

where  $\sigma$  is the tissue conductivity,  $P$  is the power loss density,  $E$  is the electric field amplitude in tissue, and  $\rho$  is the density of tissue. After SAR analysis, the SAR reduction factor (SRF) value was calculated for proposed structures, that was defined by equation 2.

$$\text{SRF} (\%) = (\text{SAR}_{\text{antenna}} - \text{SAR}_{\text{antenna+EBG}}/\text{SAR}_{\text{antenna}}) \times 100 \quad (2)$$

In this context, the amount of EM wave absorbed in the human body due to suggested WA was investigated. According to the analysis results of the proposed structures, we obtained the SAR value as 31.8 W/kg when there was a direct contact between the human model and coplanar antenna as demonstrated in Fig 6(a). This SAR value might cause the health risks on the human body. The SAR results of proposed EBG structure based integrated structure are demonstrated in Fig. 6(b). The proposed EBG design had 4x3 unit cell. In this case, the SAR value of this structure decreased to 0.0344 W/kg. The proposed structure was remarkably impressive considering that this result was so lower than the European standard (2 W/kg). In addition, the SRF value was calculated as 99.89 % using the obtained SAR value for integrated structure. It was found that the suggested model had a quite good surface wave suppression characteristic.

**Table 1.** Frequency, antenna locations, and SAR values in the present study and the other studies.

Studies (10 g tissue)	Frequency (GHz)	Location	SAR (W/Kg)
Present Study	2.45	Human arms	0.0344
Afridi et al.	2.4 and 5.2	Human arms	1.90 and 0.92
Yan et al.	2.4	Human arms (mode 1 and 2)	0.05 and 0.01
Kim et al.	6	Human wrist	0.15

Table 1 shows the results of the calculation, together with the present study and the other studies. Afridi et al. presented two type of dual band (2.4 and 5.2 GHz) wearable planar dipole antenna. They obtained 1.90 and 0.92 W/kg simulated SAR values for 2.4 and 5.2 GHz frequency bands, respectively. These values are at a high level compared to the literature. Yan et al. realized a pattern-reconfigurable WA design based on MTM structure. They achieved the simulated SAR value of 0.05 and 0.01 W/kg for mode 1 and 2. These values are quite remarkable when the European standard threshold was considered. Kim et al. designed a reconfigurable beam-steering patch antenna for wrist-wearable applications. They achieved the SAR values in the range of 0.08 and 0.15 W/kg. These results are also remarkable, but they are outside the ISM band range. In this study, the SAR value in the 2.45 GHz frequency band was obtained as 0.0344 W/kg. These results are quite significant compared to many values in the literature.

Wearable electronics devices are leading thanks to advancements in miniature electronics fabrication, wireless communications, and batteries. Not only for personal life such as mobile phones and smartwatches, but also for providing a wider range of services such as indoor positioning, physical and mental health monitoring, and sports analytics. On the other hand, these devices harm human health due to EM radiation they caused. The proposed structure can be used by integrating with devices such as the mobile phones, tablets, and smartwatches, so that the damage will be minimized. Consequently,



the proposed MTM based WA can be utilized in various applications where the e-textile antenna technologies are used.

## CONCLUSIONS

In this study, the EBG based wearable circular antenna that operated at 2.45 GHz frequency band was investigated. The e-textile based antenna was designed and its reflection coefficients were simulated. The results obtained from the simulations demonstrated that this antenna reflected at 2.45 GHz frequency. We performed the SAR analysis of the proposed structure according to these results. We designed the MTM based EBG structure and integrated it to this antenna. Similarly, we obtained the SAR results of this integrated structure. The proposed coplanar antenna directly mounted on the body gave 31.8 W kg<sup>-1</sup> SAR value taken over 10 g of tissue. This value was very high for European standard (2 W kg<sup>-1</sup>). To overcome the potential health hazard, the proposed integrated model was designed using antenna and EBG structures. Thus, this integrated structure reduced the value of SAR to 0.0344 W kg<sup>-1</sup>. This value was remarkable according to the acceptable SAR value standards. Moreover, the proposed integrated model had 99.89 % SRF values for 4x3 EBG structure. This value was quite adequate for the WA applications. Consequently, the proposed integrated antenna design can be applied to many research areas such as mobile devices, military systems, health applications, and e-textile technologies.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by Usak University Scientific Research Foundation (Project Number: 2018/SOSB003).

## REFERENCES

- Abdulhameed MK, Isa MSB, Zakaria Z, Ibrahim IM, Mohsen MK, Attiah ML, Dinar AM, 2020. Enhanced performance of compact 2×2 antenna array with electromagnetic band-gap. *Microwave and Optical Technology Letters*, 62(2): 875-886.
- Afridi A, Ullah S, Khan S, Ahmed A, Khalil AH, Tarar MA, 2013. Design of Dual Band Wearable Antenna Using Metamaterials. *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, 47(2), 126-137.
- Akgol O, Altintas O, Dalkilinc EE, Unal E, Karaaslan M, Sabah C, 2017. Metamaterial absorber-based multisensor applications using a meander-line resonator. *Optical Engineering*, 56(8): 087104.
- Akgol O, Bağmancı M, Karaaslan M, Ünal E, 2017. Broad band MA-based on three-type resonator having resistor for microwave energy harvesting. *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, 51(2): 134-149.
- Almoneef T, Ramahi OM, 2014. A 3-Dimensional Stacked Metamaterial Arrays For Electromagnetic Energy Harvesting. *Progress In Electromagnetics Research*, 146: 109-115.
- Alu A, Engheta N, 2008. Plasmonic and metamaterial cloaking: Physical mechanisms and potentials. *Journal of Optics A: Pure and Applied Optics*, 10(9): 093002
- Bağmancı M, Karaaslan M, Ünal E, Akgol O, Bakır M, Sabah C, 2019. Solar energy harvesting with ultra-broadband metamaterial absorber. *International Journal of Modern Physics B*, 33(08): 1950056.
- Bağmancı M, Karaaslan M, Ünal E, Akgol O, Karadağ F, Sabah C, 2017. Broad-band polarization-independent metamaterial absorber for solar energy harvesting applications. *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*, 90: 1-6

- Bakır M, Karaaslan M, Dincer F, Delihacioglu K, Sabah C, 2015. Perfect metamaterial absorber-based energy harvesting and sensor applications in the industrial, scientific, and medical band. *Optical Engineering*, 54(9): 097102.
- Bakır M, Karaaslan M, Dincer F, Delihacioglu K, Sabah C, 2016. Tunable perfect metamaterial absorber and sensor applications. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 27: 12091-12099.
- Bakır M, 2018. Metamaterial based multiband energy harvesting application. *Journal of Balikesir University Institute of Science and Technology*, 20(1): 517-538.
- Bai Q, Langley R, 2009. Wearable EBG antenna bending and crumpling. 2009 Loughborough Antennas and Propagation Conference, 16-17 November 2009, Loughborough University. UK
- Gupta B, Sankaralingam S, Dhar S, 2010. Development of wearable and implantable antennas in the last decade: A review, 2010 10th Mediterranean Microwave Symposium, 25-27 August 2010. Northern Cyprus.
- Kim JY, Ha SJ, Kim D, Lee B, Jung CW, 2012. Reconfigurable beam steering antenna using U-slot fabric patch for wrist-wearable applications. *Journal of Electromagnetic Waves and Applications*, 26(11): 1545-1553.
- Liu D, Pfeiffer J, Grzyb J, Gaucher B, 2009. *Advanced Milimeter-Wave Technologies: Antennas, Packaging and Circuits*, chapter 5, Wiley. 163-232 p.
- Mantash M, Tarot AC, Collardey S, Mahdjoubi K, 2012. Investigation of flexible textile antennas and AMC reflectors. *International Journal of Antennas and Propagation*, 2012: 1-10.
- Moroz A, 2009. Some negative refractive index material headlines long before Veselago work and going back as far as to 1905, <http://www.wave-scattering.com/negative.html>, 07 February 2020.
- Ozbay E, Aydin K, 2008. Negative refraction and imaging beyond the diffraction limit by a two-dimensional left-handed metamaterial. *Photonics and Nanostructures-Fundamentals and Applications*, 6(1): 108-115
- Pendry JB, 2000. Negative refraction makes a perfect lens. *Physical review letters*, 85(18): 3966.
- Pendry JB, Holden AJ, Robbins DJ, Stewart WJ, 1999. Magnetism from conductors and enhanced nonlinear phenomena. *IEEE transactions on microwave theory and techniques*, 47(11): 2075-2084
- Sabah C, Dincer F, Karaaslan M, Bakir M, Unal E, Akgol O, 2015. Biosensor applications of chiral metamaterials for marrowbone temperature sensing. *Journal of Electromagnetic Waves and Applications*, 29(17): 2393-2403.
- Salahun E, Queffelec P, Floch ML, Gelin P, 2001. A broadband permeameter for 'in situ' measurement of rectangular samples. *IEEE Transactions on Magnetics*, 37(4): 2743-2745.
- Salonen P, Rahmat-Samii Y, Schaffrath M, Kivikoski M, 2004. Effect of textile materials on wearable antenna performance: a case study of GPS antennas, *IEEE Antennas and Propagation Society Symposium*, 20-25 June 2004, Monterey. California.
- Sankaralingam S, Gupta B, 2010. Use of Electro-Textiles for Development of Wibro Antennas. *Progress In Electromagnetics Research*, 16: 183-193.
- Shelby RA, Smith DR, Schultz S, 2001. Experimental verification of a negative index of refraction. *Science*, 292(5514): 77-79.
- Soh PJ, Vandenbosch GAE, Ooi SL, Rais, NHM, 2012. Design of a broadband all-textile slotted PIFA. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 60(1): 379-384.
- Tetik E, Tetik G, 2018. The effect of a metamaterial based wearable monopole antenna on the human body. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 14(1): 93-97.
- Tetik, E., Erdiven, U., 2018. Functional Pressure and Density Sensor Design Based on Metamaterial Absorber. *Çukurova Univ. J. Fac. Eng. Archit.* 33, 23–30.

- Tronquo A, Rogier H, Hertleer C, Van Langenhove, L, 2006. Robust planar textile antenna for wireless body LANs operating in 2.45 GHz ISM band. *Electronics letters*, 42(3): 142-143.
- Tronquo A, Rogier H, Hertleer C, Van Langenhove L, 2006. Applying textile materials for the design of antennas for wireless body area networks, 2006 First European Conference on Antennas and Propagation, 6–10 November 2006, Nice. France.
- Xiao Z, Lv F, Li W, Zou H, Li C, 2020. A three-dimensional ultra-broadband and polarization insensitive metamaterial absorber and application for electromagnetic energy harvesting. *Waves in Random and Complex Media*, 1-9.
- Veselago VG, 2002. *Electrodynamics of Media with Simultaneously Negative Electric Permittivity and Magnetic Permeability*. *Advances in Electromagnetics of Complex Media and Metamaterials*, Springer, Dordrecht, 83p.
- Yan S, Guy AE, 2016. Radiation pattern-reconfigurable wearable antenna based on metamaterial structure. *IEEE Antennas and wireless propagation Letters*, 15: 1715-1718.
- Zhu S, Langley R, 2009. Dual-band wearable textile antenna on an EBG substrate. *IEEE transactions on Antennas and Propagation*, 57(4): 926-935.

**PVA-Bloedite [Na<sub>2</sub>X(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> (X= Ni, Mg)] Jel Elektrolitlerin Kapasitör Uygulamaları**Serkan DEMİREL<sup>1\*</sup>

**ÖZET:** Bloedite tipi olarak adlandırılan [Na<sub>2</sub>M(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.(4H<sub>2</sub>O) (M= Mn, Zn, Ni, Cu, Fe, Co)] malzemeler teknolojik olarak sensör ve enerji depolama sistemlerinde aktif olarak kullanılabilir. Bu kapsamda Na<sub>2</sub>X(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.(4H<sub>2</sub>O) (X=Mg, Ni) bloedite malzemelerinin jel forma getirilerek kapasitör elektroliti özellikleri incelenmiştir. Polivinil Alkol (PVA) ile jel forma getirilen Ni ve Mg-bloedite yapılarının cv ölçümleri yapılmış ve ±1 V bölgesi içinde kalıcı akım düzlüklerine sahip oldukları belirlenmiştir. Kapasitör yapımında paslanmaz çelik folyolar elektrot olarak kullanılmıştır ve yapılan kapasite ölçümlerinde Ni-bleodite ~28 mFg<sup>-1</sup>, Mg-bleodite ~25 mFg<sup>-1</sup> deşarj kapasitans değerlerine ulaşmıştır. Şarj-deşarj döngüsel kapasitans değeri belirleme çalışmaları kapsamında, 50 döngü sonunda Ni-bloedite yapısının Mg-bloedite yapısına göre iki kattan daha fazla yüksek kapasitans değeri sağladığı belirlenmiştir. Bu farklılık jel elektrolit viskozitesi ile ilişkilendirilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda PVA-Bloedite yapılı malzemelerin kapasitör enerji depolama sistemlerinde jel elektrolit olarak kullanılmasına uygun olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelime:** Bloedite, Jel Elektrolit, Kapasitör.

**Capacitor Applications of PVA-Bloedite [Na<sub>2</sub>X(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> (X= Ni, Mg)] Gel Electrolytes**

**ABSTRACT:** The bloedite type [Na<sub>2</sub>M(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.(4H<sub>2</sub>O) (M = Mn, Zn, Ni, Cu, Fe, Co)] materials are actively used in technology as sensors and energy storage materials. In this context, bloedite Na<sub>2</sub>X(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.(4H<sub>2</sub>O) (X = Mg, Ni) materials were transformed into a gel form with Polyvinyl Alcohol (PVA), and, their capacitor electrolyte properties were examined. According to cv measurement results, it was determined that Ni and Mg-bloedite structures had permanent current regions in ±1 V range. In the experimental capacitor construction, stainless steel foils were used as electrodes. Ni-bleodite reached ~ 28 mF g<sup>-1</sup>, and, Mg-bleodite ~ 25 mF g<sup>-1</sup> discharge capacitance values. The cycle life studies show that after 50 cycles, Ni-bloedite structure provide more than twice capacitance value compared to Mg-bloedite structure. This difference has been associated with gel electrolyte viscosity. As result of the studies, it has been determined that PVA-Bloedite structure are suitable for use as a gel electrolyte in capacitor energy storage systems.

**Keywords:** Bloedite, Gel Electrolyte, Capacitor.

<sup>1</sup> Serkan DEMİREL (Orcid ID: 0000-0003-1158-4956), Elektrik ve Enerji Bölümü, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye.

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Serkan DEMİREL, serkan.demirel@igdir.edu.tr

Geliş tarihi / Received: 10-04-2020

Kabul tarihi / Accepted: 25-06-2020

## GİRİŞ

Enerji depolama sistemlerinden biri olan kapasitörler için elektrolit aktif materyalleri büyük önem taşımaktadır. Yüksek kapasitans, yüksek verimlilik, düşük maliyet, kimyasal ve fiziksel kararlılık ve kolay sentezlenebilirlik her zaman ön planda tutulmaktadır (Gonzalez ve ark., 2016). Bu özelliklere uygun olarak kapasitörlerde KOH, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, LiOH ve KCl sulu çözeltileri yaygın olarak kullanılmaktadır (Gonzalez ve ark., 2016). Belirtilen bileşik ve yapılar her ne kadar yüksek performans sağlasa da sahip oldukları toksik yapı, iletkenlik, viskozite, kararlılık ve muhafaza sorunları nedeniyle bazı sıkıntılar ortaya çıkmaktadır (Gonzalez ve ark., 2016; Zhong ve ark., 2015). Bu kapsamda araştırmacılar geçmişten günümüze kadar gelen süreçte bu malzemelere alternatif olabilecek yeni materyaller üzerine çalışmaktadırlar.

Normal şartlarda 3 farklı fiziksel özellikte kullanılabilen elektrolit malzemeleri katı, sıvı ve jel olarak sentezlenmektedirler. Kapasitif performans açısından en yüksek performans sıvı elektrolitler ile sağlanırken, sıvı elektrolitlerin sahip olduğu yüksek iletkenlik kapasitör içinde ayrıca yalıtkan bir membran kullanımını gerektirmektedir (Demirel, 2020; Gonzalez ve ark., 2016). Bunun dışında sıvı elektrolitlerin toksik yapısı ve muhafaza sorunları nedeniyle güvenlik sorunları bulunmaktadır (Demirel, 2020; Gonzalez ve ark., 2016). Diğer taraftan katı elektrolitler muhafaza ve güvenlik yönünden en yüksek performansa sahip olsalar da kapasitif performansları çok düşüktür. Jel elektrolitler ise kapasitif performans olarak katı ve sıvı elektrolitler arasında yer almakta ve güvenlik ile membran kullanımı açısından sıvı elektrolitlere göre daha avantajlıdır. Özellikle jel elektrolitlerin hemen hemen hepsinde yalıtkan membran kullanımına ihtiyaç duyulmamaktadır (Demirel, 2020; Gonzalez ve ark., 2016).

1940 yılından beri üzerine çeşitli çalışmalar yapılan Bloedite-tip Na<sub>2</sub>M(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.(4H<sub>2</sub>O) (M= Mn, Zn, Ni, Cu, Fe, Co) yapıları sistemler alkali iyonların hareketi için sağladıkları geniş alanlar nedeniyle teknolojik olarak UV-sensör ve enerji depolama sistemlerinde elektrot aktif maddesi olarak kullanılmaktadır (Rong-rong ve ark., 2011). Özellikle hem Li-iyon hem de Na-iyon bataryalarda elektrot olarak kullanılabilen Bloedite-tip malzemeler yapısal kararlılık ve kristal yapı içerisinde sahip olduğu geniş iyon transfer yolları ile kapasitörlerde deneme fikrini açığa çıkarmıştır (Rong-rong ve ark., 2011; Pal ve ark., 2019; Marinova ve ark., 2018; Ventosa ve ark., 2016; Reynaud ve ark., 2014).

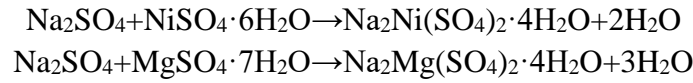
Bu kapsamda Na<sub>2</sub>X(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.(4H<sub>2</sub>O) (X=Mg, Ni) sisteminin geniş teknolojik uygulanabilirlik özelliğinden faydalanarak kapasitörlerde jel elektrolit aktif maddesi olarak deneme çalışmaları yapılmıştır. Ni ve Mg-bloedite sistemleri ile literatürde ilk defa denenecek olan PVA-Bloedite jel elektrolit araştırmasında en temel düzeyde en fazla kapasite değerinin elde edilmesi amaçlanmıştır. Yapılan deneysel çalışmalar kapsamında Ni ve Mg-bloedite malzemeleri basit iki aşamada toz halinde sentezlenmiş ve sonrasında bir polimer türü olan Polivinil Alkol (PVA) kullanılarak jel forma getirilmiştir. Yapısal karakterizasyon ölçümlerinde Ni ve Mg-bloedite yapılarının benzer kristal ve bağ yapılarına sahip oldukları belirlenmiştir. Jel formdaki Ni ve Mg-bloedite elektrolitler ile paslanmaz çelik folyolar kullanılarak basit kapasitör uygulamaları oluşturmuş ve en basit düzeyde elde edilebilecek maksimum kapasitans değerleri belirlenmiştir. Çalışmalar sonucunda elde edilen miliFarad seviyesindeki kapasitans değerleri ile Na<sub>2</sub>X(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.(4H<sub>2</sub>O) (X=Mg, Ni) sistemlerinin kapasitörlerde jel elektrolit materyali olarak kullanım uygunluğu belirlenmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Mg-Bloedite ile Ni-Bloedite örneklerin sentezlenmesinde %97 saflıkta Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NiSO<sub>4</sub>.6(H<sub>2</sub>O), MgSO<sub>4</sub>.7(H<sub>2</sub>O) ve saf su kullanılmıştır. Sentez prosesinde Ni-bloedite için 1 mol NiSO<sub>4</sub>.6(H<sub>2</sub>O) ve 1 mol Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Mg-bloedite için 1 mol MgSO<sub>4</sub>.7(H<sub>2</sub>O) ve 1 mol Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> tozları ile 50 mL' lik iki çözelti



oluşturulmuştur. Çözeltiler daha sonra 12 saat süresince 60 ° C sıcaklıkta manyetik karıştırıcı ile karıştırılmıştır. Bu süreçte Mg ve Ni-bloedite için oluşan reaksiyonlar (Rong-rong ve ark., 2011);



olarak gerçekleşmektedir. 12 saatlik süreç ardından iki çözelti, 2 gün süresince sabit 40 ° C' de tutularak saf suyun buharlaşması sağlanmıştır. Buharlaşma sonucunda Ni-bloedite ve Mg-bloedite tozları elde edilmiştir.

Yapısal karakterizasyon işlemlerinde Perkin Elmer marka IR-spektrometre kullanılmıştır. 500-1500 cm<sup>-1</sup> aralığında gerçekleştirilen kızılötesi ışınlarla yapılan taramada bloedite yapılarına ait bağ titreşimleri belirlenmiştir.

Jel kapasitör elektroliti yapımında 30 mL saf su içerisinde 0.1' er molar Ni-bloedite ve Mg-bloedite tozları ile çözelti oluşturulmuştur. Bu işlemin ardından 30 mL suyun %5' i oranında PVA tozu katılmıştır. PVA tozunun su içinde çözülmesi ve jel oluşumunun sağlanması için karışım manyetik karıştırıcıda yaklaşık 1 saat süresince karıştırılmıştır. Bu işlemin ardından jel formdaki elektrolitler elde edilmiştir.

Kapasitör yapımında 1x3 cm<sup>2</sup> ebatlarında iki adet paslanmaz çelik folyo elektrot olarak kullanılmıştır. Kapasitör hücresine batırılan elektrotların 1x1 cm<sup>2</sup> alanı elektrolit ile temas ettirilmesi sağlanarak ölçüm ve hesaplamalar yapılmıştır.

Elektrokimyasal ölçümler için Wheestat marka taşınabilir potansiyostat kullanılmıştır. Döngüsel voltametri (cyclic voltammetry (cv)) ölçümlerinde 3 elektrot yöntemi kullanılmış, grafit çubuklar aktif (working) ve karşıt (counter) elektrot olarak, Ag/AgCl elektrot ise referans elektrot olarak kullanılmıştır. CV ölçüm işlemleri 100, 200 ve 400 mV s<sup>-1</sup> sabit tarama hızlarında yapılmıştır. Kapasitör ölçümlerinde ise klasik iki elektrot metodu kullanılmış ve 0-1 V aralığında sabit 400 mV s<sup>-1</sup> tarama hızı ile 50 döngü cv ölçüm sonucu elde edilmiştir. Bu işlemin ardından kapasitans hesabı cv sonuçlarına bağlı olarak (1) nolu eşitlik ile hesaplanmıştır (Demirel, 2020).

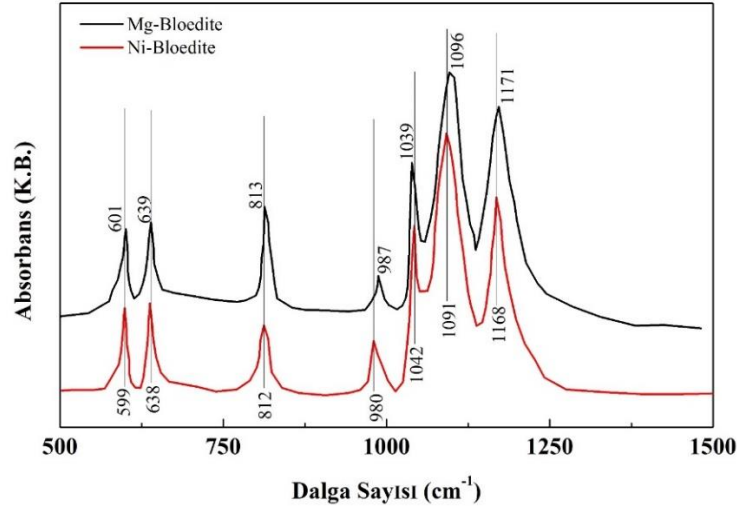
$$C = \frac{\int I \cdot dv}{2 \cdot m \cdot \Delta V \cdot v} \quad (1)$$

Denklemden,  $I$ ; akım,  $m$ ; aktif madde ağırlığı,  $v$ ; tarama hızı,  $\Delta V$ ; voltaj aralığı.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Şekil 1 Jel olarak sentezlenen Ni-bloedite ve Mg-bloedite elektrolit materyallerine ait IR-spektrum sonuçlarını göstermektedir. Çizelge 1 ise bu sonuçların literatüre göre titreşim modları analizini göstermektedir. IR analizine göre Ni-bloedite ve Mg-bloedite örnekleri benzer yapı sergilemekte ve bu sonuçlar genel olarak literatür ile uyum sağlamaktadır. Bu kapsamda iki örnek başarılı bir şekilde sentezlenmiştir. Ayrıca IR pik analizleri yapıldığı zaman SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> titreşim modlarının dominant olduğu görülmektedir. 980 cm<sup>-1</sup> karakteristik Ni-bloedite SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> modu ve 987 cm<sup>-1</sup> karakteristik Mg-bloedite SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> moduna ait olduğu belirlenmiştir. Her iki örnekte de SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> titreşim modlarının bu denli baskın olması S ve O atomlarının Ni ve Mg metal merkezlerinin etrafında bağ yapmasından kaynaklanmaktadır (Yahia, 2019). Na atomları ise bu yapının daha iç kısımlarında bulunmakta ve Mg-S-O ile Ni-S-O bağlarından oluşan kafes yapılar içinde kalması nedeniyle SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> bağ titreşimlerinin baskınlığı görülmektedir. Ayrıca Çizelge 1' de belirtilen pik değerlerine bağlı olarak 1091, 1096, 1168, 1171 cm<sup>-1</sup> asimetrik ve simetrik SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> bağ titreşimlerine ve 599, 601, 638, 639 cm<sup>-1</sup> asimetrik S-O bağ titreşimine ait olduğu belirlenmiştir (Marinova ve ark.,2017; Kasatkın ve ark., 2013). Benzer şekilde 812

ve  $813\text{ cm}^{-1}$  PVA yapısından gelen C-O bağ titreşimleri,  $1039$  ve  $1042\text{ cm}^{-1}$  C-H titreşimlerini göstermektedir (Chang ve ark., 2007).

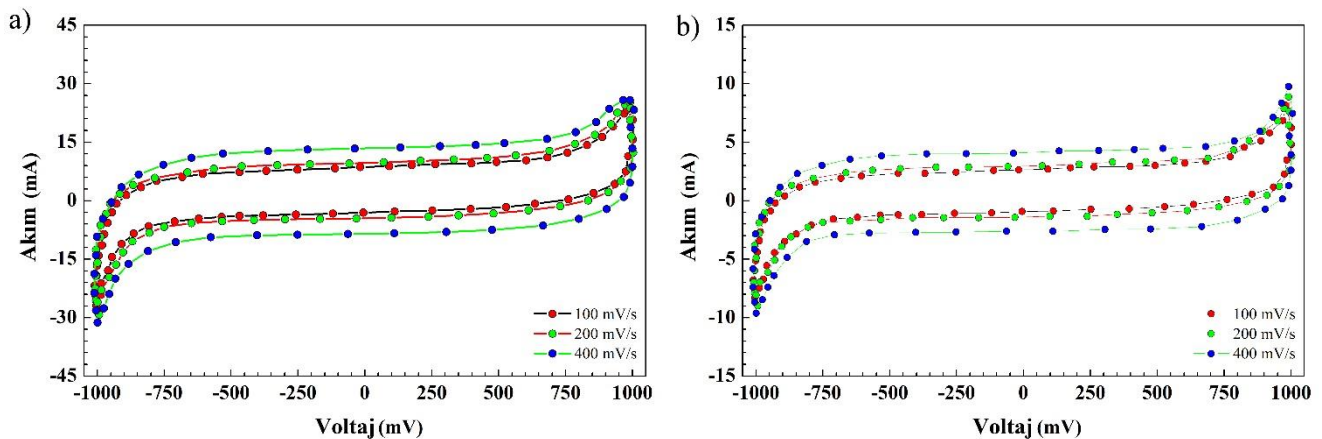


Şekil 1. Jel Ni-bloedite ve Mg-bloedite örneklerinin IR-spektrumu.

Çizelge 1. Ni-bloedite ve Mg-bloedite jel örneklerinin IR-spektrum analizi.

Örnek	Dalga Sayısı ( $\text{cm}^{-1}$ )	Tür	Kaynak
PVA - $Na_2Ni(SO_4)_2 \cdot 4H_2O$	599	asimetrik S-O	[1], [2]
	638	asimetrik S-O	[1], [2]
	812	C-O	[3]
	980	Ni-Bloedite $SO_4^{2-}$	[1], [2]
	1039	C-H	[3]
	1091	asimetrik ve simetrik $SO_4^{2-}$	[1], [2]
	1171	asimetrik ve simetrik $SO_4^{2-}$	[1], [2]
PVA - $Na_2Mg(SO_4)_2 \cdot 4H_2O$	601	asimetrik S-O	[1], [2]
	639	asimetrik S-O	[1], [2]
	813	C-O	[3]
	987	Mg-Bloedite $SO_4^{2-}$	[1], [2]
	1042	C-H	[3]
	1096	asimetrik ve simetrik $SO_4^{2-}$	[1], [2]
	1168	asimetrik ve simetrik $SO_4^{2-}$	[1], [2]

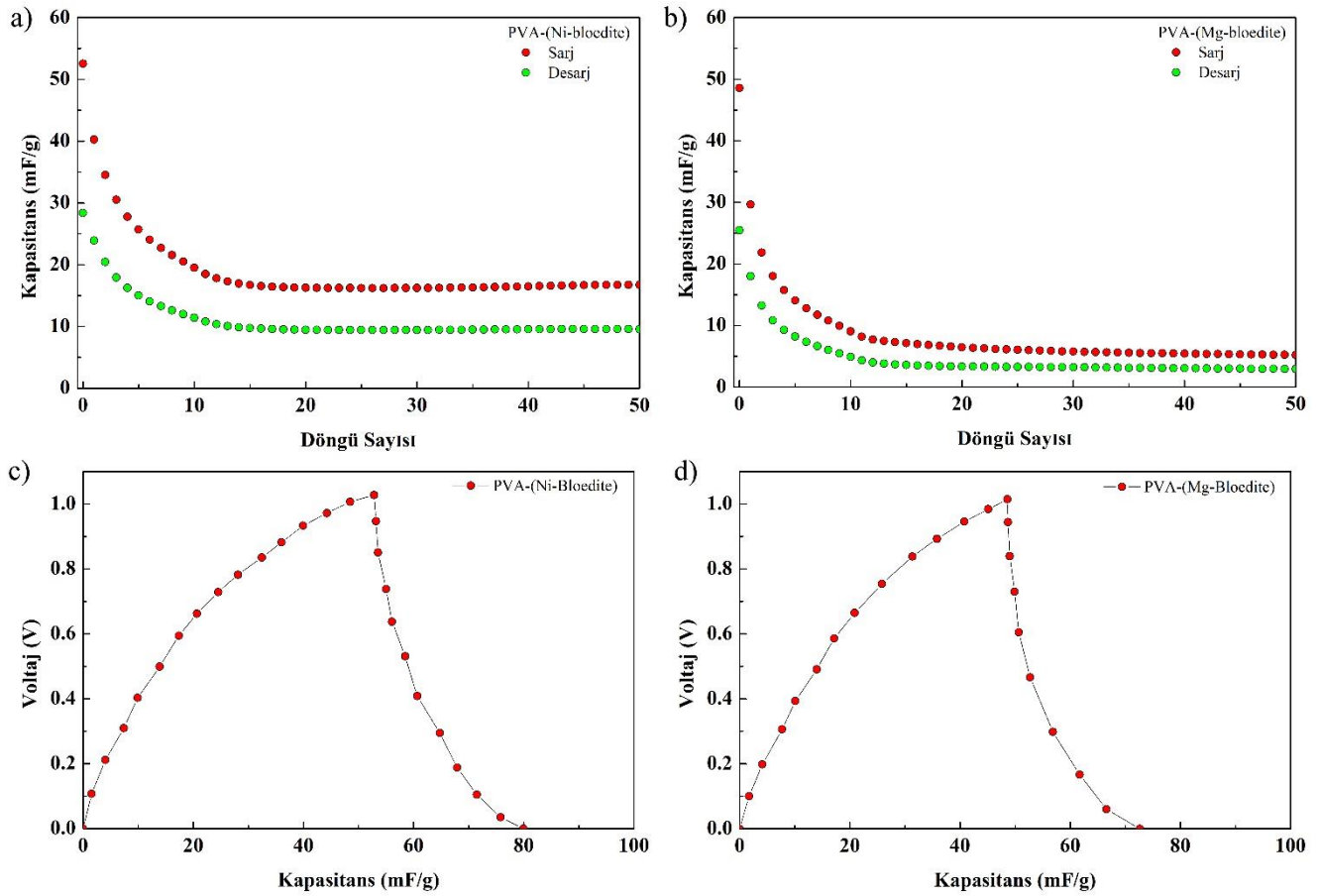
([1]: Marinova ve ark.,2017; [2]: Kasatkin ve ark., 2013; [3]: Chang ve ark., 2007)



Şekil 2. Farklı tarama hızlarına bağlı olarak cv analizi. a) Ni-bloedite, b) Mg- bloedite.

Şekil 2 Ni-bloedite ve Mg-bloedite cv ölçüm sonuçlarını göstermektedir. Bu aşamada cv ölçümleri her bir tarama hızı için 3' er döngü olarak yapılmış ve olası döngü sonrası değişim olup olmadığı analiz edilmiştir. 3' er döngü süresince herhangi bir anomali gözlemlenmezken Şekil 2' de daha net karşılaştırma yapılabilmesi için cv ölçümlerinin sadece 1 döngüsüne ait sonuçlar konulmuştur.

Şekil 2' nin genel analizine göre Ni ve Mg-bloedite jel elektrolitler  $\pm 1$  V aralığında kalıcı kapasitif akım özelliği göstermektedir. Şekil 2 dikkatli incelendiği zaman Ni-bloedite örneklerinin Mg-bloedite örneklerine göre daha yüksek miktarda akım sağladığı belirlenmiştir. Özellikle süperkapasitörlerde karakteristik cv ölçüm sonuçları "rectangular shape" olduğu göz önüne alındığında her iki örneğinde bu özelliğe yatkın olduğu belirlenmiştir (Demirel, 2020).



Şekil 3. Ni ve Mg-bloedite Jel elektrolitlerinin kapasitif performansları. a) Ni-bloedite şarj-deşarj performansı, b) Mg-bloedite bloedite şarj-deşarj performansı, c) Ni-bloedite ilk döngü performansı, d) Mg-bloedite ilk döngü performansı.

Şekil 3 Ni-bloedite ve Mg-bloedite jel elektrolitlerinin kapasitif performanslarını göstermektedir. Elde edilen sonuçlar incelendiği zaman Ni-bloedite ve Mg-bloedite elektrolitlerinin kapasitans seviyeleri miliFarad düzeylerindedir. Ortalama 10 döngü sonrasında ise kararlı bir kapasite performansı sergilemektedirler. Şekil 3-a Ni-bloedite için 50 döngü performansını göstermektedir. 1. döngüdedeşarj kapasitesi  $28.4 \text{ mF g}^{-1}$  iken 10. döngü sonrasında kapasite değeri  $\sim 11 \text{ mF g}^{-1}$  seviyesine düşmekte ve kalan 40 döngü süresince bu seviye çok değişmeden korunmaktadır. Şekil 3-b Mg-bloedite için 50 döngü performansını göstermektedir. Mg-bloedite jel elektroliti 1. döngüdedeşarj kapasitesi  $25.48 \text{ mF g}^{-1}$  iken 10. döngüden sonra bu değer  $4.89 \text{ mF g}^{-1}$  seviyesine düşmekte ve 50. Döngü sonunda bu değer  $2.92 \text{ mF g}^{-1}$  değerine kadar düşmektedir. Çizelge 2 bazı spesifik şarj-deşarj döngülere ait kapasitans değerlerini göstermektedir. Çizelge 2' de bulunan veriler karşılaştırıldığı zaman Ni-bloedite jel elektrolitinin 5. döngüden itibaren Mg-bloedite jel elektrolitine göre 2 kattan daha fazla bir kapasitans performansı

göstermektedir. Bunun en temel sebebi olarak viskozite gösterilebilir (McCormick vs ark., 1986). PVA-Bloedite jel elektrolitlerde bir nevi tuz vazifesi gören Ni ve Mg-bloedite jel elektrolitleri viskoziteye direkt olarak etki etmektedir. Elektrolitlerde viskozite artışı elektriksel iletkenliği düşürmekte ve buna bağlı olarak iyon ve elektron hareketliliğini azaltarak kapasite düşüklüğüne neden olmaktadır (McCormick vs ark., 1986). Diğer taraftan viskozitenin düşük olması elektriksel iletkenliği arttırmakta ve kapasitif performansın yükselmesi anlamına gelmektedir. Bu nedenle Mg-bloedite jel elektrolitinin daha düşük kapasitif performansa sahip olması daha yüksek viskozite ile ilişkilendirilebilir. Şekil 3-c ve d ilk döngüye bağlı şarj-deşarj grafiğini göstermektedir.

**Çizelge 2.** Döngü sayısına bağlı Ni-bloedite ve Mg-bloedite elektrolitlerine ait şarj-deşarj kapasite değerleri.

Elektrolit	Kapasitans (mF g <sup>-1</sup> )							
	1. döngü		5. döngü		10. döngü		50. döngü	
	Ch.	Dch.	Ch.	Dch.	Ch.	Dch.	Ch.	Dch.
Ni-bloedite	52.5	28.4	25.70	15.03	19.05	11.04	16.75	9.57
Mg-bloedite	48.58	25.48	14.08	8.19	9.04	4.89	5.21	2.92

**Ch:** Şarj kapasitansı ; **Dch:** Deşarj kapasitansı

Çizelge 3 su bazlı sıvı elektrolitler ile PVA bazlı jel elektrolitlere ait kapasitif performans karşılaştırmasını göstermektedir. Jel elektrolitlerin kapasitans değerleri beklendiği gibi su bazlı elektrolitlere göre daha düşük elde edilmiştir (Abouelamaiem ve ark., 2018; Latifatu ve ark., 2016; Abbas ve ark., 2014; Fic ve ark., 2012;). Bunun en önemli etkenlerinden biri su bazlı elektrolit aktif maddeleri (HCl, NaCl, NaNO<sub>3</sub> gibi) kapasitör içince daha kolay polarize olabilmesidir. Örnek olarak su bazlı HCl elektrolitinde H<sup>+</sup> ve Cl<sup>-</sup> iyonlaşmalarının ardından kutuplaşma gerçekleşirken, bu iyonların elektrotlara doğru hareketleri sıvı ortamda rahatlıkla gerçekleşmektedir. Jel elektrolitlerde ise bu durumu zorlaştıran bazı etkileşimler bulunmaktadır. Sıvı ortamda iyon-atom, iyon-molekül, iyon-iyon, iyon-safsızlık gibi etkileşimler daha minimal düzeyde gerçekleşirken jel elektrolitlerde bu etkileşimler daha fazla olmaktadır (Menzel ve ark., 2019; Ue ve ark., 1996). Ayrıca, jel formda sıvı forma göre viskozitenin daha yüksek olması etkileşimleri artırırken aynı zamanda kapasitif performansta düşüş sağlamaktadır.

Kapasitörlerin performansına etki edebilecek bir diğer faktör elektrolitin kolay iyonize olabilmesidir. Örnek olarak NaCl tuzu kolay bir şekilde iyonize olarak Na<sup>+</sup> ve Cl<sup>-</sup> iyonlarını oluşturabilmektedir. Bu durum Ni-bloedite (Na<sub>2</sub>Ni(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O) ve Mg-bloedite (Na<sub>2</sub>Mg(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O) yapılarında daha kompleks yapıdadır. Özellikle FTIR analizlerinde de görüldüğü gibi SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> gruplarının yüksek seviyede titreşimleri Na<sup>+</sup> oluşumlarında olumsuz etki yapabilmektedir. 2015 yılında Moon ve arkadaşlarının yapmış olduğu süperkapasitör çalışmasında Agarose-NaCl jel elektrolitin performansı araştırılmıştır (Moon ve ark, 2015). Bu çalışma sonucunda Agarose-NaCl ile 286,9 Fg<sup>-1</sup> kapasite değerine ulaşılmıştır. Elde edilen bu değer hem geleneksel jel elektrolitlerden daha yüksek hem de sıvı elektrolitlerle yakın bir performanstadır. Moon ve arkadaşları bu durumu Agarose yapısındaki yüksek porlu yapı ile Agarose' in iyon transferini kolaylaştırması ve NaCl tuzunun kolay iyonizasyonundan kaynaklandığını belirtmiştir. Benzer şekilde bu durum, özellikle PVA-bloedite jel elektrolitlerin düşük kapasitans değerlerini de açıklamada yardımcı olmaktadır. Yani S-O gruplarında meydana gelen baskın titreşimler, Ni-S-O ve Mg-S-O bağ kafesleri içinde kalan Na atomlarının iyonlaşmasında zorluk çıkarabilmektedir. Bunun sonucu olarak da kapasitans değerlerinde istenilen yüksek verim sağlanamamaktadır.

Elektrot faktörü göz önüne alındığında ise PVA-bloedite jel elektrolitlerinin kapasitörlerde ilk kez denenmesi, bu elektrolitlerden alınabilecek maksimum değer belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle kapasiteye en az katkısı olacak paslanmaz çelik folyo kullanılmıştır. Ayrıca,

Çizelge 3' de kullanıldığı kapasitörlerde yüksek performans sağlayan aktif karbon ve daha yüksek kapasiteye sahip su bazlı elektrolitler ile bir karşılaştırma yapılmıştır. Her ne kadar PVA-bloedite jel elektrolitlerin kapasitans değerleri diğer jel elektrolitlere oranla daha az olsa bile elde edilen kapasitans değerlerinin farklı elektrot tipleri ile arttırılabileceği aşıkardır. Çünkü şarj-deşarj süreçlerinde elektrolitlerde iyonlaşmalar meydana gelmekte ve elektrotlara yönelen iyonlar elektrotlar ile kimyasal bağ yapabilmektedir. Yapılan bu bağların fazlalığı ise kapasitans değerini arttırmaktadır. Bu kapsamda çelik folyo elektrotlar sahip oldukları yüksek yüzey gerilimi nedeni ile iyonik bağ yapamadığı bilinmektedir. Bunun anlamı PVA-bloedite örneklerde kullanılabilecek farklı elektrot türleri ile daha yüksek kapasitans değerlerinin elde edilmesi mümkündür (Abouelamaiem ve ark., 2018; Latifatu ve ark.,2016; Abbas ve ark., 2014; Fic ve ark., 2012). Bu kapsamda bir sonraki deneysel çalışma farklı elektrot türleri üzerine gerçekleştirilecektir.

**Çizelge 3.** Değişik su bazlı elektrolitler ve PVA bazlı jel elektrolitlere ait spesifik kapasite değerleri.

Elektrolit	Tür	Elektrot Tipi	$\Delta V$	Kapasite (F g <sup>-1</sup> )	Ref.
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Su bazlı	Aktif Karbon	0-1	158	[1]
HCl	Su bazlı	Aktif Karbon	0-1	100	[1]
NaNO <sub>3</sub>	Su bazlı	Aktif Karbon	0-0.6	116	[2]
KOH	Su bazlı	Aktif Karbon	0-1	140	[3]
Li <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Su bazlı	Aktif Karbon	0-2.2	180	[4]
PVA-H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Jel	Aktif Karbon	0-1	0.0385	[5]
PVA-Borax	Jel	Aktif Karbon	0-1	0.072	[5]
PVA-Na <sub>2</sub> Ni(SO <sub>4</sub> )	Jel	Çelik Folyo	0-1	0.028	Bu çalışma
PVA-Na <sub>2</sub> Mg(SO <sub>4</sub> )	Jel	Çelik Folyo	0-1	0.025	Bu çalışma

([1]: Latifatu ve ark.,2016; [2]: Fic ve ark., 2012 ; [3]: Abouelamaiem ve ark., 2018; [4]: Abbas ve ark., 2014; [5]: Demirel, 2020)

## SONUÇ

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda PVA-Na<sub>2</sub>X(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.(4H<sub>2</sub>O) (X=Mg, Ni) malzemeleri başarılı bir şekilde sentezlenmiştir. Yapısal karakterizasyon ölçümlerinde jel Ni ve Mg-bloedite yapıları benzer özelliklere sahip olduğu ve her iki yapıda SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> titreşimlerinin baskın olduğu gözlemlenmiştir. Elektrokimyasal cv grafiklerinde genel olarak karakteristik süperkapasitör özelliği görülmüştür. Çelik folyo elektrotlar ile oluşturulan basit kapasitör uygulamalarında ise Ni ve Mg-bloedite jel elektrolitleri miliFarad seviyesinde kapasite değerleri sağlamıştır. Şarj-deşarj döngüsel kapasite sonuçlarına göre Ni-bloedite elektroliti ile 50 döngü sonunda 9.57 mF g<sup>-1</sup>deşarj kapasite değeri, Mg-bloedite elektroliti ile 2.92 mF g<sup>-1</sup>deşarj kapasite değeri elde edilmiştir. Ni ve Mg-bloedite elektrolitleri arasında oluşan kapasitif performans farkı viskozite ile ilişkilendirilmiştir. Yani PVA-(Mg-bloedite) jel elektrolitlerinde viskozitenin daha yüksek olması nedeni ile kapasitenin daha düşük olduğu düşünülmektedir. Sonuç olarak Ni ve Mg-bloedite yapılarının kapasitörler için jel elektrolit özelliği gösterdiği ve Ni-bloedite yapısının Mg-bloedite yapısına göre daha yüksek performanslı olduğu belirlenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Abbas Q, Pajak D, Frackowiak E and Beguin F, 2014. Effect of binder on the performance of carbon/carbon symmetric capacitors in salt aqueous electrolyte. *Electrochim.Acta* 140: 132-138.
- Abouelamaiem D I, He G, Parkin I, Neville T P, Jorge A B, Ji S, Wang R, Titirici M M, Shearing P R and Brett D J L, 2018. Synergistic relationship between the threedimensional nanostructure and electrochemical performance in biocarbon supercapacitor electrode materials. *Sustainable Energy and Fuels* DOI: 10.1039/c7se00519a
- Chang Y-W, Wangly E, Shin G, Han J-E and Mather P T, 2007. Poly(vinyl alcohol) (PVA)/sulfonated polyhedral oligosilsesquioxane (sPOSS) hybrid membranes for direct methanol fuel cell applications. *Polymers for Advanced Technologies* 18: 535-543.



- Demirel S, 2020. Temperature Dependent Polarization Effect and Capacitive Performance Enhancement of PVA-Borax Gel Electrolyte. *International Journal of Electrochemical Science* 15: 2439-2448.
- Fic K, Lota G, Meller M and Frackowiak E, 2012. Novel insight into neutral medium as electrolyte for high-voltage supercapacitors. *Energy Environmental Science* 5: 5842–5850.
- González A, Goikolea E, Barrena J A, Mysyk R, 2016. Review on Supercapacitors: Technologies and materials. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 58: 189–1206.
- Kasatkın A V, Nestola F, Plasil J, Marty J, Belakovskiy D I, Agakhanov A A, Mills S J, Pedron D, Lanza A, Favaro M, Bianchin S, Lykova I S, Golias V, nad Birch W D, 2013. Manganobloedite, Na<sub>2</sub>Mn(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O, and cobaltobloedite, Na<sub>2</sub>Co(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O: two new members of the bloedite group from the Blue Lizard mine, San Juan County, Utah, USA, *Mineralogical Magazine* 77: 367–383.
- Latifatu M, Lee H S, Yoon C S, Oh J, Park J H, Park J W, Ko J M, 2016. Supercapacitive Properties of Activated Carbon-Quinone Derivative Composite Electrode in Different Hydrogen ion Conducting Electrolytes. *International Journal of Electrochemical Science* 11: 5353-5363.
- Marinova D M, Zhecheva E N, Kukeva R R, Markov P V, Nihtianova D D, Stoyanova R K, 2017. Mixed sodium nickel-manganese sulfates: Crystal structure relationships between hydrates and anhydrous salts. *Journal of Solid State Chemistry* 250: 49–59.
- McCormick CL, Blackmon KP, Elliott DL, 1986. Water-soluble copolymers. XIII. Copolymers of acrylamide with sodium-3-acrylamido-3-methylbutanoate: Solution properties. *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry* 24: 2619-2634.
- Menzel J, Frackowiak E, Fic K, 2019. Electrochemical capacitor with water-based electrolyte operating at wide temperature range. *Journal of Power Sources* 414: 183-191.
- Moon WG, Kim G-P, Lee M, Song HD, and Yi J, 2015. A Biodegradable Gel Electrolyte for Use in High-Performance Flexible Supercapacitors. *ACS Applied Materials Interfaces* 7: 3503–3511.
- Pal B, Yang S, Ramesh S, Thangadurai V, and Jose R, 2019. Electrolyte selection for supercapacitive devices: A critical review. DOI: 10.1039/C9NA00374F
- Reynaud M, Rouse G, Abakumov A M, Sougrati M T, Tendeloo G V, Chotard J-N and Tarascon J-M, 2014. Design of new electrode materials for Li-ion and Na-ion batteries from the bloedite mineral Na<sub>2</sub>Mg(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O. *Journal of Materials Chemistry A* 2: 2671.
- Rong-rong Z, Yi-zong H, Yu-hong F, 2011. Crystal growth, optical spectra and thermal properties Of Na<sub>2</sub>Ni(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O Crystal. *Advanced Materials Research* 216: 312-315.
- Ue M, Takeda M, Suzuki Y, Mori S, 1996. Chemical stability of  $\gamma$ -butyrolactone-based electrolytes for aluminum electrolytic capacitors. *Journal of Power Sources* 60: 185-190.
- Ventosa E, Paulitsch B, Marzak P, Yun J, Schiegg F, Quast T, and Bandarenka A S, 2016. The Mechanism of the Interfacial Charge and Mass Transfer during Intercalation of Alkali Metal Cations. *Advanced Science* DOI: 10.1002/advs.201600211
- Yahia HB, 2019. Crystal structure of a new polymorphic modification of Na<sub>2</sub>Mn<sub>3</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>4</sub>. *Crystalline Materials* 234: 11-12.
- Zhong C, Deng Y, Hu W, Qiao J, Zhang L and Zhang J, 2015. A review of electrolyte materials and compositions for electrochemical supercapacitors. *Chemical Society Reviews* 44: 7484-7539.

## Dağıtılmış Alt Bragg Dielektrik Yansıtıcı Işık Yayan Diyot

Fahrettin SARCAN<sup>1\*</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada alt Bragg yansıtıcısına sahip yakın kızılötesi bölgede ışımaya yapan p-i-n diyotun tasarımı, fabrikasyon detayları ve elektro-optik özellikleri incelenmektedir. İncelenen ışık yayan aygıtın aktif ışımaya bölgesi 20 adet GaInNAs/GaNAs (7 nm /13 nm) kuantum kuyusu sisteminden oluşmaktadır. Alt dielektrik aynası ise 15 adet GaAs/AlAs Bragg yansıtıcı çiftlerinin üst üste tabakasal olarak büyütülmesinden oluşmaktadır. Aygıtın ışımaya merkez dalgaboyu 1310 nm olup, spektral yarı genişliği 14.4 nm'dir. Işıma eşik akımı 20 nA olan aygıtın, 200 mA sürülen akım varlığında maksimum ışımaya gücü 38 mW'dır. Bu çalışmada, yakın kızılötesi bölgede ışımaya yapan aygıt üretilmesinin ve karakterize edilmesinin yanı sıra sadece alt Bragg yansıtıcı kullanılarak bile geleneksel ışık yayan diyotlara göre ışımaya spektral genişliğinin ve ışımaya profilinin iyileştirilebileceğini gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Dağıtılmış Bragg Yansıtıcısı, kızılötesi, ışık yayan diyot, dielektrik ayna.

### A quasi-cavity enhanced Light Emitting Diode

**ABSTRACT:** In this letter, design details and electro-optical properties of an infrared light emitting diode enhanced with a quasi-cavity structure have been reported. The quasi-cavity structure was formed with a bottom dielectric film stack. The investigated light emitting diode consists of 7 nm 20 GaInNAs/GaNAs quantum wells with 15 pairs of GaAs/AlAs Bragg Reflectors to form a quasi-cavity. The emission wavelength of the device is in between 1295 and 1325 nm with a centre wavelength of 1310 nm. The spectral linewidth is 14.4 nm. The threshold operation current of the device is 20 nA, and the maximum emission power of 38 mW is obtained under the injection current of 200 mA. It is demonstrated that using a quasi-cavity design formed by only a bottom reflector structure improve the directionality of the emission and decreases the linewidth of the infrared light emitting diode, compared with an ordinary infrared light emitting diode structure.

**Anahtar Kelimeler:** Distributed Bragg reflectors, infrared, light emitting diode, dielectric mirror.

<sup>1</sup> Fahrettin Sarcan (Orcid ID: 0000-0002-8860-4321), İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, Vezneciler, 34134, İstanbul, Türkiye.

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Fahrettin Sarcan, e-mail: fahrettin.sarcan@istanbul.edu.tr

## GİRİŞ

Kompakt boyutları, teknolojik aygıtlara kolay entegrasyonu, dairesel emisyon profili ve fiber optik kablolarla bağlantı veriminin yüksek olması sayesinde dikey kaviteli optoelektronik aygıtlar hem araştırma laboratuvarlarında hem de günümüz teknolojisinde oldukça talep görmektedir (Yamada ve ark., 2005; Reichert ve ark., 2007; Chaqmaqchee ve ark., 2012; Balkan ve ark., 2015; Sarcan ve ark., 2017). Dikey kaviteli optoelektronik aygıtlar ailesinden dikey kaviteli ışık yayan diyotlar (RC-LED); spektral seçicilikleri ve güçlendirilmiş ışımaya şiddetleri sayesinde kısa erimli fiber optik iletişim sistemlerinden spesifik kızılötesi uygulamalara kadar geniş bir yelpazede geleneksel ışık yayan diyotlara bir alternatiftir. Dikey kavite sayesinde LED'nin ışımaya doğrusallığı artar ve spektral genişliği daralır (Schubert ve ark., 1992; Dorsaz ve ark., 2004; Sarcan ve ark., 2020). Dikey kaviteli optoelektronik aygıtlar, absorpsiyon/ışımaya tabakasının üst ve alt Bragg yansıtıcısı (Distributed Bragg Reflector, DBRs) ile sandviç halinde üretilmelerinin yanı sıra üst tarafında Bragg yansıtıcı alt tarafında ise kontak metalinin ayna olarak kullanılmasıyla da üretilmektedir (Song ve ark., 2000; Horng ve ark., 2006; Sarcan ve ark., 2020). Bu çalışmada ilk olarak Bragg yansıtıcısının altta olduğu ve üst yansımanın GaAs-hava ara yüzeyiyle sağlandığı dikey kaviteli LED üretilmiştir.

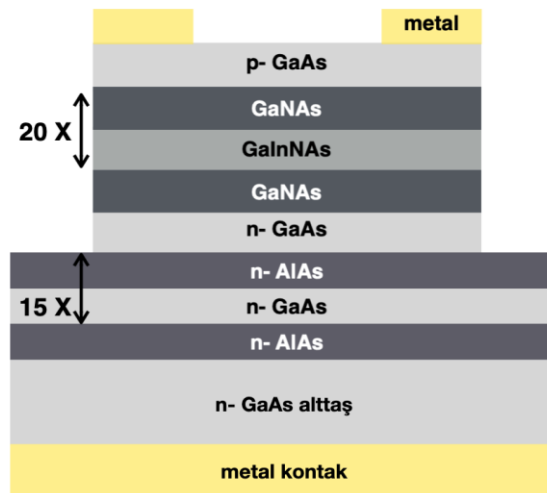
Seyreltik azotlu GaInNAs dörtlü alaşım yarıiletkeni, elemental kompozisyona bağlı olarak, absorpsiyon/ışımaya dalgaboyunun 1.3  $\mu\text{m}$ 'ye set edilebilmesi sayesinde, fiber optik iletişimin O-bandında kullanılmak üzere; dikey kaviteli fotodedektörler, optik yükselteçler ve ışık yayan aygıtlarda aktif materyal olarak kullanılmaktadır. Literatürde GaInNAs-tabanlı dikey kaviteli yüzey ışımaya yapan laserlerle (Vertical Cavity Surface Emitting Laser, VCSEL) alakalı pek çok çalışma olmasına rağmen (Larson ve ark., 1998; Rutz ve ark., 2007; Chaqmaqchee ve ark., 2011), dikey kaviteli LED ile alakalı sadece iki çalışma bulunmaktadır. Montes ve ark. (2009) fiber optik iletişimin O-bandı için ilk kez GaInNAs/GaAs kuantum kuyu tabanlı dikey kaviteli LED üreterek sıcaklığa bağlı karakterizasyonunu yapmışlardır. Aktif bölgesi tek kuantum kuyusundan oluşan aygıtın dikey kavitesi 8 çift  $n^+$  GaAs/AlAs üst dielektrik tabaka yığınlarından ve alt metal aynadan oluşmaktadır. Montes ve ark. (2009) bu çalışmalarında aygıtın optik gücü veya ışımaya eşik akımı gibi parametrelerini paylaşmamışlar sadece elektro-ışımaya ve akım-voltaj ölçüm sonuçlarını büyütme şartlarına ve sıcaklığa bağlı olarak rapor etmişlerdir. GaInNAs-tabanlı dikey kaviteli LED ile alakalı diğer çalışma ise; aygıtın tasarım/üretim detaylarıyla birlikte ışımaya optik gücü, eşik akım yoğunluğu gibi parametrelerini de paylaştığımız çalışmamızdır (Sarcan ve ark., 2020). Üretilen aygıt 9 adet GaInNAs/GaAs kuantum kuyusundan ve 10 üst, 15 alt GaAs/AlAs yarıiletken tabaka çiftinin üst üste büyütülmesiyle elde edilen Bragg yansıtıcılarından oluşmaktadır. Bu tasarım sayesinde 5.2 nm ışımaya spektral genişliği, %20 kuantum verimi ve 45  $\text{A}/\text{cm}^2$  akım yoğunluğu altında 0.5 mW ışımaya gücü elde edildiği rapor edilmiştir.

Bu çalışmada, bilindiği kadarıyla literatürde ilk kez, 20 adet GaInNAs-GaNAs kuantum kuyu tabanlı, 15 adet GaAs/AlAs (%99 yansıma) yarıiletken tabaka çiftiyle elde edilen Bragg yansıtıcısı ve GaAs-hava ara yüzeyinin (%34 yansıma) üst yansıtıcı olarak kullanıldığı dikey kaviteli LED'nin tasarımı, fabrikasyonu ve çalışma parametreleri rapor edilmektedir. Elde edilen sonuçların ışığında, daha az maliyet ve daha az tasarım/üretim detayı gerektiren, sadece alt Bragg yansıtıcı ve GaAs-hava ara yüzeyiyle oluşturulan dikey kavitenin kullanılmasıyla bile aygıtın spektral ışımaya dalgaboyu seçiciliğinin ve ışımaya şiddetinin güçlendirilebileceği gösterilmiştir. Aygıtın tasarım ve büyütme parametreleri ile ölçüm yöntemleri Materyal ve Yöntem bölümünde, elde edilen sonuçlar ve sonuçların değerlendirmesi Bulgular ve Tartışma bölümünde verilmektedir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Yarıiletken tabanlı ışık yayan aygıtlarda ışınım dalga boyu yarıiletkenin bant aralığı enerjisine bağlıdır. Çalışmada incelenen aygıtın aktif bölgesinin ışınım dalga boyu 1.3  $\mu\text{m}$  olması için yarıiletkenin bant aralığı 0.95 eV olacak şekilde alaşımdaki kompozisyon miktarları belirlenmiştir. Bant Anti Crossing modeli kullanılarak, alaşımdaki In ve N konsantrasyonu sırasıyla 0.27 ve 0.025 olarak belirlenmiştir. Kavite dalga boyu 1.3  $\mu\text{m}$ 'ye set edilerek Bragg kırınım yasası yardımıyla dielektrik yansıtıcıları oluşturan GaAs/AlAs tabaka çiftlerinin sayısı ve kalınlıkları belirlenmiştir. Moleküler Işın Epitaksisi kullanılarak n-tipi GaAs (100) üzerine sırasıyla büyütülen aygıt; 15 adet GaAs/AlAs yarıiletken çiftinden oluşan Bragg yansıtıcısı, 20 adet asal GaInNAs/GaNAs kuantum kuyusu ve koruyucu tabaka olarak da p-tipi GaAs tabakasından oluşmaktadır (Şekil 1). Aygıtın fabrikasyonu fotolitografi tekniği kullanılarak 400  $\mu\text{m}$  çapında dairesel mesa yapısı şeklinde yapılmıştır.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :  $\text{H}_2\text{O}_2$ :  $\text{H}_2\text{O}$  (1: 8: 80) kimyasal solüsyonu kullanılarak Bragg yansıtıcısına kadar aşındırılarak şekillendirilen aygıtın metal kontaktları (Au/Ti) termal buharlaştırma sistemi ile oluşturulmuştur.

Spektral elektro-ışınım ölçümleri 0.5 m yüksek çözünürlüklü monokromatör (Acton) ve azot soğutmalı InGaAs fotodedektör (Hamamatsu) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Işınım gücü ölçümlerinin için sistem 1.3  $\mu\text{m}$  dalga boyunda ışınım yapan ışık kaynağı (Amonics ASLD130-200-B-FA) ve Ge (Thorlabs, PDA30B-EC) fotodedektör kullanılarak kalibre edilmiştir.

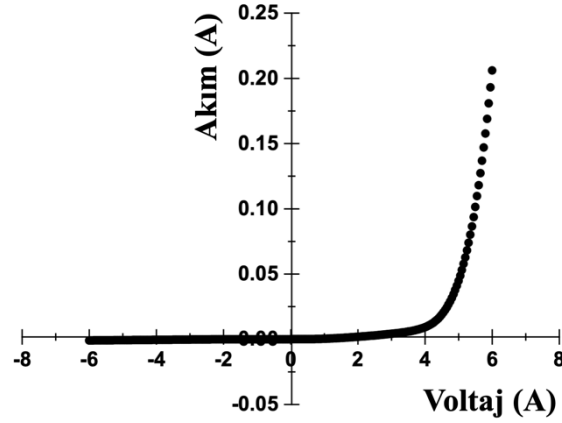


Şekil 1. Aygıtın şematik diyagramı

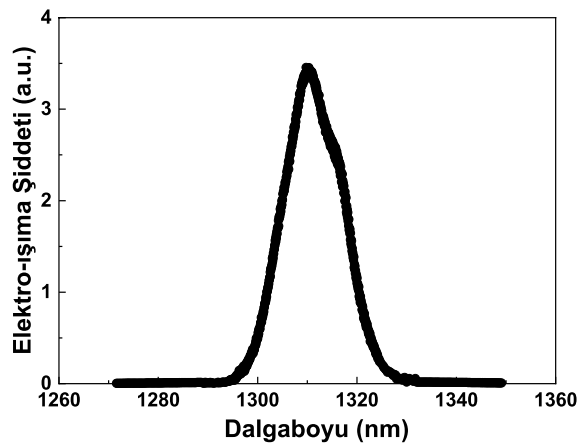
## BULGULAR VE TARTIŞMA

Aygıtın oda sıcaklığı akım-voltaj (I-V) grafiği Şekil 2'de verilmektedir. 6 V geri ve ileri besleme altında ölçülen akım değerleri sırasıyla 1.3 mA ve 200 mA'dir. Şekil 2'de görüldüğü gibi geri ve ileri besleme arasındaki iki mertebeden daha büyük fark aygıtın geleneksel diyot karakteristiğine sahip olduğunu göstermektedir.

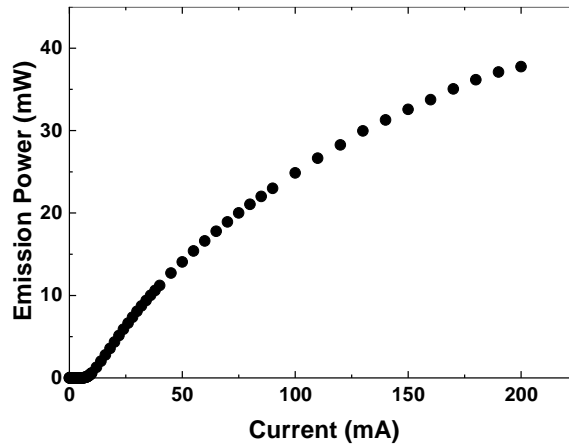
Dalgaboyuna bağlı elektro-ışınım spektrumu Şekil 3'te verilmektedir. Aygıtın spektral elektro-ışınım dalga boyu 1295 ve 1325 nm arasında olup ışınım merkez dalga boyu 1310 nm ve spektral genişliği 14.4 nm'dir. Literatürde GaInNAs-tabanlı LED'lerin alaşımdaki N konsantrasyonuna bağlı olarak elektro-ışınım spektral genişlikleri 30 ve 100 nm arasında değişmektedir (Kaschner ve ark., 2002; Murel ve ark., 2005; Erol ve ark., 2012). Bu çalışmada elde edilen 14.4 nm spektral ışınım genişliğiyle sadece alt dielektrik aynası kullanılarak bile ışınım dalga boyu seçiciliğinin iyileştirilebileceği gösterilmiştir.



Şekil 2. Aygıtın akım-voltaj karakteristiği



Şekil 3. Dalgaboyuna bağlı elektro-ışınım spektrumu

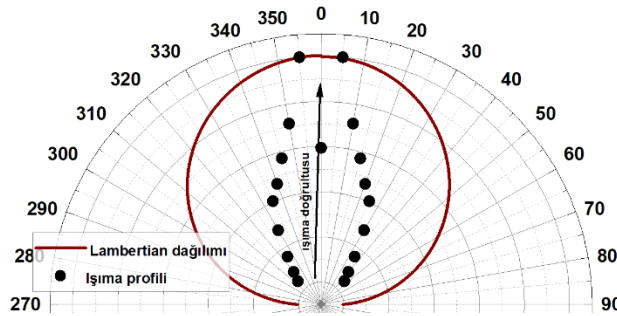


Şekil 4. Uygulanan akıma bir fonksiyonu olarak aygıtın ışınım gücü

Uygulanan akımın bir fonksiyonu olarak aygıtın ışınım gücü Şekil 4'te verilmektedir. Işınım eşik akımını 20 mA'dır. 200 mA uygulanan akım varlığında 38 mW ışınım gücü elde edilmiştir. Şekil 4'te görüldüğü gibi aygıtın ışınım gücü, 50 mA besleme akımına kadar akımın bir doğrusal fonksiyonu olarak artmaktadır. 12 mW ışınım gücünden sonra eğim azalmaktadır. Bu durum, GaInNAs ve GaNAs



tabakaları arasındaki düşük bant süreksizliğinden kaynaklanmaktadır. Uygulanan akımın bir fonksiyonu olarak enerji kazanan taşıyıcılar kuantum kuyusu ve bariyer arasındaki düşük potansiyeli aşar ve kuantum kuyusundaki serbest taşıyıcı ve ışımali geçiş sayısı azalır (Sarcan ve ark., 2020). Aygıtın 12 mW'ın altında optik güce ihtiyaç duyulan uygulamalarda ışık kaynağı olarak kullanılma potansiyelin yanında, uygulanan akıma bağlı olarak optik gücün değişim fonksiyonun önemli olmadığı uygulamalarda 38 mW'a kadar kullanılabilir.



Şekil 5. Aygıtın açığa bağlı ışımali profili.

Son olarak da açılı örnek tutucu yardımıyla,  $-45^\circ$  den  $45^\circ$ 'ye kadar aygıtın ışımali şiddeti ölçülerek ışımali profili belirlendi. Aygıtın açığa bağlı ışımali profili geleneksel paketlenmemiş LED'in sahip olduğu Lambertian dağılımı ile birlikte Şekil 5'te verilmektedir. Işımali profilinin özellikle geleneksel LED'lerin ışımali profili ile kıyaslandığında oldukça doğrusaldır. Ayrıca açığa bağlı ışımali profilinin literatürde kelebek kanadı (butterfly wing) ışımali profili olarak bilinen şekilde olduğu gözlenmiştir. Yukarıda da bahsedildiği gibi aygıt mesa yapısı şeklinde olup yüzeyde ortası boş yüzük kontak bulunmaktadır. Alt kontak ve üst yüzük kontak arasındaki elektrik alan merkeze doğru göreceli olarak azaldığı için yüzey normalindeki ( $0^\circ$ ) ışımali şiddeti  $5^\circ$  ve  $10^\circ$ 'kinden daha düşüktür.

## SONUÇ

Bu çalışmada, alt Bragg yansıtıcısına sahip yakın kızılötesi bölgede ışımali yapan p-i-n diyotun tasarım, fabrikasyon detayları ve elektro-optik özellikleri incelenmiştir. Aygıtın ışımali merkez dalgaboyu 1310 nm ve spektral yarı genişliği 14.4 nm'dir. Işımali eşik akımı 20 nA ve 200 mA sürülen akım varlığında ulaşılan maksimum ışımali gücü 38 mW'dır. Elde edilen sonuçların ışığında, daha az maliyet ve daha az tasarım/üretim detayı gerektiren, sadece alt Bragg yansıtıcı ve GaAs-hava ara yüzeyiyle oluşturulan dikey kavitenin kullanılmasıyla bile aygıtın spektral ışımali dalgaboyu seçiciliğinin ve ışımali şiddetinin iyileştirilebileceği gösterilmiştir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (Proje Kodu: FBA-2018-32506) tarafından desteklenmiştir. Değerli yorumları için Prof. Dr. Ayşe Erol'a ve ışımali gücü ölçümlerinin gerçekleştirilmesi için laboratuvarının olanaklarını kullanmamı sağlayan York Üniversitesi'nden Dr. Yue Wang'a teşekkür ederim.

## KAYNAKLAR

Balkan N, Erol A, Sarcan F, Al-Ghuraibawi LFF, Nordin MS, 2015. Dilute nitride resonant cavity enhanced photodetector with internal gain for the  $\lambda \sim 1.3 \mu\text{m}$  optical communications window. Superlattices and Microstructures, 86: 467–471.

- Chaqmaqchee FAI, Balkan N, Herrero JMU, 2012. Top-Hat HELLSH-VC SOA for optical amplification and wavelength conversion for 0.85 to 1.3 $\mu$ m operation. *Nanoscale Research Letters*, 7(1): 1–6.
- Chaqmaqchee FAI, Mazzucato S, Oduncu M, Balkan N, Su Y, Gunes, M, Hugues M, Hopkinson M, 2011. GaInNAs-based Hellish-vertical cavity semiconductor optical amplifier for 1.3  $\mu$ m operation. *Nanoscale Research Letters*, 6: 104.
- Dorsaz J, Carlin JF, Zellweger CM, Gradecak S, Ilegems M, 2004. InGaN/GaN resonant-cavity LED including an AlInN/GaN Bragg mirror. *Physica Status Solidi Applied Research* 201(12): 2675–2678.
- Erol, A, Akalin, E, Sarcan, F, Donmez, O, Akyuz, S, Arikan, CM, Puustinen, J, Guina, M, 2012. Excitation energy-dependent nature of Raman scattering spectra in GaInNAs/GaAs quantum well structures. *Nanoscale Research Letters*, 7: 656.
- Hornig RH, Wang WK, Huang SY, Wu DS, 2006. Effect of resonant cavity in wafer-bonded Green InGaN LED with dielectric and silver mirrors. *IEEE Photonics Technology Letters*, 18(3): 457-459.
- Kaschner A, Lüttgert T, Born H, Hoffmann A, Egoro AY, Riechert H, 2002. Recombination mechanisms in GaInNAs/GaAs multiple quantum wells. *Applied Physics Letters*, 78(10): 1391-1393.
- Larson MC, Kondow M, Kitatani T, Nakahara K, Tamura K, Inoue H, Uomi K, 1998. GaInNAs-GaAs long-wavelength vertical-cavity surface-emitting laser diodes. *IEEE Photonics Technology Letters*, 10(2): 188-190.
- Montes M, Guzmán A, Trampert A, Hierro A, Calleja E, 2009. 1.3 $\mu$ m emitting GaInNAs/GaAs quantum well resonant cavity LEDs. *Solid State Electronics* 54: 492–496.
- Murel AV, Danil VM, Drozdov YN, Gaponova DM, Shashkin VI, Shmagin VB, Khrykin OI, 2005. Electroluminescent Properties of Heterostructures with GaInNAs Quantum Wells. *Semiconductors* 39(1): 30-32.
- Riechert H, Ramakrishnan A, Steinle G, 2007. Development of InGaAsN-based 1.3  $\mu$ m VCSELs. *Semiconductor Science and Technology*, 17: 892-897.
- Rutz A, Liverini V, Müller E, Schön S, Keller U, 2007. All-GaInNAs ultrafast lasers: Material development for emitters and absorbers. *Journal of Crystal Growth*, 301: 525-528.
- Sarcan F, Nordin MS, Kuruoğlu F, Erol A, Vickers AJ, 2017. Characterization of temperature dependent operation of a GaInNAs-based RCEPD designed for 1.3  $\mu$ m. *Superlattices and Microstructures*, 102: 27–34.
- Sarcan F, Nutku N, Nordin MS, Vickers AJ, Erol A, 2018. A study on the voltage-dependent response of a GaInNAs-based pin photodetector with a quasi-cavity. *Semiconductor Science and Technology*, 33: 114006.
- Sarcan F, Wang Y, Krauss TF, Erucar T, Erol A, 2020. Dilute nitride resonant-cavity light emitting diode. *Optics and Laser Technology*, 122: 105888.
- Schubert EF, Wang YH, Cho AY, Tu LW, Zydzik GJ, 1992. Resonant cavity light-emitting diode. *Applied Physics Letters*, 60(8): 921–923.
- Song YK, Diagne M, Zhou H, Nurmikko AV, Schneider RP, Takeuchi T, 2000. Resonant-cavity InGaN quantum-well blue light-emitting diodes. *Applied Physics Letters*, 77(12): 1744-1746.
- Yamada M, Anan T, Hatakeyama H, Tokutome K, Suzuki N, Nakamura T, Nishi K, 2005. Low-Threshold Operation of 1.34  $\mu$ m GaInNAs VCSEL Grown by MOVPE. *IEEE Photonics Technology Letters*, 17(5): 950-952.

## Geleneksel Kapak Ekmeği Üretimi

Nuran ERDEM<sup>1</sup>, Mustafa KARAKAYA<sup>2</sup>

**ÖZET:** Ekmek üretim teknolojisi, insanoğlu tarafından bilinen en eski gıda üretim teknolojilerinden birisidir. Tarihi çok eskilere dayanan Kapak ekmeği, Aksaray iline bağlı Kapadokya bölgesinde yer alan Güzelyurt (Gelveri) ilçesinin kültürel dokusu içerisinde geçmişten günümüze varlığını taşıyabilmiş geleneksel gıdalarımızdan biridir. 1900’lü yıllarda Güzelyurt’a gelen Selanik göçmenleri yöreye ayak bastığında beslenmek amacıyla ilk olarak bu ekmeği yapmışlardır. Daha sonra Güzelyurt’ta yaşayan yöre halkı da yapımını öğrenmiş ve yöreye özgü bir ekmeğin çeşidi haline gelmiştir. “Kapak ekmeği” ismini, kül ile kaplanmış ve pişirme sıcaklığına kadar ısıtılmış özel kulplu sac kapağın altında pişirilmesinden almıştır. Pişirme işlemine başlanmadan önce kapağın üzerine kül sürülmekte ve bu kapak yanan ateşin üzerine yerleştirilmektedir. Ekmek, tepsinin üzerindeki kapak ile köz halindeki ateşin üzerinde pişirilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Kapak ekmeği, geleneksel gıda, üretim teknolojisi, Güzelyurt

## Traditional Lid Bread Production

**ABSTRACT:** Bread production technology is one of the oldest food production technologies known to human beings. Lid bread, which dates back to ancient times, is one of the traditional foods that have survived from the past to the present within the cultural fabric of Güzelyurt (Gelveri) district in the Cappadocia region of Aksaray province. When the migrants of Thesaloniki came to Güzelyurt in the 1900s, they made this bread for the first time. Later, local people living in Güzelyurt learned to make and became a bread specific to the region. “Lid bread ” takes its name from the cooking under the lid with special handles covered with ash and heated to cooking temperature. Before starting the cooking process, ash is applied to the lid and this lid is placed on the burning fire. The bread is baked on the fire in the form of embers with the lid on the tray.

**Keywords:** Cover bread, traditional food, production technology, Güzelyurt

<sup>1</sup> Nuran ERDEM (Orcid ID: 0000-0002-7012-9251), Aksaray Üniversitesi, Güzelyurt MYO, Gıda İşleme Bölümü, Aksaray, Türkiye

<sup>2</sup> Mustafa KARAKAYA (Orcid ID: 0000-0001-6663-9008), Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Nuran ERDEM, e-mail: nuran.erdem42@gmail.com

## GİRİŞ

Ekin anlamına da gelen Kültür terimi, bir topluma ait olan örf, adet, gelenek gibi her türlü maddi ve manevi bir birikim ve yaşam tarzını ifade eder. Her toplumun kendine özgü beslenme kültürü bulunmakta olup yaşam şekline de bağlıdır. Toplumlara ve yörelere göre farklılıklar içermektedir (Cömert, 2014). İnsan ve toplum hayatı için beslenme ihtiyacı yaşamsal özelliğe sahiptir. Yaşanılan bölgeye özgü damak tadını gösteren ve o bölgenin beslenmesinde önemli bir yer tutan pek çok geleneksel gıda maddesi vardır (Tangüler ve Erten, 2009). Geleneksel gıdalar, tarih boyunca sosyokültürel ve ekolojik değerlerin birbirlerini etkilemeleri, topluluk halinde yaşayanlara ait yöresel yemek kültürünün oluşması (Şahin ve Avşar, 2004), yaşanılan bölgenin hava şartları, beslenme alışkanlıkları, yetiştirilen tarım ürünlerinin bileşimleri, çalışma koşulları ve inanç gibi etkenlerle şekillenen gıdalardır (Cayot, 2007).

Tüketicilerden gelen talep artışını zamanında karşılayabilen imalat, tanıtım ve satış yöntemlerinin ortaya çıkması ile üretiminde de geleneksel tekniklerin kullanıldığı geleneksel gıdalar unutulmaya ve kaybolmaya başlamıştır (Çoksöyler, 2009). Ancak ekonomik gelişmenin sürekliliğinin sağlanmasında kültür sürekliliğinin sağlanmasının da önemi büyüktür (Albayrak ve ark., 2010). Dünya ticaretinde yaşanan küreselleşme ile büyük miktarlarda ve çeşitli ürünlerin üretiminin önü açılmış, olması gerekenden fazla kâr sağlanmak istenmesi ile de geleneksel gıdaların yerine muhteviyatı modifiye edilmiş gıdaların üretimi artmıştır. Sağlığı tehdit etmeye başlayan bu durum karşısında, tüketiciler yörelere ait geleneksel gıdalara daha fazla ilgi göstermeye başlamışlardır (Şahin ve Meral, 2012).

Ekmeğin üretim teknolojisi, tarihte gıda üretiminde kullanılan teknolojiler arasında ilk sıralarda yer almaktadır (Erdem ve ark., 2017). Ekmeğin üretiminde hammadde olarak kullanılan tahıl tanelerinin, eski tarihlerde ezilerek direkt tüketimi sağlanırken, daha sonraki zamanlarda taş değirmenler aracılığıyla tam tahıl unları üretilmeye başlanmıştır (Elgün ve Ertugay, 1997). Ekmeğin enerji sağlayan gıda maddeleri arasında yer alması, bileşiminin yüksek oranda karbonhidrat içermesi nedeniyledir. Ayrıca ekmeğin bileşimindeki yağ oranının düşük oluşu, bünyesinde protein, mineral maddeler ve vitaminleri bulundurması, beslenmede önemini artırmaktadır (Köten ve Ünsal, 2006). Temel gıda maddesi olma özelliği ile ekmeğin, ülkemizde günlük kalori ihtiyacının %44'lük, proteinin ise yaklaşık %50'lik bir bölümünü karşılamaktadır (Karaoğlu ve Kotancılar, 2001). 04 Ocak 2012 Tarih ve 28163 Sayılı Resmi Gazetede yayınlanan Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Türk Gıda Kodeksi Ekmeğin ve Ekmeğin Çeşitleri Tebliği'nde Amaç Madde 1'de "Tüketime sunulan ekmeğin, ekmeğin çeşitleri, diğer ekmeğin çeşitleri ve ekmeğin hamur ekmeğinin tekniğine uygun ve hijyenik şekilde üretim, muhafaza, taşıma ve pazarlanmasını sağlamak üzere bu ürünlerin özelliklerini belirlemektir" şeklinde yazılmıştır (TGK, 2012). Üretim işlemlerinin kayıt altına alınması, yaygınlaştırılması, ekmeğin üretim teknolojisinin geliştirilmesi, yörelere ait geleneksel ekmeğinin unutulmasının önlenmesi, farklı yapı ve duyu özelliklerindeki ekmeğinin üretimi ile birbirinden farklı özellikteki ekmeğin sayısının artması ülke ekonomisine de katkıda bulunacaktır (Erdem ve ark., 2017).

Ekmeğinin istenen hacimde olmasını sağlayan en önemli faktör ekmeğin mayası olarak bilinen *Saccharomyces cerevisiae*'nin glikozu fermente etmesi sonucu ortaya çıkan CO<sub>2</sub> gazıdır (Turantaş, 1999; Elgün ve Ertugay, 2003). Mayalı ekmeğinin una maya, su ve tuz katılarak yoğrulan hamurun mayalandırılması ve şekil verilerek çeşitli fırınlarda/ortamlarda pişirilmesiyle elde edilen ekmeğindir (Coşkun ve Karababa, 2009). Ekmeğin yapımında *Saccharomyces cerevisiae* ticari mayasının yanı sıra geleneksel tatlı ve ekmeğin doğal mayalar da kullanılmaktadır (Özer ve ark., 2009).

Dünyanın birçok yerinde yapılan kazı çalışmaları, ekmeğinin yapımının yazılı tarihin başında hatta daha öncesinde var olduğunu göstermektedir (Clarke ve Arendt, 2005). Diğer ülkelerde olduğu gibi

ülkemizde de beslenme denildiğinde ekmek, ilk sırada yer alan gıda maddesidir. Karbonhidrat ve protein kaynağı olan ekmek, besleyici ve doyurucu olması, kolay temin edilmesi, nötr tada ve aromaya sahip olması nedeniyle birçok yiyeceğe katık olabilmesi, ucuz olması ve birçok çeşidinin evlerde de yapılabilmesi ile özellikle tahıla dayalı bir beslenmenin yaygın olduğu ülkemizde vazgeçilemeyen gıdalar arasında yer almaktadır. Ürün talebi, ülkemizin farklı bölgelerinde yapılan geleneksel ekmekler üzerine artan araştırmalar doğrultusunda bu ekmeklerin sektöre kazandırılması ile ekmek sektöründe her geçen gün artan çeşitlilik ve sektörde yaşanan rekabet sonucu pazar giderek büyümektedir.

Birçok ülkede sayılamayacak kadar farklı tipte ekmek yapıldığı ve bazı ülkelerin kendilerine özgü ekmekleriyle anıldıkları bilinmektedir. Diğer ülkelerde olduğu gibi Türkiye’de de çok sayıda farklı tip ekmek üretimi söz konusu (Köten ve Ünsal, 2004) olup yöresel ve geleneksel ekmeklerden birisi tandır ekmeğidir. Tandır ekmeği Hatay, Malatya ve Mardin gibi birçok ilde ebatları ve üretim yöntemleri birbirlerinden farklı şekillerde üretilmektedir (Dizlek ve ark., 2009). Ekşi hamur yöntemiyle yapılan Trabzon Vakfikebir Ekmeği kalın sert kabuklu, iri gözenekli, işlem süresi uzun ve işleme toleransı yüksek, direkt metotla üretilen ekmeklere kıyasla aroması, hacmi ve raf ömrü daha iyi olan geleneksel bir ekmek çeşididir (Kotancılar ve ark., 1998). Bir mayalama şekli olarak ekşi hamur kullanımı gıda üretimindeki en eski biyoteknolojik işlemlerden birisidir (Clarke ve Arendt, 2005). Bayatladığında ilk önce sert bir yapı kazanmakta ve ufalanabilirliği artmakta olan ekmekteki bu sıkışmanın başlıca nedeninin nişasta retrogradasyonu olduğu belirlenmiştir (Chen ve ark., 1997; Del ve ark., 2003; Ribotta ve ark., 2004). Kocaeli iline bağlı Gebze ilçesinin köylerinde üretilen ekşi mayalı ekmek, Anadolu’nun farklı yörelerinde yapılan köy ekmeklerine temelde benzerlik göstermektedir. Katkı maddesi kullanılmaması, ekşi maya kullanılması, gözeneklerinin sık ve homojen olmasından ötürü aromasının, endüstriyel fırınlarda pişirilen ekmeklere göre daha fazla beğenildiği tespit edilmiştir (Şen, 2018). Erzurum kültürüyle özdeşleşen lavaş (acem ekmeği) tandırlarda üretilen yöreye ait özel bir ekmek çeşididir. Erzurum dışında özellikle Ankara, İstanbul, Samsun, Gaziantep gibi büyük kentlere gönderilmekte, Anadolu’nun birçok kentinde bilinmekte ve tüketilmektedir (Bayoğlu, 2014). Şanlıurfa’da üretilen tırnaklı ekmeğin temel bileşenleri un, su, maya ve tuz olup açık ekmek hamuru da tırnaklı ekmek hamuru gibi hazırlanmaktadır. Fark, maya miktarı ve işleme şeklindedir (Köten ve Ünsal, 2007). Mısır’da üretilen ve 150 g ağırlığında olan Balady, çift katlı, dairesel şekilli ve yüksek sıcaklıkta çok kısa sürede pişirilmektedir. İran’ın ekşi hamurdan hazırlanan Şangak ekmeği 400 g ağırlığındadır. Üzerine haşhaş ve susam serpilerek 250°C’de 3-5 dak sürede pişirilmektedir. Pakistan, Hindistan ve Çin’de üretilen Chapati (Roti, Çapati) bazlamaya benzer özellikte bir ekmek olup üretiminde genellikle yüksek su kaldırabilen unlar kullanılmakta ve kızgın sac üzerinde pişirilmektedir (Faridi, 1988).

Zaman içerisinde beslenme alışkanlıklarının değişmesi ve artan rekabet koşullarının sağlıksız gıda üretimini teşvik etmesine paralel olarak daha az katkı içeren ve daha az işlenmiş sağlığa uygun gıda ürünlerinin çeşitlendirilmesi çalışmaları yoğunluk kazanmıştır. Bu ürünler içerisinde unlu mamuller grubu ve bu grup içerisinde geleneksel ekmeklere olan ilgi artmıştır. Türkiye, kültürel varlığı ve tarihi geçmişi ile birçok geleneksel gıdanın üretilmesine imkan sağlayan büyük bir zenginliğe sahiptir. Bulunduğu bölgenin ismiyle özdeşleşen, ülke ve bölge ekonomisine katkı sağlayan pek çok geleneksel ürün vardır. Bu geleneksel ürünlerden biri de Güzelyurt’un Kapak ekmeğidir. Gıda üretim teknolojileri içerisindeki en eski ve kapsamlı olanı ekmek üretim teknolojisidir. Her ekmek ustası ekmek üretiminde kendi bilgi ve deneyimlerine dayalı üretim gerçekleştirmekte ve kendindeki bu özellikleri ustadan çırağa geçirerek geleceğe aktarmaktadır. Ayrıca Güzelyurt’ta yaşayan halk, ekmek gereksinimini kendi çabalarıyla gidermekte ve aile bireyleri arasındaki yaşlı ilerlemiş bireyler, ekmek üretim işlemlerini gerçekleştirmektedir. Kapak ekmeği konusunda sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu derlemenin amacı; yöre sakinleriyle gerçekleştirilen görüşmeler ve bilgi alışverişi yoluyla, Aksaray ilinin tarihi



yönüyle turistleri çeken ilçesi olan Güzelyurt'un (Gelveri) geleneksel Kapak ekmeğinin ortaya çıkışı, bileşiminde kullanılan hammaddeler ve üretim prosesi konularında bilgi vermektir.

### Kapak Ekmeği Üretim Teknolojisi ve Üretim Akış Şeması

Kapak ekmeğinin tarihçesi çok eskilere dayanmaktadır. 1900'lü yıllarda Güzelyurt'a gelen Selanik göçmenlerinin yöreye ayak bastığında beslenmek amacıyla ilk olarak bu ekmeği yaptığı, daha sonra Güzelyurt'ta yaşayan yöre halkının da ekmeğin yapımını öğrendiği ve yöreye özgü bir ekmeğe haline geldiği bildirilmiştir (Yalçın, 2019a). Geleneksel Kapak ekmeği ismini, kül ile kaplanmış ve pişirme sıcaklığına kadar ısıtılmış özel kulplu sac kapağın altında pişirilmesinden almıştır. Ekmeğe, tepsinin üzerindeki kapak ile köz halindeki ateşin üzerinde pişirilmektedir. Pişirme işlemine başlamadan önce kapağın üzerine kül sürülmekte ve bu kapak ekmeğin pişebileceği sıcaklığa ulaşması için yanan ateşin üzerine (Şekil 1) yerleştirilmektedir (Gedik, 2017; Gök, 2017a; Gök, 2017b; Gözmen, 2017a; Gözmen, 2017b; Gün, 2017; Özmel, 2017a; Özmel, 2017b; Tetik, 2017a; Tetik, 2017b; Tetik, 2017c; Tetik, 2017d; Yıkılmaz, 2017a; Yıkılmaz, 2017b; Ekin, 2018a; Ekin, 2018b; Gün, 2018; Karaoğlan, 2018; Balcan, 2019).



a



b



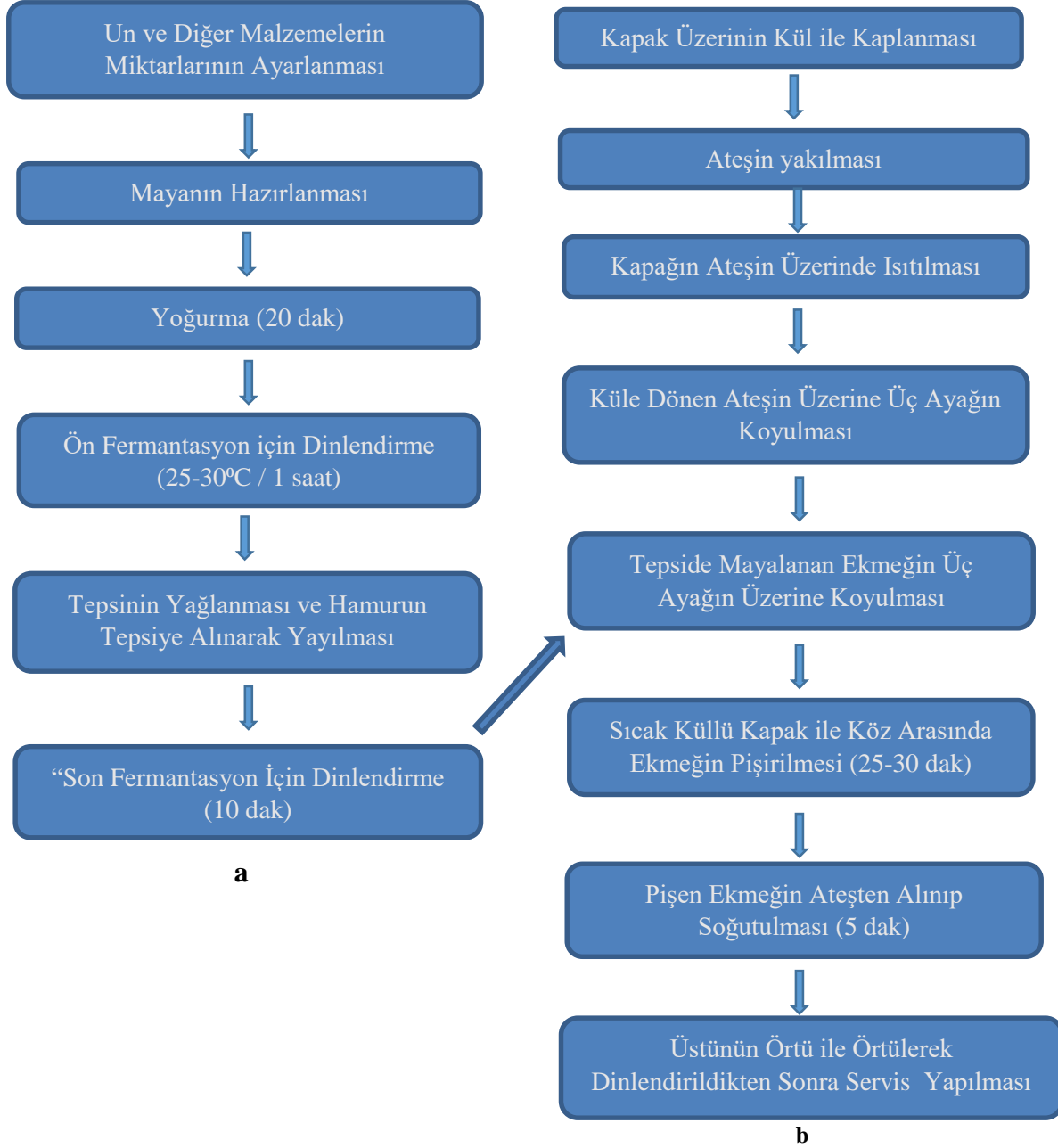
c

**Şekil 1** a. Üzerine kül sürülmemiş özel kulplu sac kapak, b. Üzerine kül sürülmüş özel kulplu sac kapak, c. Üzerine kül sürülmüş sac kapağın ateş üzerinde pişirme sıcaklığına kadar ısıtılması

Kapak ekmeği tepsi ve kapağı, ekmeğin lezzetli ve kaliteli olmasındaki en büyük etkidir. Kullanılacak kapağın kalın ve ağır olması ekmeğin daha güzel kabarmasını sağlamaktadır (Balkır, 2019; Bidav, 2019; Koyuncu, 2019b; Salman, 2019; Vurgun, 2019; Yalçın, 2019b). Kapağın üzerine kül sürülmesinin nedeni, ekmeğin pişirilmesi esnasında kapağın ısıyı daha uzun süre muhafaza etmesi içindir. Kapağın üzerinde bulunan külün ekmeğin üzerine dökülmesini önlemek amacıyla kapağın kenarına yaklaşık 2 cm genişliğinde saçak yapılmıştır (Gedik, 2017; Balcan, 2019; Gök, 2017b; Gözmen, 2017a, Gözmen, 2017b; Gün, 2017; Özmel, 2017a; Özmel, 2017b; Yıkılmaz, 2017b). Hamurun fermente edilmesi ile elde edilen geleneksel bir ekmeğe çeşidi olan Kapak ekmeği, pişirme yöntemi ve pişirme parametrelerindeki farklılığa bağlı olarak diğer ekmeğe çeşitlerinden ayrılmaktadır. Kapak ekmeği üretim akış şeması Şekil.2'de görülmektedir.

“Kapak ekmeği tepsinin altında bulunan köz ve üstünde bulunan sıcak küllü kapak arasında pişirilmesi” şeklinde uygulanan pişirme yöntemi, geleneksel ekmeği diğer ekmeğlerden ayıran en önemli özelliğidir. Yöre halkı tarafından üçayak olarak adlandırılan, üçayaklı üçgen veya çember biçimindeki ve demirden yapılan sacayağı, yakılan ateşin üzerine konulmaktadır. Sacayağının bulunmadığı durumda yerine taş kullanılabilir. Ateş, karşılıklı şekilde yerleştirilen iki taş arasında yakılmaktadır. Ekmeğin pişirilmesinde, tezek (kurutulmuş hayvan gübresi), nohut samanı ve bağ çubuğu gibi malzemelerden biri veya birkaçının yakıt olarak kullanılması, benzerlerinden ayıran diğer önemli özelliğini oluşturmaktadır. Kullanılacak kapağın kalın ve ağır olması ekmeğin daha fazla

kabarmasını sağlamaktadır. Geleneksel ekmeğin alt ve üst kısmının iyi pişmesi için tepsinin altındaki köz ve kapağın ısısının çok iyi ayarlanması gereklidir (Gök, 2017a; Gök, 2017b; Özmel, 2017a; Özmel, 2017b; Yıkılmaz, 2017a; Yıkılmaz, 2017b; Balcan, 2019). Kapak ekmeğinin üretim aşamaları Şekil 3.'de görülmektedir.



Şekil 2. Kapak ekmeği üretim akış şeması (a. Hamurun hazırlanması, b. Ekmek pişirme aşamaları)



Şekil 3. Kapak ekmeğinin üretim aşamaları

Kapak ekmeğinin yapımında kullanılan hammaddeler ve ekipmanlar aşağıda verilmiştir;

- 1200 g Buğday unu,
- 15 g (3 çay kaşığı) tuz,
- 1600 ml (8 su bardağı) ılık su,
- 50 g kuru maya veya 100 g (2.5 küçük paket) yaş maya.
- 8 g (1 tatlı kaşığı) şeker
- Kapak (çapı 70 cm)
- Kapak tepsisi (çapı 48 cm)

Hamur için kullanılacak un derin bir kaba alınır. Yaş maya kullanımı tercih edilmesi durumunda direkt una ilave edilerek kullanılmaktadır. Kuru maya kullanımı durumunda ise 100 ml ılık suda çözüldürülmekte ve üzerine 8 g şeker ilave edilerek 5 dak dinlenmeye bırakılmaktadır. Un üzerine 1600 ml ılık su ilave edilir ve karıştırılır. Yaklaşık 20 dak boyunca tüm malzemeler özleşinceye kadar yoğrulur. Yöre halkı tarafından hamurun yoğrulma süresi için “kulak memesinden biraz daha yumuşak hal alana kadar yoğurma” ifadesi kullanılmaktadır. Yüzeyine bir tutam un serpilen ve üzerine bez örtülen hamur, ön fermantasyon/mayalama için yaklaşık 25-30°C sıcaklıkta 1 saat dinlenmeye bırakılır. Yoğurma kabına sarılan bezin kalınlığı, hava sıcaklığına göre ayarlanmak suretiyle fermantasyon süresi boyunca gerekli olan fermantasyon sıcaklığı elde edilmektedir. Hamur mayalandıktan sonra kapak



tepsisi margarin ile yağlanır ve üzerine mayalanmış hamur dökülür. Üzerine bezle örtülen hamur 10 dak daha mayalanmaya bırakılır. Tepsie dökülen hamurun son fermentasyon süreci esnasında, pişirmede kullanılacak kapağın üzeri külle kaplanır ve ateş yakılır. Kapağın kül ile kaplanması işlemi, ekmeğin üst tarafının pişirilmesi ve kapağın soğuma hızının yavaşlatılması amacıyla yapılmaktadır. Yanan ateşin üzerine konulan kapak, pişirme sıcaklığına ulaşıncaya kadar ısıtılır. Kapağın ekmeği pişirme sıcaklığına ulaştığının kontrolü için iki yöntem kullanılmaktadır. Birinci yöntemde, ateş küle dönmeye başladıktan sonra kapak kulpuna birkaç damla su dökülmektedir. Su, sıcak yüzeye temas ettiğinde ses çıkartıyor ve hızlıca kaynatarak buharlaşıyor ise kapağın, pişirme sıcaklığına ulaştığı anlaşılmaktadır. İkinci yöntemde ise üzeri küllenmiş olan kapağa sürülen 15-20 cm uzunluğundaki bağ çubuğundan duman çıkışı gözleniyorsa, gerekli olan sıcaklığa ulaşıldığı anlaşılmaktadır (Karaoğlan, 2018; Koç, 2018; Abay, 2019; Balkır, 2019; Bayoğlu, 2019; Bidav, 2019; Genç, 2019; Koyuncu, 2019a; Koyuncu, 2019b; Salman, 2019; Vurgun, 2019; Yalçın, 2019a; Yalçın, 2019b; Yalvaç, 2019; Yasav, 2019). Ekmek pişirilen fırının gerekli sıcaklığa ulaştığının tespiti için iki farklı yöntem kullanılan bir çalışmada, birinci yöntemde fırının tabanına un serpilmiştir. Un hemen yanıyor, suya batırılmış fırın palası ile tabanı silinerek yüksek olan fırın sıcaklığı düşürülmektedir. Un yanmıyorsa pişirme işlemi başlatılmaktadır. İkinci yöntemde ise fırın tavanında bulunan tuğlaların renginin beyazlaşmaya başlamasıyla fırının pişirme sıcaklığına ulaştığı anlaşılmaktadır (Şen, 2018).

İçerisinde mayalanmış ekmeğin hamurunun bulunduğu tepsi, üçayak veya yanan ateşin iki kenarına yerleştirilen taşların üzerine konur. Pişirme sıcaklığına kadar ısıtılmış olan küllü kapak, tepsinin üzerine kapatılarak 10 dak boyunca açılmaz. Kabarma ve üst kısmının pişme kontrolleri nedeniyle birkaç kez açılan kapak, alt kısmının biraz daha pişmesi için tekrar kapatılır. 5-10 dak sonra ekmeğin tepsiye ateş üzerinden alınır. Ekmeğin pişme işlemi yaklaşık 25-30 dak sürmektedir. Soğuması amacıyla boş bir alana koyulan tepsinin üzeri ılıklaşınca kadar temiz bir bez örtü ile örtülür (Şekil 2 ve Şekil 3). Ilıklaştıktan sonra servis edilir (Karaoğlan, 2018; Koç, 2018; Abay, 2019; Balkır, 2019; Bayoğlu, 2019; Bidav, 2019; Genç, 2019; Koyuncu, 2019a; Koyuncu, 2019b; Salman, 2019; Vurgun, 2019; Yalçın, 2019a; Yalçın, 2019b; Yalvaç, 2019; Yasav, 2019).

Kapak ekmeği ile ilgili oldukça sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Kapak ekmeği, diğer geleneksel ekmeğe göre bazı farklı özelliklere sahiptir. Fermente hamurun, küllü kapak ile köz arasında pişirilmesinin Kapak ekmeğine kattığı aromanın yöre halkı tarafından beğeni seviyesinin oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. Gebze’de üretilen geleneksel bir ekmeğin ekmeğin pişirme işlemi, yöresel adı ‘Piner’ olan bir çalı kullanılmaktadır. Ekşi maya kullanımının ekmeğe kazandırdığı aroma ve pişirme esnasında fırın duvarlarına sinen piner çalısı duman kokusunun ekmeğe kattığı is aroması insanların beğenisini kazanmıştır (Şen, 2018). Şanlıurfa’da tüketimi oldukça yüksek miktarlarda olan ‘tırnaklı ve açık ekmeğin’ un, su, tuz ve mayadan oluşan hamurun fermente edilmesi ve odunla ısıtılan yaklaşık 350-400°C sıcaklıktaki taş fırınlarda pişirilmesi ile elde edilmektedir (Köten ve Ünsal, 2007). Aksaray’ın Güzelyurt ilçesinin Gerveri ekmeği, mayalı hamurdan 320-330 g olacak şekilde bezeler yapılarak, Tarihi Rum evlerinin bahçesinde yer alan taş fırınlarda, 350°C sıcaklığa ulaştığında pişirilmektedir (Erdem ve ark., 2017). İran’da üretilen 700 g ağırlığında, kalın ve oval şekilli bir ekmeğin Barbari, 220°C’de 8-12 dak sürede pişirilmektedir (Faridi, 1988).

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Güzelyurt’un sahip olduğu, kültürel kimlik içerisinde hayat bulmuş ve geleneksel yöntemlerle hazırlanan Kapak ekmeği fermente hamurdan hazırlanmakta, altta köz ve üste kül sürülmüş sıcak kapak arasında pişirilmektedir. 1924 yılında yapılan mübadelede yöreye gelen göçmenler tarafından hazırlanan bir ekmeğin çeşidi olduğu, etkileşim sonucu daha sonraları yörenin yerli halkı tarafından da öğrenilerek

yapılmaya başlandığı tespit edilmiştir. Yörede, günümüzde üretimine devam edilen çok özel geleneksel bir ekmeğin çeşidi olan Kapak ekmeğinin ticari olarak satışa sunulmadığı gözlenmiştir. Yörede yaşayanların geleneksel ekmeğin üretimini genellikle anne, babaanne ve anneanne gibi aile bireyleri içerisindeki yaşlı ilerlemiş büyüklerinden öğrendikleri, küçük yaşlardan itibaren tüketimini sürdürmekte oldukları belirlenmiştir. Geleneksel ürünlerin kendi yöresinde geleneksel yöntemlerle üretilmesine devam edilmesi zamanla kaybolmasına yol açabilmektedir. Orijinal özellikleri muhafaza edilerek endüstriyel üretime aktarılması ile daha geniş kitleler tarafından tanınmasının mümkün olacağı, ayrıca yöredeki istihdam ve gelirin artmasına yardımcı olacağı düşünülmektedir. Kapak ekmeği gibi geleneksel ekmeklerin düşük maliyet, uzun raf ömrü, sağlıklı ve gıda güvenliğine uyumlu üretim gibi niteliklerinin geliştirilerek endüstriyel boyutta üretime geçilmesi, kendi yöresi dışında ulusal ve uluslararası pazarlarda yerini alabilmesi amacıyla yapılan çalışmalar (makale, tez, proje vb.) büyük öneme sahiptir. Bu tip ürünlerin taklitleri ile karıştırılmaması ve haksız rekabetin önlenmesi için yasalarla korunması gerekmektedir. Bu amaçla yörede ürün için coğrafi işaret talebinde bulunulduğu tespit edilmiştir. Ülkemizde, raf ömrü sınırlı ekmeğin üretim hacminin yüksek olması ve bilinçsiz tüketim gibi nedenlerden dolayı ekmeğin israfı her geçen gün artmaktadır. Raf ömrü uzun ekmekler arasında yer alan Kapak ekmeği gibi ekmeklerin üretim ve tüketiminin artırılması ile ekmeğin israfının azalmasına katkı sağlanacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Abay A, 2019. Özel Görüşme, Ev Hanımı (1985), Güzelyurt, Aksaray.
- Albayrak M, Taşdan K, Güneş E, Saner G, Atış E, Çukur F, Pezikoğlu F, 2010. Küresel Rekabet Açısından Türkiye’de Tarım ve Gıda Ürünleri Pazarlama Sistemlerine Bakış: Mevcut Yapı, Sorunlar, Fırsatlar, Hedefler. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 11-15 Ocak 2010, Ankara.
- Balcan A, 2019. Özel Görüşme, MYO Personeli (1973), Güzelyurt, Aksaray.
- Balkır Ş, 2019. Özel Görüşme, Ev Hanımı (1957), Özel Görüşme, Güzelyurt, Aksaray.
- Bayoğlu B, 2019. Özel Görüşme, Ev Hanımı (1994), Güzelyurt, Aksaray.
- Bayoğlu A, 2014. Erzurum’da Lavaş (Acem Ekmeği). Atatürk Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi, 53: 163-186.
- Bidav D, 2019. Özel Görüşme, Ev Hanımı (1938), Güzelyurt, Aksaray.
- Cayot N, 2007. Sensory Quality of Traditional Food. Food Chemistry, 102: 445-453.
- Chen PL, Long Z, Ruan R, Labuza TP, 1997. Nuclear Magnetic Resonance Studies of Water Mobility in Bread During Storage. LWT-Food Science and Technology, 30 (2): 178-183.
- Clarke CI, Arendt EK, 2005. A Review of the Application of Sourdough Technology to Wheat Breads. Advances in Food and Nutrition Research, 49: 137-161.
- Coşkun Y., Karababa E, 2009. Çukurova Bölgesi’nde Tüketilen Geleneksel Ekmekler. II. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, 27-29 Mayıs 2009, Van.
- Cömert M, 2014. Turizm Pazarlamasında Yöresel Mutfakların Önemi ve Hatay Mutfağı Örneği. Journal of Tourism and Gastronomy Studies, 2 (1): 64-70.
- Çoksöyler N, 2009. Engeller Teknolojisi ve Geleneksel Gıdalarda Kullanımı. II. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, 27-29 Mayıs 2009, Van.
- Del Nobile MA, Martoriello T, Mocchi G, La Notte E, 2003. Modeling the Starch Retrogradation Kinetic of *Durum* Wheat Bread. Journal of Food Engineering, 59: 123-128.
- Dizlek H, Gül H, Özer MS, 2009. Hatay Yöresine Özgü Geleneksel Tandır Ekmeğinin Üretim Yöntemi. II. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, 27-29 Mayıs 2009, Van.
- Ekin A, 2018a. Özel Görüşme, Pastane ve Restaurant İşletmecisi (1966), Güzelyurt, Aksaray.
- Ekin İ, 2018b. Özel Görüşme, Pastane ve Restaurant İşletmecisi (1966), Güzelyurt, Aksaray.



- Elgün A, Ertugay Z, 1997. Tahıl İşleme Teknolojisi. Atatürk Üniversitesi Yayınları No:718, Ziraat Fakültesi No:297, Ders Kitapları Serisi No:52, Erzurum.
- Elgün A, Ertugay Z, 2003. Tahıl İşleme Teknolojisi. Atatürk Üniversitesi Yayınları No:718, Erzurum.
- Erdem N, Işık N, Gökmen S, 2017. Aksaray İli Güzelyurt İlçesi'nin Geleneksel Bir Gıdası Gelveri Ekmeği. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 5 (4): 534-545.
- Faridi HA, 1988. Flat Breads. In *Wheat Chemistry and Techonolog*, Vol. 2, pp. 457-506, Pomeranz, Y., Ed. A.A.C.C. Publ., St. Paul, Minnesota, U.S.A.
- Genç, A, 2019. Özel Görüşme, Muhasebeci (1992), Güzelyurt, Aksaray.
- Gedik Ö, 2017. Özel Görüşme, MYO Personeli (1979), Güzelyurt, Aksaray.
- Gök S, 2017a. Özel Görüşme, Pansiyon İşletmecisi (1959), Güzelyurt, Aksaray.
- Gök FG, 2017b. Özel Görüşme, Pansiyon İşletmecisi (1966), Güzelyurt, Aksaray.
- Göz, M, 2018. Özel Görüşme, MYO Personeli (1971), Güzelyurt, Aksaray.
- Gözmen C, 2017a. Özel Görüşme, Ev hanımı (1956), Güzelyurt, Aksaray.
- Gözmen E, 2017b. Özel Görüşme, Ev hanımı (1934), Güzelyurt, Aksaray.
- Gün D, 2017. Özel Görüşme, Ev hanımı (1954), Güzelyurt, Aksaray.
- Gün Y, 2018. Özel Görüşme, MYO Personeli (1985), Güzelyurt, Aksaray.
- Karaoğlan İ, 2018. Özel Görüşme, Ev Hanımı, (1956), Güzelyurt, Aksaray.
- Karaoğlu MM, Kotancılar HG, 2001. Tahıl Ürünlerinin Sağlığımız Açısından Önemi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32 (1): 101-108.
- Koç G, 2018. Özel Görüşme, Ev Hanımı, (1968), Güzelyurt, Aksaray.
- Kotancılar HG, Çelik I, Karaoğlu MM, 1998. Trabzon Vakfıkebir Ekmeği. *Un Mamulleri Dünyası*, 7, 4-14.
- Koyuncu A, 2019a. Özel Görüşme, Ev Hanımı (1984), Güzelyurt, Aksaray.
- Koyuncu S, 2019b. Özel Görüşme, Ev Hanımı (1961), Güzelyurt, Aksaray.
- Köten, M, Ünsal AS. 2004. Şanlıurfa Yöresine Özgü "Tırnaklı ve Açık" Ekmeklerin Geleneksel Üretim Yöntemleri. *Geleneksel Gıdalar Sempozyumu*, 23-24 Eylül 2004, Van.
- Köten M, Ünsal S, 2006. Şanlıurfa Yöresine Özgü Tırnaklı ve Açık Ekmeklerin Bazı Kimyasal Bileşimlerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10 (3/4): 57-62.
- Köten M, Ünsal AS, 2007. Şanlıurfa Yöresine Özgü "Tırnaklı ve Açık Ekmeklerin" Geleneksel Üretim Yöntemleri. *Gıda*, 32 (2): 81-85.
- Özer EA, Erginkaya Z, Özer MS, 2009. Nohut Mayalı Ekmeğin Yapılışı ve Fermantasyonunda Rol Alan Mikroorganizmalar. II: *Geleneksel Gıdalar Sempozyumu*, 27-29 Mayıs 2009, Van.
- Özmel D, 2017a. Özel Görüşme, El Sanatları Ustası (1953), Güzelyurt, Aksaray.
- Özmel H, 2017b. Özel Görüşme, Ev hanımı (1980), Güzelyurt, Aksaray.
- Ribotta PD, Cuffini S, Leon AE, Anon MC, 2004. The Staling of Bread: an X-Ray Diffraction Study. *European Food Research and Technology*, 218: 219-223.
- Salman C, 2019. Özel Görüşme, Ev Hanımı (1970), Güzelyurt, Aksaray.
- Şahin A, Meral Y, 2012. Türkiye'de Coğrafi İşaretleme ve Yöresel Ürünler. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 5 (2): 82-92.
- Şahin K, Avşar YK, 2004. Geleneksel Gıdaların Orjinin Belirlenmesinde Dikkate Alınacak Kriterler. *Geleneksel Gıdalar Sempozyumu*, 23-24 Eylül 2004, Van.
- Şen MA, 2018. Sanayi Kenti Gebze'den Geleneksel Bir Lezzet "Ekşi Mayalı Ekmek". *ASOS Journal*, 82: 338-351.
- Tangüler H, Erten H, 2009. Hububat Bazlı Geleneksel Türk Fermente Ürünü, Tarhana. *Geleneksel Gıdalar Sempozyumu*. 27-29 Mayıs, Van.
- Tetik R, 2017a. Özel Görüşme, Fırın Sahibi (1979), Güzelyurt, Aksaray.
- Tetik G, 2017b. Özel Görüşme, Fırın Sahibi (1961), Güzelyurt, Aksaray.
- Tetik S, 2017c. Özel Görüşme, Fırın Sahibi (1985), Güzelyurt, Aksaray.
- Tetik Y, 2017d. Özel Görüşme, Fırın Sahibi (1959), Güzelyurt, Aksaray.
- TGK, 2012. Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği. 04.01.2012 tarih ve 28163 sayılı Resmi Gazete.

- Turantaş F, 1999. Fermente Gıdalar. Gıda Mikrobiyolojisi, 2. Baskı, Ed: Ünlütürk A, Turantaş F. Mengi Tan Basımevi, Çınarlı, İzmir.
- Vurgun A, 2019. Özel Görüşme, Ev Hanımı (1944), Güzelyurt, Aksaray.
- Yalçın A, 2019a. Özel Görüşme, Ev Hanımı (1971), Güzelyurt, Aksaray.
- Yalçın Ş, 2019b. Özel Görüşme, Ev Hanımı (1935), Güzelyurt, Aksaray.
- Yalvaç G, 2019. Özel Görüşme, Ev Hanımı (1985), Güzelyurt, Aksaray.
- Yasav F, 2019. Özel Görüşme, Ev Hanımı (1974), Güzelyurt, Aksaray.
- Yıkılmaz M, 2017a. Özel Görüşme, MYO Memur (1965), Güzelyurt, Aksaray.
- Yıkılmaz U, 2017b. Özel Görüşme, MYO Personeli, (1980), Güzelyurt, Aksaray.

## Determination of Antimicrobial and Antioxidant Activity of Some Spices Widely Consumed in Turkey

Şenol KÖSE<sup>1\*</sup>

**ABSTRACT:** In the present study, antimicrobial and antioxidant properties of methanol extracts of some packaged and unpackaged spices including cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*), cumin (*Cuminum cyminum* L.), thyme (*Thymus vulgaris* L.) and mint (*Mentha spicata* L.) were determined. The antimicrobial effect of different concentrations of these spice extracts was examined by agar diffusion method against *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis*, *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Salmonella typhimurium*. While the antioxidant properties of spice extracts were examined using 2,2'-azino-bis-3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid (ABTS) and 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl (DPPH) methods, the total phenolic components were examined using Folin-Ciocalteu method. Methanol extracts of spices showed antimicrobial activity at different rates against tested microorganisms. The methanol extract of unpackaged mint showed highest inhibition zones (22.50 mm) against *Salmonella typhimurium*. When the total phenolic concentrations of spice extracts ranged from 6239.58 to 27197.92 mg GAE/kg, the ABTS values ranged from 40.75 to 667.57 mmol Trolox/g dried spice and the percentage of DPPH inhibitions ranged from 88.98 to 96.26%.

**Keywords:** Spices, antioxidant capacity, antibacterial effect, packaged, unpackaged

### Türkiye’de Yaygın Bir Şekilde Tüketilen Bazı Baharatların Antioksidan ve Antimikrobiyal Aktivitesinin Belirlenmesi

**ÖZET:** Bu çalışmada ambalajlanmış ve ambalajlanmamış tarçın (*Cinnamomum zeylanicum*), kimyon (*Cuminum cyminum* L.), kekik (*Thymus vulgaris* L.) ve nanenin (*Mentha spicata* L.) metanol ekstraktlarının antimikrobiyal ve antioksidan özellikleri belirlenmiştir. Bu baharat ekstraktlarının *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis*, *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa* ve *Salmonella typhimurium*’a karşı antimikrobiyal etkisi agar difüzyon yöntemi ile belirlenmiştir. Baharat ekstraktlarının antioksidan özellikleri 2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiazolin-6-sulfonik asit (ABTS) and 2,2-difenil-1-pikril-hidrazil (DPPH) yöntemleri kullanılarak incelenirken, toplam fenolik bileşikler Folin-Ciocalteu yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Baharatların metanol ekstraktları test edilen mikroorganizmalara karşı farklı oranlarda antimikrobiyal aktivite göstermiştir. En yüksek inhibisyon aktiviteyi (22.50 mm) ambalajlanmamış nanenin metanol ekstresi *Salmonella typhimurium*'a karşı göstermiştir. Baharat özütlerinin toplam fenolik konsantrasyonları 6239.58 ile 27197.92 mg GAE / kg arasında değiştiğinde, ABTS değerlerinin 40.75 ile 667.57 mmol Trolox / g kurutulmuş baharat ve DPPH inhibisyon yüzdesinin % 88.98 ile % 96.26 arasında değiştiği saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Baharatlar, antioksidan kapasite, antibakteriyel etki, ambalajlanmış, ambalajlanmamış

<sup>1</sup> Şenol KÖSE (Orcid ID: 0000-0003-0599-6030), Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Van, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Şenol KÖSE, e-mail: senolkose28@gmail.com

Geliş tarihi / Received: 30-01-2020

Kabul tarihi / Accepted: 07-06-2020

## INTRODUCTION

Since antiquity times, herbs and spices have been used in human diet to improve the flavour, color and aroma of different types of food (Aliakbarlu et al., 2014). In addition to sensory effects, they have also been used for antioxidant (Embuscado, 2015) and antibacterial effects (Shan et al., 2007). Thus, they can be used as natural antioxidants and antimicrobials in food production processes (Kose and Ocak, 2018).

Many investigations have determined that phenolic compositions in spices considerably contributed to their antioxidant capacities (Cai et al., 2004; Wu et al., 2004; Shan et al., 2007). Some investigations indicate that the phenolic compositions present in spices and herbs may also play an important role in their antimicrobial effects (Hara-Kudo et al., 2004).

Antimicrobial and antioxidant abilities of some spices have been determined by many researchers (Kıvanc and Akgul, 1986; Deans and Svoboda, 1989; Ozcan and Boyraz, 2000; Ozcan and Erkmen, 2001; Zheng and Wang, 2001; Shan et al., 2005; Hinneburg et al., 2006; Shan et al., 2007; Joe et al., 2009; Szabo et al., 2010; Aliakbarlu et al., 2014). However, there is no comparative study of unpackaged and packaged spices (thyme, cumin, mint and cinnamon) on antimicrobial and antioxidant characteristics. Therefore, the purpose of this investigation was to compare in terms of antimicrobial and antioxidant characteristics of packaged and unpackaged spices.

## MATERIALS AND METHODS

### Spice Material and Preparation of Extracts

The research material consist of four packaged and unpackaged spices such as thyme (*Thymus vulgaris* L.), cumin (*Cuminum cyminum* L.), mint (*Mentha spicata* L.) and cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) which are sold in local markets in Van province of Turkey. Methanol was used as the solvent in the preparation of spice extracts which were analyzed for antimicrobial and antioxidant activity. Firstly, spices were dried at 40 °C. A 1 g of powdered dried spices was put into a centrifuge tube, made up to 25 mL with methanol and shaking incubator (Heidolph Unimax 1010, Germany) were used in dark at room temperature for 2 h. Following incubation, the homogenate was centrifuged at 4470 g (Hettich Zentrifugen Universal 32 R, Germany) for 20 min at 4 °C and then supernatant was taken and placed into sterile dark bottles. The above steps was performed twice using the pellet and then collected supernatants were combined and evaporated in rotary evaporator (IKA RV 10, Germany) at 40 °C. For antimicrobial activity tests, the residue was dissolved with dimethyl sulfoxide (DMSO) and then completed to 25 mL with DMSO by filtration through filter paper (Whatman no: 1). However, for total phenolic substance and antioxidant capacity tests, the residue was dissolved in methanol and the total volume was brought to 25 ml with methanol by filtration through filter paper (Whatman no:1). These stock extracts were stored at -18 °C until used.

### Bacterial Cultures

Three Gram negative bacteria (*Salmonella typhimurium* ATCC 13311, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 19429, *Escherichia coli* ATCC 11303) and two Gram positive bacteria (*Enterococcus faecalis* ATCC 33186, *Bacillus cereus* ATCC 11778) were used in this study. Fresh bacteria cultures (24-48 h) were kept in the refrigerator until use.

### Antibacterial Assay

The antibacterial activities of packaged and unpackaged spices on Gram positive and negative bacteria was determined by agar well diffusion method (NCCLS, 1999). Methanol extracts of spices were sterilized by filtration through 0.45 µm membrane filter. All of the microorganisms were incubated

at  $37 \pm 0.1$  °C for 24 h by inoculation into Mueller Hinton Broth (Oxoid). After incubation, small amounts of bacterial colony was removed from fresh bacteria cultures and the density of bacterial suspensions was adjusted with sterile physiological solution against 0.5 Mc-Farland standard tubes. 100 µL of prepared culture was spread on the Mueller-Hinton Agar and then 100 µL of extract solution was impregnated into the wells of agar plates directly. The inoculated plates were incubated for 24 h at 37°C. Following incubation, the diameter of inhibition zone was determined in mm. As positive controls, Ampicillin (10 µg) and Tetracycline (30 µg) discs were used. DMSO and methanol solvents were also used as negative controls.

### Total Phenolics Content

The total phenolic compounds of the extracts were determined using the Folin–Ciocalteu method (Yemis et al., 2008). A 150 µL sample and 3 mL Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (2%) were added to the test tubes. Approximately 2 minutes later, 150 µL of the Folin-Ciocalteu's reagent (1:1, v/v in water) was added, the mixture was mixed with vortex and kept 45 min. in darkness at room temperature. The absorbance at 765 nm was read spectrophotometer (UV Mini-1240, Shimadzu, Japan). The total phenolic substance concentration was calculated from the calibration chart generated by the gallic acid and were recorded as gallic acid equivalents (GAE).

### Antioxidant Capacity

#### DPPH assay

The antioxidant capacity of the extracts of various spices were determined by DPPH method (Brand- Williams et al., 1995). The DPPH solution (25 mg DPPH / L methanol) was dissolved daily in methanol and was diluted with methanol to an absorbance of  $0.700 \pm 0.020$  at 520 nm. A total of 100 µL sample was mixed with 2.4 ml DPPH solution and the mixture was vortexed. After 30 min incubation in dark at room temperature, the absorbance at 520 nm was recorded. The antiradical activity of samples was calculated according to following equation;

$$\% \text{ inhibition of DPPH} = \frac{\text{Absorbance (Control)} - \text{Absorbance(Sample)}}{\text{Absorbance (Control)}} * 100$$

#### ABTS assay

ABTS radical cation was generated by mixing 7.0 mM ABTS stock solution with 2.45 mM (final concentration) potassium persulfate (Re et al., 1999). After 12-16 h, it was diluted with 80% ethanol to measure  $0.700 \pm 0.2$  absorbance at 734 nm. 2970 µL of the diluted ABTS solution was taken in a test tube, 30 µL of the spice extract was added and rapidly vortexed. After 6 minutes, the absorbance at 734 nm was measured in the spectrophotometer. The same procedure was performed for Trolox and the antioxidant activity value was recorded as Trolox equivalent (mmol Trolox eq/g dried weight).

### Statistical Analysis

The collected data were expressed as means± standard deviation of triplicate measurements using the SPSS (V.20) package program. Duncan multiple comparison test was used to assigned to differences between the different group materials in the same package and t-test was used for comparison of different packaging materials within the same group.

## RESULTS AND DISCUSSIONS

### Antimicrobial Activity

The antibacterial effect of extracts against tested bacteria were shown in Table 1. The inhibition zones of extracts changed depending on the variety of spices, concentrations of spices, packaging and bacteria.



The largest inhibition zone was found in the methanol extract of unpackaged mint spice against *S.typhimurium* (22.50 mm). Also, spices of unpackaged mint showed higher antibacterial effect than Tetracycline (30 µg) against *S.typhimurium*. However, 40 mg/ml concentrations of extracts of all spices exhibited higher antibacterial effect than Ampicillin (10 µg) antibiotic against *P. aeruginosa*.

In general, thyme has a higher antimicrobial efficacy than other spices used in different concentration and form of packages. This situation may be due to high content of phenolic components such as thymol and carvacrol. This is in accordance with, previous studies which showed that carvacrol and thymol had strong antibacterial activity (Cetin et al., 2011; Du et al., 2015). These components may inactivate the essential enzymes, disturb energy production and structural component synthesis and the genetic material functionally or react with the cell membrane activity (Celikel and Kavas, 2008).

**Table 1.** Antimicrobial activity of spice extracts

Spice	Concentration	Packaging type	Inhibition zone diameter (mm)				
			<i>B.cereus</i>	<i>E.faecalis</i>	<i>E.coli</i>	<i>S.typhimurium</i>	<i>P.aeruginosa</i>
Thyme	40 mg/ml	Packaged	9	-	16.50	21	13.50
		Unpackaged	12	8.50	16	18	14.50
	20 mg/ml	Packaged	-	-	10.50	16	9
		Unpackaged	9	-	9	13	9
Cumin	40 mg/ml	Packaged	-	-	-	-	9
		Unpackaged	13.50	-	-	-	18
	20 mg/ml	Packaged	-	-	-	-	-
		Unpackaged	-	-	-	-	-
Mint	40 mg/ml	Packaged	9	-	17	19	12
		Unpackaged	10	-	14.50	22.50	16
	20 mg/ml	Packaged	-	-	-	13	9
		Unpackaged	8	-	-	18	10.50
Cinnamon	40 mg/ml	Packaged	-	-	-	12.50	12
		Unpackaged	-	9	-	17.50	12
	20 mg/ml	Packaged	-	-	-	-	-
		Unpackaged	-	-	-	14.50	8
Positive controls							
Tetracycline (30µg)			26	18	21	22	12
Ampicillin (10µg)			20	25	24.50	33	-
Negative controls							
Methanol			-	-	-	-	-
DMSO			-	-	-	-	-

-: No inhibition zone.

The spice extracts had lower antibacterial effect against *E. faecalis* and also cumin extracts had lower antibacterial effect against tested bacteria. Positive controls Ampicillin (10µg) and Tetracycline (30µg) exhibited higher antibacterial activity than extracts against all of bacteria except for *P. aeruginosa* and negative controls (methanol and DMSO) didn't show any antibacterial activity.

It was examined that the methanol extracts of unpackaged spices showed higher antibacterial ability against tested bacteria in comparison to packaged spices. The *Enterococcus faecalis* ATCC 33186 was determined as the most resistant strain to packaged and unpackaged spices of methanol extracts.

As seen Table 1 Gram negative bacteria were more affected than Gram positive ones. Our results were similar with previous study of oregano and thyme spices for antimicrobial activity submitted by Cetin et al. (2011). The main differences between Gram positive and negative bacteria essentially are in the structure of their cell walls (Takahashi et al., 2004).

It is known that the compositions of spices and their antibacterial effects based on variety of spices and conditions of region (Sagdic and Ozcan, 2003). Thus, further studies are needed for determination the compounds responsible for antibacterial activity of these extracts against tested bacteria.

### Total Phenolic Compounds and Radical Scavenging Activities

The results of the total phenolics content and antioxidant capacities of packaged and unpackaged spices were shown in Table 2. According to the study we have done before (Kose and Ocak, 2018), methanol was better solvent than ethanol and acetone for extraction of phenolic compounds and antioxidants from plant materials due to polarity and good solubility. Phenolic substances generally have partial polar properties because they carry hydroxyl groups. In addition, phenolic substances are found in plant tissues, usually esterified with sugars, which increase the solubility of glycoside forms in relatively polar solvents such as water and methanol (Dagdelen, 2010). Similarly, in the study reported by Dagdelen et al. (2014), it was found that methanol was the best solvent to dissolve phenolic substances from plant spices. Therefore, in the current study methanol was used to extracting phenolic compounds and antioxidants from all spices.

**Table 2.** Total phenolic compounds and antioxidant capacities of spice extracts

Samples	TPC (mg GAE/kg)	% inhibition of DPPH	TEAC (mmol Trolox/g)	
Packaged	Thyme	25046.88±994.37 <sup>aC</sup>	93.26±2.21 <sup>aAB</sup>	311.50±1.4 <sup>aC</sup>
	Cumin	6677.08±220.97 <sup>aA</sup>	94.43±1.73 <sup>aB</sup>	40.75±4.88 <sup>aA</sup>
	Mint	21942.71±125.21 <sup>aB</sup>	89.12±1.92 <sup>aA</sup>	192.65±20.23 <sup>aB</sup>
	Cinnamon	26296.88±169.42 <sup>aC</sup>	91.84±0.19 <sup>aAB</sup>	640.44±6.28 <sup>aD</sup>
Unpackaged	Thyme	22421.88±1377.38 <sup>aC</sup>	96.26±2.6 <sup>aB</sup>	308.54±1.4 <sup>aC</sup>
	Cumin	6239.58±176.78 <sup>aA</sup>	95.24±0.38 <sup>aB</sup>	55.06±1.39 <sup>aA</sup>
	Mint	17552.08±1414.21 <sup>aB</sup>	88.98±0.19 <sup>aA</sup>	176.87±42.55 <sup>aB</sup>
	Cinnamon	27197.92±397.75 <sup>aD</sup>	90.27±0.1 <sup>bA</sup>	667.57±1.39 <sup>aD</sup>

Values were performed as means±standard deviation,

Mean values in the same column showed the different letters (a-b) between different packaging materials within the same group (P<0.05), Mean values in the same column showed the different letters (A-D) between different group materials in the same package (P<0.05).

Total phenolics of spices changed from 6239.58 to 27197.92 mg GAE/kg dw. As seen table 2, the contents of total phenolics varied widely in the spice extracts determined. The average total phenolics of packaged spices were found to be higher than unpackaged spices except for cinnamon spices. On the other hand, cinnamon extracts had the highest phenolic contents among packaged and unpackaged spices. While the difference of total phenolic compounds between packaged and unpacked spices were non-significant, the difference between the packaged spice varieties and unpackaged spice varieties were found to be significant (p<0.05). The obtained data compared with the literature, thyme results were higher than the value determined by Roby et al. (2013) as 8.10 mg GAE/g, cumin results were lower than the value determined by Thippeswamy and Naidu (2005) as 8.6 mg GAE/g, mint were lower than the value determined by Scherer et al. (2013) as 76.32 mg GAE/g, cinnamon results were higher than the value determined by Ereifej et al. (2016) as 121.6-187.1 mg GAE/100g. The concentration of total phenolic compounds varied significantly between the spices. These values has changed according to spice variety and experimental conditions such as, extraction solvent and method.

Although there are many methods for determining the antioxidant activity of spice extracts, the DPPH is the most widely used method for the quantification of free radical scavenging activity. This method is depend on the spectrophotometric measurement of the reduction in the characteristic purple color of 2,2-diphenyl picrylhydrazyl (DPPH) as a stable free radical. The reason for this decrease in color is the sweeping of DPPH by these antioxidants in the presence of antioxidants that give electrons and hydrogen atoms (Brand-Williams et al. 1995). The percentage inhibitions for DPPH assay are ranged from 88.98 to 96.26. The higher the number, the greater the hydrogen-donating ability and thus the higher the antioxidant activity of the spice extracts. Therefore, DPPH values have the highest antioxidant activities.

The DPPH inhibitions of unpackaged thyme and cumin were found to be higher than thyme and cumin in packaged. On the other hand, the mint and cinnamon in packaged had higher DPPH inhibitions than unpackaged mint and cinnamon. The difference of DPPH inhibitions among packaged and unpacked spices were non-significant except for cinnamon spice. The DPPH inhibition of cinnamon spice in packaged and in unpackaged was found to be significantly different ( $p < 0.05$ ).

Unpackaged thyme extract had the highest DPPH inhibition and this situation could be due to high content of phenolic components such as carvacrol and thymol content, these phenolic components with known antioxidant activity (Tural and Turhan, 2017).

When the DPPH results of spice extracts were compared with the literature, thyme, mint and cumin showed higher DPPH inhibition than the value determined by Embuscado (2015) as 52, 50.9, 32.7 %, respectively. Also, DPPH inhibition of cinnamon were higher than the value determined by Dalwadi et al. (2016) as 54.63%. These values may have changed depending on the spice types, environmental conditions, solvent type and extraction methods.

In addition to DPPH assays, ABTS analyses are commonly used for measuring antioxidant capacities of herb and spice extracts (Dagdelen et al., 2014). The ABTS method is depend on the generation of a blue/green  $ABTS^{+}$  that can be decreased by antioxidants (Floegel et al., 2011). ABTS values of spices changed from 40.75 to 667.57 mmol Trolox/g dw. The methanol extract of packaged and unpackaged cinnamon showed high both ABTS values and total phenolic compounds. Phenolic substances may be the main compounds responsible for antioxidant activities of spices. The strong positive correlation between antioxidant capacity and total phenolic component of herbs and spices has been previously reported (Aliakbarlu, 2014; Chan et al., 2016).

The ABTS values of thyme, cumin, mint and cinnamon have been determined (Shan et al., 2007; Wojdyło et al., 2007; Vallverdu-Queralt et al., 2014). However, the ABTS values of present study showed higher and lower levels when compared with the previous study (Scherer et al., 2013; Vallverdu-Queralt et al., 2014; Dalwadi et al., 2016). Differences of these investigations could be due to different extraction procedure.

## CONCLUSIONS

This is the first study to compare the antioxidant and antimicrobial abilities of packaged and unpackaged spices. The most used spices in Turkey were found to have high levels of total phenolic contents, antioxidant capacities and antimicrobial activity. Thus, these spices can be used as natural preservatives and antioxidants in food production systems, due to it's rich and pleasant aroma.

The total phenolic concentration, DPPH inhibition and antimicrobial activity of 4 packaged and 4 unpackaged spice extracts were different from eachother. The compositions responsible for total phenolics, antioxidant and antimicrobial activities of spices are still unclear. Thus, more studies are necessary to determine and characterize the bioactive compounds.

**REFERENCES**

- Aliakbarlu J, Mohammadi S, Khalili S, 2014. A Study on Antioxidant Potency and Antibacterial Activity of Water Extracts of Some Spices Widely Consumed in Iranian Diet. *Journal of Food Biochemistry*, 38: 159-166.
- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C, 1995. Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *LWT-Food Science and Technology*, 28 (1): 25-30.
- Cai YZ, Luo Q, Sun M, Corke H. 2004. Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. *Life Sciences*, 74: 2157–2184.
- Chan C-L, Gan R-Y, Corke H, 2016. The Phenolic Composition and Antioxidant Capacity of Soluble and Bound Extracts in Selected Dietary Spices and Medicinal Herbs. *Journal of Food Science and Technology*, 51:565–573.
- Cetin B, Cakmakci S, Cakmakci R, 2011. The Investigation of Antimicrobial Activity of Thyme and Oregano Essential Oils. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35:145-154.
- Celikel N, Kavas G, 2008. Antimicrobial Properties of Some Essential Oils Against Some Pathogenic Microorganisms. *Czech Journal of Food Sciences*, 26: 174–181.
- Dagdelen S, (2010). Determination of Antimicrobial and Antioxidant Effects, Aroma Profile and Some Chemical Properties of Important Herbs Species Added to Otlu Cheese., Inonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Food Engineering, PhD Thesis (Printed).
- Dagdelen S, Bilenler T, Durmaz G, Gokbulut I, Hayaloglu AA, Karabulut I, 2014. Volatile Composition, Antioxidant and Antimicrobial Activities of Herbal Plants Used In The Manufacture of Van Herby (Otlu) Cheese. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38:1716-1725.
- Dalwadi K, Elias J, Patel VH, Subhash R, 2016. Comparative Study of Antioxidant Properties of Cinnamon and Kokum In Aqueous and Methanolic Extracts. Department of Higher Education-Government of Gujarat *Journal of Science*, August-September, 2016.
- Deans SG, Svoboda KP, 1989. Antimicrobial Activity of Summer Savory (*Satureja Hortensis* L.) Essential Oil and Its Constituents. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 64: 205–210.
- Du E, Gan L, Li Z, Wang W, Liu D, Guo Y, 2015. In Vitro Antibacterial Activity of Thymol and Carvacrol and Their Effects on Broiler Chickens Challenged with *Clostridium Perfringes*. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 6:58. doi: 10.1186/s40104-015-0055-7.
- Embuscado ME, 2015. Spices and herbs: Natural sources of antioxidants- a mini review. *Journal of Functional Foods*, 18: 811-819.
- Ereifej KI, Feng H, Rababah TM, Tashtoush SH, Al-U'datt, MH, Gammoh S, Al-Rabadi GJ, 2016. Effect of Extractant and Temperature on Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Selected Spices. *Food and Nutrition Sciences*, 7: (362-370).
- Floegel A, Kim D-O, Chung S-J, Koo SI, Chun OK, 2011. Comparison of ABTS/DPPH Assays to Measure Antioxidant Capacity in Popular Antioxidant-Rich US Foods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24:1043-1048.
- Hara-Kudo Y, Kobayashi A, Sugita-Konishi Y, Kondo K, 2004. Antibacterial Activity of Plants Used in Cooking for Aroma and Taste. *Journal of Food Protection*, 67:2820–2824.
- Hinneburg I, Damien Dorman HJ, Hiltunen R. 2006. Antioxidant Activities of Extracts from Selected Culinary Herbs and Spices. *Food Chemistry*, 97:122–129.
- Joe MM, Jayachitra J, Vijayapriya M, 2009. Antimicrobial Activity of Some Common Spices Against Certain Human Pathogens. *Journal of Medicinal Plants Research*, 3(11):1134-1136.
- Kıvanc M, Akgul A. 1986. Antibacterial Activities of Essential Oils from Turkish Spices and Citrus. *Flavour and Fragrance Journal*, 1:175–179.
- Kose S, Ocak E, 2018. Antimicrobial and Antioxidant Properties of Sirmo (*Allium vineale* L.), mendi (*Chaerophyllum macropodium* Boiss.) and Siyabo (*Ferula rigidula* DC.). *Gıda* 43(2): 294-302, doi: 10.15237/gida.GD17099.
- NCCLS (National Committee for Clinical Laboratory Standard), 1999. Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing. 9th International Supplement. M100-S9. Wayne Pa.

- Ozcan M, Boyraz N, (2000). Antifungal Properties of Some Herb Decoctions. *European Food Research and Technology*, 212: 86–88.
- Ozcan M, Erkmén O, 2001. Antimicrobial Activity of The Essential Oils of Turkish Plant Spices. *European Food Research and Technology*, 212: 658–660.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C, 1999. Antioxidant Activity Applying an Improved ABTS Radical Cation Decolorization Assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26:1231–1237.
- Roby MHH, Sarhan MA., Selim KAH, Khalel KI, 2013. Evaluation of Antioxidant Activity, Total Phenols and Phenolic Compounds in Thyme (*Thymus vulgaris* L.), Sage (*Salvia officinalis* L.), and Marjoram (*Origanum majorana* L.) Extracts. *Industrial Crops and Products*, 43:827– 831.
- Sagdic O, Ozcan M, 2003. Antibacterial Activity of Turkish Spice Hydrosols. *Food Control*. 14:141-143.
- Scherer R, Lemos MF, Lemos MF, Martinelli GC, Martins JDL, Da Silva AG, 2013. Antioxidant and Antibacterial Activities and Composition of Brazilian Spearmint (*Mentha spicata* L.). *Industrial Crops and Products*, 50:408– 413.
- Shan B, Cai YZ, Sun M, Corke H. 2005. Antioxidant Capacity of 26 Spice Extracts and Characterization of Their Phenolic Constituents. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53:7749–7759.
- Shan B, Cai YZ, Brooks JD, Corke H, (2007). The in Vitro Antibacterial Activity of Dietary Spice and Medicinal Herb Extracts. *International Journal of Food Microbiology*, 117:112-119.
- Szabo MR, Radu D, Gavrilas S, Chambre D, Iditoiu C, 2010. Antioxidant and Antimicrobial Properties of Selected Spice Extracts. *International Journal of Food Properties*, 13(3):535-545, DOI: [10.1080/10942910802713149](https://doi.org/10.1080/10942910802713149).
- Takahashi T, Kokubo R, Sakaino M, 2004. Antimicrobial Activities of Eucalyptus Leaf Extracts and Flavonoids from *Eucalyptus Maculata*. *Letters in Applied Microbiology*, 39:60-64.
- Thippeswamy NB, Akhilender Naidu K, 2005. Antioxidant Potency of Cumin Varieties-Cumin, Black Cumin and Bitter Cumin- on Antioxidant Systems. *European Food Research and Technology*, 220:472–476.
- Tural S, Turhan S, 2017. Antimicrobial and Antioxidant Properties of Thyme (*Thymus vulgaris* L.), Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and Laurel (*Lauris nobilis* L.) Essential Oils and Their Mixtures. *GIDA* 42(5):588-596 doi: 10.15237/gida.GD17030.
- Vallverdu-Queralt A, Regueiro J, Martinez-Huelamo M, Alvarenga JFR, Leal LN, Lamuela-Raventos RM, 2014. A Comprehensive Study on The Phenolic Profile of Widely Used Culinary Herbs and Spices: Rosemary, Thyme, Oregano, Cinnamon, Cumin and Bay. *Food Chemistry*, 154:299-307.
- Yemis O, Bakkalbasi E, Artık N, 2008. Antioxidant Activities of Grape (*Vitis Vinifera*) Seed Extracts Obtained from Different Varieties Grown in Turkey. *Journal of Food Science and Technology*, 43:154-159.
- Wu X, Beecher GR, Holden JM, Haytowitz DB, Gebhardt SE, Prior RL, 2004. Lipophilic and Hydrophilic Antioxidant Capacities of Common Foods in the United States. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52:4026–4037.
- Wojdylo A, Oszmianski J, Czemerys R, 2007. Antioxidant Activity and Phenolic Compounds in 32 Selected Herbs. *Food Chemistry*, 105: 940-949.
- Zheng W, Wang SY, 2001. Antioxidant Activity and Phenolic Compounds in Selected Herbs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49: 5165–5170.



## Piyasada Osmancık Çeşit Adıyla Satılan Pirinçlerin Kalite Özelliklerinin Orijinal Osmancık Çeşidi ile Karşılaştırılması

Mehmet Metin YAZMAN<sup>1\*</sup>, Mehmet KÖTEN<sup>2</sup>, Ayhan ATLI<sup>3</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada, piyasada satışa sunulan Osmancık çeşidi pirinçlerin kalite özellikleri, orijinal tohumluk Osmancık çeşidi ile karşılaştırılmıştır. Bu amaçla farklı satış noktalarından 17 adet Osmancık adı ile satılan pirinç örneği alınarak kalite özellikleri yönünden analiz edilmiştir. Elde edilen veriler Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden temin edilen orijinal tohumluk Osmancık çeşidinin sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Çalışmalar Enstitü'den temin edilen örneklerle beraber toplam 18 örnek üzerinde yürütülmüştür. Gerçekleştirilen analizler sonucunda örneklerde uzunluk 5.47-6.73 mm, uzunluk genişlik oranı 2.11-2.55, genişlik 2.59-2.85 mm, hektolitre ağırlığı 82.93-87.00 kg hl<sup>-1</sup>, bin tane ağırlığı 18.24-22.41 g arasında bulunmuştur. Pirinç örneklerinde kül miktarı % 0.37-0.48, protein miktarı % 7.10-8.12, amiloz miktarı % 27.12-30.09, toplam organik madde miktarı % 2.01-2.33 arasında değişmiştir. Örneklerin jel uzunlukları (konsistensiy) 52.00-69.00 mm ve alkalide yayılma değerleri (jelatinleşme sıcaklığı) 4.00-7.00 arasında belirlenmiştir. Pişme testi sonuçlarına göre; pişme süresi 16.81-18.87 dakika, pişme kaybı % 3.90-5.16, su alım oranı 1.79-1.99 ve hacim artış oranı 1.40-1.66 arasında tespit edilmiştir. Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde; satın alınan pirinçlerde alkalide yayılma değeri 4 örnekte orijinal çeşitten farklı bulunmuştur. Diğer özellikler bakımından ise pirinç örnekleri orijinal tohumluk Osmancık çeşidine yakın sonuçlar vermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Osmancık pirinci, pirinç kalitesi, amiloz içeriği, alkalide yayılma, jel uzunluğu

### Comparison of the Quality Characteristics of Rices Sold in the Market under the Name of Osmancık Variety with the Original Osmancık Variety

**ABSTRACT:** In this research, the quality characteristics of Osmancık rice sold in the market were compared with the original Osmancık variety. For this purpose, 17 samples of rice sold under the name of Osmancık from different sales points were taken and analyzed in terms of quality characteristics. The obtained data were compared with the results of the original seed Osmancık variety supplied from the Trakya Agricultural Research Institute. The studies were carried out on a total of 18 samples together with the samples obtained from the Institute. As a result of the analyses, length 5.47-6.73 mm, length-width ratio 2.11-2.55, width 2.59-2.85 mm, hectoliter weight 82.93-87.00 kg hl<sup>-1</sup>, thousand weight 18.24-22.41 g were found in samples. The amount of ash in rice samples was 0.37-0.48%, the amount of protein was 7.10-8.12%, the amount of amylose was 27.12-30.09%, the total amount of organic matter was 2.01-2.33%. The gel lengths (consistency) of the samples were determined between 52.00-69.00 mm and alkaline spreading values (gelatinization temperature) were determined between 4.00-7.00. According to the cooking test results; cooking time 16.81-18.87 minutes, the cooking loss 3.90-5.16%, the water uptake ratio 1.79-1.99, and the volume increase ratio 1.40-1.66 has been identified. When the results were evaluated in general, the alkaline spread value was found to be different in 4 samples from the original variety. In terms of other features, rice samples yielded results close to the original seed Osmancık variety.

**Keywords:** Osmancık rice, rice quality, amylose content, alkaline spreading, gel length

<sup>1</sup> Mehmet Metin YAZMAN (Orcid ID: 0000-0002-7208-2012), Giresun Üniversitesi, Espiye Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Giresun, Türkiye

<sup>2</sup> Mehmet KÖTEN (Orcid ID: 0000-0002-8232-8610), Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Yusuf Şerefoğlu Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Kilis, Türkiye

<sup>3</sup> Ayhan ATLI (Orcid ID: 0000-0003-4207-6671), Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mehmet Metin YAZMAN, e-mail: metin.yazman@giresun.edu.tr

## GİRİŞ

Pirinç, *Oryzasativa* L. türüne giren kültür bitkilerinin tanesi olan çeltiğin tekniğine uygun olarak kavuzları soyulduktan sonra, çeşitli değirmenleme işlemleri uygulanarak embriyo ve kabuk ile alörönün kısmen veya tamamen alınması suretiyle elde edilen üründür (Anonim, 2011a). Çeltik yeryüzünde buğday ve mısırdan sonra en fazla üretimi yapılan tahıl olup insan beslenmesinde besin kaynağı olarak kullanılan önemli bir tahıl cinsidir. Çeltiğin işlenmesi sonucu elde edilen pirinç, bileşiminde az miktarda protein içermesine rağmen amino asitlerce zengin olması nedeniyle özellikle yoğun olarak tüketildiği Uzakdoğu ülkelerinde önemli bir temel gıda maddesidir (Anonim, 2011b).

Dünyada son yıllarda düzenli olarak artış gösteren pirinç üretimi 2009/10 sezonunda 440 milyon ton olarak gerçekleşmiş, 2017/18 sezonunda ise 494 milyon tona ulaşmıştır. 2018/19 sezonu küresel pirinç üretimi tahmini ise 500 milyon tonla en yüksek seviyeye çıkmıştır. Dünya pirinç üretiminde 2017/18 sezonu itibarıyla 149 milyon ton ile ilk sırada Çin gelmekte, Çin'i Hindistan, Endonezya, Bangladeş ve Vietnam takip etmektedir. Pirinç tüketiminde ise yine ilk sırada Çin gelmekte ve aynı şekilde Hindistan, Endonezya ve Bangladeş en büyük tüketici ülkeler olarak sıralanmaktadır. Dünya pirinç ticaretindeki en büyük ihracatçı ülkelerin Hindistan, Tayland ve Vietnam, en büyük ithalatçı ülkelerin ise Sahra-Altı Afrika, Çin, Benin ve Nijerya olduğu bildirilmektedir (IGC, 2019).

Türkiye, çeltik ve pirinçte ithalatçı bir ülke konumunda olmasına rağmen özellikle 2000 yılından sonra uygulamaya konulan tarımsal politika ve yapılan desteklemelerin yanında kaliteli ve yüksek verimli çeşitlerin kullanılması, çeltik yetiştirme tekniği uygulamalarının iyileştirilmesi ve çeltik üreticisinin modern tarım yöntemlerini kullanmasına bağlı olarak üretimde ciddi artışlar olmuştur. Türkiye'de 2009 yılında 96 bin hektar alanda çeltik ekimi yapılırken bu alan 2018 yılında 120 bin hektara çıkmıştır. Aynı şekilde 2009'da 750 bin ton olan çeltik üretimi 2018 yılında 940 bin tona yükselmiştir. Buna bağlı olarak verimlilikte 2009'a oranla 2018 yılında 7 kg/da fazlaşmıştır. Bu durum çeltik ekimindeki sürekli artışı kanıtlar niteliktedir. Pirinç üretim miktarımız 2009 yılında 450 bin ton iken bu rakam istikrarlı bir şekilde artarak, 2018 yılında 564 bin tona ulaşmıştır. Tüketim ise 2018 yılı itibarı ile 750 bin ton olarak gerçekleştirmiştir (TMO, 2019).

Türkiye'de Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından geliştirilmiş 20 çeltik çeşidi tescil edilmiş ve 3 çeltik çeşidi üretim izni almıştır. 2002 yılı itibarı ile geliştirilen bu çeşitlerden Osmancık-97, Rocca ve Baldo (üretim iznli İtalyan çeşidi) Türkiye çeltik ekiliş alanlarının %80'inden fazla yer tutmaktadır. Geri kalan % 20'lik kısmın büyük bir bölümünü yine Enstitü tarafından geliştirilmiş diğer çeşitler oluşturmaktadır (Beşer ve ark., 2012).

Çeltiğin işlenmesinden sonra elde edilen pirinç, başlıca tam tane halinde buharla veya su ile pişirilerek, hızlı pişen ve kolay hazırlanabilen konserve pirinç olarak, kahvaltılık tahıl üretiminde, çocuk mamaları yapımında, hazır çorbalar, pudingler ve değişik soslarda koyulaştırıcı olarak kullanılmaktadır. Bu geniş kullanım alanı nedeni ile kalitenin belirlenmesinde öncelikle pirincin son ürüne işlemeye uygunluğu dikkate alınmalıdır. Bunun yanında pirinç kalitesini değerlendirmede tüketici tercihleri de büyük önem taşımaktadır. Kalite istekleri ülkeden ülkeye hatta aynı ülke içinde farklı bölgelere göre değişiklik gösterir. Örneğin ABD' de tüketicilerin çoğu pişme sonunda şeklini koruyan, lapalaşmayan, diri kalabilen ve yüksek hacimli pirinçleri tercih ederken, uzak doğu ülkelerindeki tüketiciler ise pişme sonrası sulu, lapamsı ve yapışkan özellik gösteren pirinçleri tercih etmektedirler (Juliano, 1985).

Türk Gıda Kodeksi Pirinç Tebliğine göre; farklı pirinç çeşitleri, sınıfları, grupları, tipleri ve menşei karıştırılarak pirinçlerin piyasaya sunulmasına izin verilmemektedir. Tebliğde tam değirmenlenmiş pirinç; içerdiği kusurlu tane, organik ve inorganik yabancı madde miktarlarına göre 1. sınıf veya 2. sınıf olarak değerlendirilmiştir. Pirinçler, tane uzunluğuna göre uzun taneli pirinç, orta taneli pirinç ve kısa

taneli pirinç olarak gruplandırılmış ve uzun taneli pirinçler ise Tip A, Tip B, Tip C olarak kendi aralarında uzunluk ve uzunluk / genişlik oranlarına göre sınıflandırılmıştır (Anonim, 2011a).

Piyasada farklı uzunlukta ve değişik çeltik çeşitlerinin isimleri kullanılarak pirinç pazarlanmaktadır. Piyasada satılan pirinçlerin etiketlerinde beyan edilen çeltik çeşitlerinin özelliklerini taşıyıp taşımadıkları ve Türk Gıda Kodeksi Pirinç Tebliği'ne uygun olup olmadıkları konusunda bir araştırmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada; piyasadaki Osmancık adı ile satılan çeşitli firmaların pirinçleri satış noktalarından alınarak fiziksel, kimyasal ve pişme özellikleri incelenmiştir. Elde edilen veriler Türk Gıda Kodeksi Pirinç Tebliği'nde belirtilen özellikler ve Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden temin edilen orijinal tohumluk Osmancık çeşidi pirincin kalite özellikleri ile karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Materyal

Çalışmada materyal olarak Gaziantep ve Şanlıurfa piyasalarında Osmancık çeşit ismi ile satılan farklı firmalara ait 1 kg ambalajlı pirinçlerden 12 adet, çuvalda (dökme) satılan pirinçlerden 1'er kg olmak üzere 5 adet ve Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden temin edilen orijinal tohumluk Osmancık çeşidi ile birlikte toplamda 18 pirinç örneği kullanılmıştır. Tüm pirinçler 2013 yılında temin edilmiştir. Örneklere ait ambalaj durumu ve etiket bilgileri Çizelge 1'de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Pirinç örneklerinin ambalaj durumu ve etiket bilgileri

Örnek No	Ambalaj Durumu	Etiket Bilgisi
1	Ambalajlı	Uzun tane, tip C, sınıf 1, kırık tane oranı maksimum %5
2	Ambalajlı	Uzun tane, tip C, sınıf 1, kırık tane oranı maksimum %5
3	Ambalajlı	Etiket bilgisi yok
4	Ambalajlı	Uzun tane, tip C, sınıf 1, kırık tane oranı maksimum %5
5	Ambalajlı	Orta tane, sınıf 1, kırık tane oranı maksimum %5
6	Ambalajlı	Tip C, sınıf 1, kırık tane oranı maksimum %5
7	Ambalajlı	Uzun tane, tip C, sınıf 1, kırık tane oranı maksimum %5
8	Ambalajlı	Uzun tane, tip C, sınıf 1, kırık tane oranı maksimum %5
9	Ambalajlı	Uzun tane
10	Ambalajlı	Etiket bilgisi yok
11	Ambalajlı	Uzun tane, tip C sınıf 1
12	Ambalajlı	Etiket bilgisi yok
13	Dökme	Etiket bilgisi yok
14	Dökme	Etiket bilgisi yok
15	Dökme	Etiket bilgisi yok
16	Dökme	Etiket bilgisi yok
17	Dökme	Etiket bilgisi yok
18*	Orijinal	Etiket bilgisi yok

\*Orijinal tohumluk Osmancık çeşidi

### Yöntem

#### Fiziksel analizler

Pirinç örneklerinde uzunluk ve şekil tayini Khush ve ark. (1979)'un bildirdiği metoda göre belirlenmiş ve örnekler uzunluk bakımından Çizelge 2'ye, şekil bakımından Çizelge 3'e göre sınıflandırılmıştır.

Hektolitreye ağırlığı TS 3997 çeltik standardına göre 250 gramlık hektolitreye aletinde yapılmış ve sonuçlar kg hl<sup>-1</sup> olarak verilmiştir (Anonim, 2013). Bin tane ağırlığı ise TS 1136 tahıllar ve baklagillerde bin dane ağırlığı tayini standardına göre belirlenmiş ve sonuçlar kuru madde üzerinden gram olarak verilmiştir (Anonim, 1972).

**Çizelge 2.** Türk Gıda Kodeksi Pirinç Tebliği kapsamındaki pirinçlerin uzunluk ve uzunluk/genişlik oranları (Anonim, 2011a)

Tip	Tane Uzunluğu(mm)	Uzunluk/Genişlik Oranı
Uzun Taneli Pirinç (Tip A)	>6.7	$2 \leq - \leq 3$
Uzun Taneli Pirinç (Tip B)	>6.7	>3
Uzun Taneli Pirinç (Tip C)	$6.0 \leq - \leq 6.7$	$2 \leq - \leq 3$
Orta Taneli Pirinç	$5.2 < - < 6.0$	<3
Kısa Taneli Pirinç	$\leq 5.2$	<2

**Çizelge 3.** Pirinç örneklerin uzunluk/genişlik oranlarına göre sınıflandırılması (Khush ve ark., 1979)

Şekil	Uzunluk/Genişlik Oranı
Silindir	>3.0
Orta	$2.1 \leq - \leq 3.0$
Bold	$1.1 \leq - \leq 2.0$
Yuvarlak	$\leq 1.0$

### Kimyasal ve fizikokimyasal analizler

Pirinç örneklerinde nem miktarı tayini TS 3997 çeltik standardına göre belirlenmiştir (Anonim, 2013). Toplam kül miktarı tayini ICC- standart no: 104 metoduna göre kül fırınında 900°C'de gerçekleştirilmiştir (ICC, 2002). Protein miktarı tayini ICC- standart no: 105 metoduna göre yapılmıştır (ICC, 2002). Hesaplama kullanılan faktör pirinç için 5.95 alınmıştır. Jelatinleşme sıcaklığı (alkalide yayılma değeri) Oko ve ark. (2012) tarafından bildirilen yöntemle tespit edilmiş ve puanlanarak tanımlanmıştır. Jel Konsistensisi testi Cagampang ve ark. (1973)'ün bildirdiği metoda göre yapılmış ve jel uzunluğuna göre pirinç örnekleri sert, orta-sert, orta ve yumuşak olarak sınıflandırılmıştır. Amiloz içeriği Juliano (1971)'un bildirdiği yöntemle tespit edilmiştir. Pirinç örneklerinin toplam organik madde miktarları (TOM) ise ICC- standart no: 153 metoduna göre tespit edilmiştir (ICC, 2002).

### Pirinç pişirme testleri

Pişirme süresi (dakika) ve su absorpsiyonu (%) testlerinde Bajaj ve Sidhu (1989)'un bildirdiği metotlar kısmen modifiye edilerek kullanılmıştır. Bu amaçla 5 g pirinç, hot plate üzerinde sabit bir sıcaklıkta, içerisinde 50 ml su bulunan beherde tane merkezinde jelatinizasyonun tam olarak gerçekleştiği süre kadar zaman zaman karıştırmak suretiyle pişirilmiştir. Hacim artışı (%) Bhonsle ve Krishnan (2010)'in bildirdiği metoda göre, suya geçen madde miktarı (pişirme kaybı, %) TS 1620 (Anonim, 1976) 'ye göre yapılmıştır.

### İstatistiksel analizler

Çalışmada analizler 2 tekrarlı gerçekleştirilmiş olup, elde edilen veriler SPSS (SPSS 15.0 for Windows) paket programı kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirilmeye tabi tutulmuştur. Sonuçlar için tek yönlü ANOVA istatistik modeli uygulanarak grup ortalamaları arasındaki fark belirlenmiş ve farklılıklar  $p < 0.05$  düzeyinde Duncan testi ile belirlenmiştir.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Fiziksel Özellikler

Pirinç örneklerine ait uzunluk (U), genişlik(G), U/G oranı, hektolitre ağırlığı ve bin tane ağırlığı değerleri Çizelge 4'te verilmiştir.

**Çizelge 4.** Pirinç örneklerinin bazı fiziksel özelliklerine ait değerler\*

Örnek No	Uzunluk (mm)	Uzunluk özelliği	Tebliğe göre sınıflandırma	Genişlik (mm)	U/G oranı	Şekil özelliği	Hektolitreye ağırlığı (kg hl <sup>-1</sup> )**	Bin Tane Ağırlığı (g)**
1	6.73±0.06 <sup>a</sup>	Uzun	Uzun Tip A	2.78±0.09 <sup>abc</sup>	2.42±0.06 <sup>b</sup>	Orta	83.80±0.03 <sup>i</sup>	20.57±0.11 <sup>de</sup>
2	6.49±0.13 <sup>b</sup>	Orta	Uzun Tip C	2.72±0.07 <sup>bcd</sup>	2.39±0.11 <sup>b</sup>	Orta	84.73±0.04 <sup>f</sup>	20.28±0.41 <sup>efg</sup>
3	6.31±0.04 <sup>cd</sup>	Orta	Uzun Tip C	2.70±0.06 <sup>cdef</sup>	2.34±0.04 <sup>bc</sup>	Orta	85.33±0.01 <sup>c</sup>	20.52±0.29 <sup>def</sup>
4	6.22±0.08 <sup>d</sup>	Orta	Uzun Tip C	2.85±0.01 <sup>a</sup>	2.19±0.04 <sup>ghi</sup>	Orta	84.47±0.04 <sup>g</sup>	21.56±0.11 <sup>b</sup>
5	6.42±0.03 <sup>bc</sup>	Orta	Uzun Tip C	2.81±0.04 <sup>ab</sup>	2.29±0.04 <sup>cde</sup>	Orta	83.67±0.03 <sup>j</sup>	22.35±0.46 <sup>a</sup>
6	6.02±0.04 <sup>e</sup>	Orta	Uzun Tip C	2.72±0.00 <sup>bcd</sup>	2.21±0.02 <sup>efgh</sup>	Orta	87.00±0.14 <sup>a</sup>	20.54±0.09 <sup>de</sup>
7	6.35±0.01 <sup>bcd</sup>	Orta	Uzun Tip C	2.77±0.01 <sup>abcd</sup>	2.30±0.00 <sup>cd</sup>	Orta	84.67±0.03 <sup>f</sup>	20.85±0.11 <sup>cd</sup>
8	6.20±0.04 <sup>d</sup>	Orta	Uzun Tip C	2.76±0.04 <sup>abcd</sup>	2.25±0.02 <sup>defg</sup>	Orta	84.33±0.04 <sup>h</sup>	21.07±0.17 <sup>c</sup>
9	6.26±0.13 <sup>cd</sup>	Orta	Uzun Tip C	2.73±0.07 <sup>bcd</sup>	2.29±0.01 <sup>cde</sup>	Orta	83.87±0.04 <sup>i</sup>	21.23±0.02 <sup>bc</sup>
10	6.67±0.01 <sup>a</sup>	Uzun	Uzun Tip C	2.62±0.06 <sup>g</sup>	2.55±0.06 <sup>a</sup>	Orta	85.60±0.03 <sup>b</sup>	20.32±0.17 <sup>efg</sup>
11	6.32±0.17 <sup>cd</sup>	Orta	Uzun Tip C	2.76±0.01 <sup>abcd</sup>	2.29±0.05 <sup>cde</sup>	Orta	82.93±0.04 <sup>l</sup>	22.05±0.31 <sup>a</sup>
12	5.94±0.14 <sup>ef</sup>	Orta	Uzun Tip C	2.68±0.03 <sup>cdefg</sup>	2.22±0.03 <sup>defgh</sup>	Orta	83.47±0.01 <sup>k</sup>	20.27±0.25 <sup>efg</sup>
13	5.90±0.17 <sup>ef</sup>	Orta	Orta Taneli	2.67±0.09 <sup>defg</sup>	2.21±0.01 <sup>efgh</sup>	Orta	85.67±0.00 <sup>b</sup>	19.31±0.10 <sup>i</sup>
14	5.92±0.16 <sup>ef</sup>	Orta	Orta Taneli	2.73±0.07 <sup>bcd</sup>	2.17±0.00 <sup>ghi</sup>	Orta	84.87±0.01 <sup>e</sup>	19.51±0.14 <sup>hi</sup>
15	5.47±0.02 <sup>g</sup>	Kısa	Orta Taneli	2.59±0.08 <sup>g</sup>	2.11±0.01 <sup>i</sup>	Orta	87.00±0.03 <sup>a</sup>	18.24±0.28 <sup>j</sup>
16	5.84±0.03 <sup>f</sup>	Orta	Orta Taneli	2.71±0.00 <sup>bcd</sup>	2.15±0.01 <sup>hi</sup>	Orta	85.33±0.01 <sup>c</sup>	19.87±0.04 <sup>gh</sup>
17	6.00±0.10 <sup>ef</sup>	Orta	Uzun Tip C	2.66±0.02 <sup>efg</sup>	2.26±0.02 <sup>cdef</sup>	Orta	85.20±0.03 <sup>d</sup>	20.05±0.05 <sup>fg</sup>
18	6.33±0.06 <sup>bcd</sup>	Orta	Uzun Tip C	2.85±0.00 <sup>a</sup>	2.22±0.02 <sup>defgh</sup>	Orta	85.40±0.03 <sup>c</sup>	22.51±0.15 <sup>a</sup>

\* Her sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0.05)

\*\* Değerler kuru madde üzerinden hesaplanmıştır

Yapılan istatistiksel analiz sonunda uzunluk değeri bakımından örnekler birbirinden farklı bulunmuştur (p<0.05). Pirinç örneklerinin uzunluk değerleri 5.47 mm ile 6.73 mm arasında değişim göstermiş ortalama 6.19 mm olarak bulunmuştur. Koca ve Anıl (1997), Samsun ekolojik koşullarında yetiştirilen 12 çeltik çeşidinin kalite özellikleri üzerine yaptıkları çalışmalarında, pirinç tane uzunluklarını 4.90-6.83 mm aralığında bulmuştur. Sekiz çeşit pirinç üzerine yapılan bir çalışmada; pirinç uzunlukları 3.6-6.5 mm arasında değişmiştir (Dipti ve ark., 2002). Çalışmada tespit edilen ortalama uzunluk değerleri, önceki çalışmalara benzer bulunmuştur. Toplam 17 pirinç örneğinde; 2 örnek (1 ve 10 nolu) uzun, 1 örnek (15 nolu) kısa, diğer 15 örnek ise orta uzunlukta bulunmuştur (Çizelge 4). Orjinal tohumluk çeşit ise Çizelge 4'te görüldüğü üzere uzunluk bakımından orta özellikte bulunmuştur. Örneklerin uzunluk ve şekil yönünden Türk Gıda Kodeksi Pirinç Tebliği'ne göre sınıflandırılması yapılmış ve paketlenmiş olarak satılan pirinçlerin genelde orijinal çeşitle uzunluk bakımından aynı sınıfta olduğu, fakat dökme olarak Osmancık adı ile satılan pirinç örneklerinin orijinal Osmancık çeşidinden farklı olarak orta taneli pirinç sınıfına girdiği tespit edilmiştir. Ayrıca etiket bilgisi verilen örneklerden 2 tanesi (1 ve 5 nolu örnekler) etiket bilgisinden farklı uzunlukta bulunmuştur (Çizelge 1'deki etiket bilgileri esas alınarak karşılaştırma yapılmıştır).

Uzunluk/genişlik oranı pirinçte şekil değerlendirmesi yapmak için kullanılmaktadır. Örnekler istatistiksel olarak uzunluk/genişlik oranı özelliği bakımından birbirinden farklı bulunmuştur (p<0.05) Çizelge 3'te verilen sınıflandırmaya göre tüm örnekler (paketli, dökme ve orijinal ayrımı olmaksızın) şekil bakımından orta taneli pirinç sınıfına girmiştir. İncelenen örneklerin uzunluk/genişlik oranı 2.11 ile 2.55 arasında değişmiştir. Farklı ortamlardan alınmış 23 çeşit pirinç örneğinin fizikokimyasal,



pişirme ve duyuşal özelliklerini karşılaştırmak amacı ile yapılan çalışmada uzunluk-geişlik oranı 2.65-4.55 arasında bulunmuştur (Singh ve ark., 2005). Dipti ve ark. (2003), Bangladeş'in 10 adet Beruin pirinç çeşidinde yaptıkları çalışmalarında uzunluk/genişlik oranını 2.0-2.8 arasında bulmuşlardır.

Analiz edilen pirinçlerde hektolitre ağırlığı 82.93 kg hl<sup>-1</sup> ile 87.00 kg hl<sup>-1</sup> değişmiş, ortalama 84.85 kg hl<sup>-1</sup> bulunmuştur. Örneklerin hektolitre ağırlıklarının karşılaştırılması için yapılan istatistiksel analiz sonucunda örnekler arasında fark olduğu ( $p < 0.05$ ) tespit edilmiştir. Daha önce yapılan bazı çalışmalarda Malezya ve Hindistan'da yetiştirilen pirinç çeşitlerinde hektolitre ağırlığı 77.00 kg hl<sup>-1</sup> ile 88.00 kg hl<sup>-1</sup> arasında bulunmuştur (Thomas ve ark., 2013; Singh ve ark., 2005). Yaptığımız çalışmadan elde ettiğimiz hektolitre ağırlığı değerleri literatür verileriyle paralellik göstermektedir. Hektolitre ağırlığı da pirinçte bir kalite özelliği olarak bilinmektedir. Analizi yapılan orijinal tohumluk çeşidin hektolitre ağırlığı ise 85.40 kg hl<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4). Örneklerden 4 tanesinin hektolitre ağırlığı orijinal tohumluk Osmancık çeşidinin hektolitre ağırlığından yüksek bulunmuş ve orijinal örnekten çok düşük hektolitre değerine sahip örneklerin büyük kısmının paketli satılan örnekler olduğu gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre Osmancık çeşit ismi ile satılan pirinçlerin orijinal örneğe hektolitre ağırlığı bakımından benzer olduğu söylenebilir.

Türk Gıda Kodeksi Pirinç Tebliği'nde bin tane ağırlığı konusuna değinilmemiştir ve örneklerin etiketleri üzerinde de bu konuda herhangi bir bilgiye rastlanmamıştır. Bin tane ağırlığı pirinçte bir kalite özelliği olarak bilinmektedir. Bu nedenle orijinal pirinç çeşidinin sonucu ile diğer 17 pirinç örneğinin bin tane ağırlıkları karşılaştırılarak yorumlanmıştır. Genel olarak bakıldığında bin tane ağırlığı 18.24 g ile 22.41 g arasında değişim göstermiş ve ortalama 20.61 g olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4). Bangladeşte 10 adet Beruin pirinç çeşidinde yapılan çalışmada örneklerin bin tane ağırlıkları 14.3-25.5 g arasında bulunmuştur (Dipti ve ark., 2003). Koca ve Anıl (1997) Samsun ekolojik koşullarında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin kalite özellikleri üzerine yaptıkları çalışmada bin tane ağırlığı 22.53-29.62 g arasında değiştini bildirmiştir. Orijinal tohumluk Osmancık çeşidinin bin tane ağırlığı 22.41 g olarak bulunmuştur (Çizelge 4). Pirinç örneklerinden 2 tanesi orijinal tohumluk Osmancık çeşidinin bin tane ağırlığına yakın sonuç vermiştir ancak orijinal örnekten daha yüksek bin tane ağırlığına sahip örnek bulunamamıştır. Orijinal çeşide göre çok düşük değer veren örnekler dökme olarak satılan pirinçlerdir. Ayrıca bin tane ağırlığı bakımından örnekler istatistiki olarak karşılaştırılmış ve örneklerin birbirinden farklı olduğu bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).

### Fizikokimyasal Özellikler

Pirinç örneklerinin fizikokimyasal özelliklerine ait değerler Çizelge 5'te verilmiştir. Jel konsistensi; pişmiş pirincin jel yoğunluğunu belirleyen ve pirincin sert ya da yumuşak olmasını etkileyen bir özelliktir. Jel konsistensi sert ise pişmiş pirinç daha az yapışkan olma eğilimindedir. Sert jel konsistensi demek, pişmiş pirincin sert olması anlamına gelmektedir ve bu durum istenmeyen bir özelliktir. Jel konsistensi yumuşak olan pirinçlerin ise piştikten sonra yumuşak olduğu bildirilmektedir ve genellikle yumuşak jel konsistensli olan pirinçler tercih edilmektedir (Anonymous, 2011). Jel konsistensi, jel uzunluğu ile belirlenmekte ve jel uzunluğuna göre sert, orta-sert, orta ve yumuşak olarak sınıflandırılmaktadır (Cagampang ve ark., 1973). Çalışmamızdaki örneklerin jel uzunluğu 52.00 mm ile 69.00 mm arasında değişim göstererek ortalama 58.03 mm olarak bulunmuş ve bu değerlere göre sınıflandırma yapılmıştır (Çizelge 5).

Pirinç Tebliği'nde jel konsistensi konusuna değinilmemiştir ve jel konsistensi pirinçte bir kalite özelliği olarak bilinmektedir. Orijinal tohumluk çeşidin jel konsistensi 57.50 mm bulunmuştur ve jel uzunluğu değerlendirmesine göre orta sınıfa girmektedir (Çizelge 5). İncelenen 17 pirinç örneğinin 5'i yumuşak jel konsistensli, geriye kalan 12'si ise orijinal tohumluk çeşitle aynı yani orta jel konsistensli

olarak sınıflandırılmıştır. Ayrıca yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre örnekler arasında jel konsistansı bakımından önemli farklılıklar olduğu saptanmıştır ( $p<0.05$ ).

**Çizelge 5.** Pirinç örneklerinin fizikokimyasal özelliklerine ait değerler\*

Örnek No	Jel konsistansı		Jelatinleşme sıcaklığı		
	Jel uzunluğu (mm)	Sınıflandırma	Alkalide yayılma değeri	Sıcaklık (°C)	Sınıflandırma
1	52.50±0.71 <sup>f</sup>	Orta	7.00±0.00 <sup>a</sup>	69 °C ve altı	Düşük
2	56.00±1.41 <sup>cdef</sup>	Orta	6.00±0.00 <sup>b</sup>	69 °C ve altı	Düşük
3	65.50±0.71 <sup>ab</sup>	Yumuşak	6.00±1.41 <sup>b</sup>	69 °C ve altı	Düşük
4	58.50±0.71 <sup>cde</sup>	Orta	5.00±0.00 <sup>c</sup>	70-74 °C	Orta
5	65.50±4.95 <sup>ab</sup>	Yumuşak	5.00±0.00 <sup>c</sup>	70-74 °C	Orta
6	69.00±1.41 <sup>a</sup>	Yumuşak	7.00±0.00 <sup>a</sup>	69 °C ve altı	Düşük
7	60.00±2.83 <sup>bcd</sup>	Orta	7.00±0.00 <sup>a</sup>	69 °C ve altı	Düşük
8	54.50±3.54 <sup>def</sup>	Orta	6.00±0.00 <sup>b</sup>	69 °C ve altı	Düşük
9	55.00±1.41 <sup>def</sup>	Orta	7.00±0.00 <sup>a</sup>	69 °C ve altı	Düşük
10	52.00±1.410 <sup>f</sup>	Orta	6.00±0.00 <sup>b</sup>	69 °C ve altı	Düşük
11	53.50±3.54 <sup>ef</sup>	Orta	7.00±0.00 <sup>a</sup>	69 °C ve altı	Düşük
12	61.00±4.24 <sup>bc</sup>	Yumuşak	7.00±0.00 <sup>a</sup>	69 °C ve altı	Düşük
13	56.50±3.54 <sup>cdef</sup>	Orta	4.00±0.00 <sup>d</sup>	70-74 °C	Orta
14	65.00±1.41 <sup>ab</sup>	Yumuşak	4.00±0.00 <sup>d</sup>	70-74 °C	Orta
15	55.00±2.83 <sup>def</sup>	Orta	6.00±0.00 <sup>b</sup>	69 °C ve altı	Düşük
16	53.00±1.41 <sup>ef</sup>	Orta	6.00±0.00 <sup>b</sup>	69 °C ve altı	Düşük
17	54.50±3.54 <sup>def</sup>	Orta	6.00±0.00 <sup>b</sup>	69 °C ve altı	Düşük
18	57.50±0.71 <sup>cdef</sup>	Orta	6.00±0.00 <sup>b</sup>	69 °C ve altı	Düşük

\*Her sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ )

Jelatinizasyon sıcaklığı pirinçte bir kalite özelliğidir ve pişirme için gerekli zamanın belirlenmesinde pirincin jelatinizasyon sıcaklığı en etkili faktörlerden biridir. Jelatinizasyon sıcaklığı, pirinçteki nişastanın su alıp şişmeye yani jelleşmeye başladığı sıcaklıktır ve alkalide yayılma faktörü ile ölçülmektedir. Yüksek jelatinizasyon sıcaklığının pirincin çok yumuşak olmasına neden olduğu, kaliteli bir pirinçte jelatinizasyon sıcaklığının yüksek ya da düşük olmayıp, orta (70-74°C) olmasının istendiği ve en çok bu sınıftaki pirinçlerin tercih edildiği bildirilmektedir (Anonymous, 2011). Çalışmada kullanılan pirinç örneklerinin alkalide yayılma değerleri ve jelatinizasyon sıcaklığına göre sınıflandırması Çizelge 5'te verilmiştir. İncelenen 17 pirinç örneğinde alkalide yayılma değeri 4.00 ile 7.00 arasında değişmiş ortalama 6.00 bulunmuştur. Koca ve Anıl (1997), Samsun ekolojik koşullarında yetiştirilen 12 çeltik çeşidinin kalite özellikleri üzerine yaptıkları çalışmalarında, alkalide dağılma değerini 4.5-6.0 arasında bulmuştur. Dünya pirinçlerinin kalite değerlendirilmesinin yapıldığı bir çalışmada 195 adet pirinçte jelatinleşme sıcaklığı düşük sınıf olarak bulunmuştur (Juliano ve Villaeral, 1993). Orijinal tohumluk çeşidin alkalide yayılma değeri 6.00 bulunmuştur ve bu sonuca göre jelatinleşme sıcaklığı değerlendirmesinde 69 °C ve altı, yani düşük sınıfına girmektedir. Pirinç örneklerinden paketli satın alınan 2 örnek ve dökme satın alınan 2 örnek, orijinal tohumluk çeşidin alkali yayılma değerinden daha düşük değere sahip olmuş ve jelatinizasyon sıcaklığı bakımından orta (70-74 °C) sınıfa girmiştir. Geriye kalan 13 örnek ise orijinal çeşitle aynı yani düşük jelatinizasyon sıcaklığı sınıfında yer almıştır.

### Kimyasal Özellikler

Pirinç örneklerinin kimyasal özelliklerine ilişkin veriler Çizelge 6'da gösterilmiştir. Örneklerin kül miktarı % 0.37 ile % 0.48 arasında değişmiş ve ortalama % 0.42 bulunmuştur. Örneklerin karşılaştırılması için yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre, örnekler arasında kül miktarı bakımından önemli bir farkın olduğu bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Bulunan sonuçlar Thomas ve ark. (2013) tarafından

yapılan çalışma sonuçlarıyla paralellik göstermiştir. Orijinal tohumluk çeşidin kül miktarı ise % 0.43 olarak tespit edilmiştir. İncelenen Pirinç örneklerinden 4'ünün kül miktarı orijinal tohumluk Osmancık çeşidinin kül miktarından daha yüksek bulunmuştur. Bunlardan 2'si dökme, 2'si ise paketli satılan pirinçlerdir. Orijinale göre düşük kül içeriğine sahip 6 örnekten 5'i ambalajlı, 1'i ise dökme olarak satın alınan pirinçlerdir. Kül miktarındaki farklılıkların, örneklerin pirince işlenirken kabuk soyma derecesinin farklı olmasına bağlı olarak, kepek miktarlarının yüksek ya da düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Pirinçte protein miktarının çeşit ve çevre şartlarına bağlı olarak % 7 ile % 8 arasında olduğu bildirilmiştir (Parida ve Mitra, 1989). Koca ve Anıl (1997), Samsun ekolojik koşullarında yetiştirilen 12 çeltik çeşidinin kalite özellikleri üzerine yaptıkları çalışmada pirinç çeşitlerinde protein miktarını %7.47-9.44 arasında tespit etmişlerdir. Çalışmamızda ise pirinç örneklerinin protein miktarı % 7.10 ile % 8.12 arasında değişim göstererek ortalama % 7.55 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 6). Bulunan sonuçlar literatür ile paralellik göstermektedir. Orijinal çeşidin protein miktarı ise % 7.36 olarak bulunmuştur. Örneklerden 10'u orijinal Osmancık çeşidinin protein miktarından daha yüksek değer vermiştir. Bunlardan 3'ü dökme, 7'si ise paketli satılan pirinçlerdir. Ayrıca yapılan istatistiksel analize göre örneklerin protein miktarları arasında önemli fark saptanmıştır ( $p<0.05$ ).

**Çizelge 6.** Pirinç örneklerinin kimyasal özelliklerine ait değerler\*

Örnek No	Kül (%)**	Protein (%)**	Amiloz (%)**	Toplam organik madde (%)**
1	0.47±0.01 <sup>ab</sup>	7.49±0.03 <sup>f</sup>	29.96±1.09 <sup>ab</sup>	2.12±0.06 <sup>defg</sup>
2	0.45±0.00 <sup>abc</sup>	7.51±0.01 <sup>f</sup>	29.43±0.07 <sup>abcde</sup>	2.22±0.08 <sup>bc</sup>
3	0.41±0.02 <sup>cde</sup>	7.12±0.03 <sup>l</sup>	28.63±0.20 <sup>cdef</sup>	2.08±0.06 <sup>efgh</sup>
4	0.37±0.01 <sup>ef</sup>	7.84±0.02 <sup>de</sup>	28.34±0.04 <sup>efg</sup>	2.22±0.03 <sup>bc</sup>
5	0.39±0.04 <sup>def</sup>	8.12±0.03 <sup>a</sup>	28.22±0.23 <sup>efg</sup>	2.05±0.07 <sup>fgh</sup>
6	0.40±0.00 <sup>def</sup>	7.23±0.04 <sup>k</sup>	28.85±0.05 <sup>bcd</sup>	2.01±0.03 <sup>h</sup>
7	0.41±0.03 <sup>cdef</sup>	7.81±0.04 <sup>e</sup>	29.15±0.98 <sup>abcde</sup>	2.13±0.06 <sup>cdef</sup>
8	0.43±0.01 <sup>cd</sup>	7.29±0.05 <sup>ij</sup>	29.03±0.69 <sup>abcde</sup>	2.19±0.06 <sup>bcd</sup>
9	0.37±0.03 <sup>f</sup>	8.02±0.01 <sup>b</sup>	28.68±0.69 <sup>cdef</sup>	2.17±0.04 <sup>cde</sup>
10	0.43±0.03 <sup>bcd</sup>	7.30±0.03 <sup>i</sup>	29.33±1.30 <sup>abcde</sup>	2.12±0.01 <sup>defg</sup>
11	0.39±0.03 <sup>def</sup>	7.92±0.01 <sup>c</sup>	30.03±0.45 <sup>ab</sup>	2.27±0.07 <sup>ab</sup>
12	0.37±0.02 <sup>ef</sup>	7.25±0.02 <sup>jk</sup>	29.18±0.51 <sup>abcde</sup>	2.20±0.03 <sup>bcd</sup>
13	0.42±0.01 <sup>cd</sup>	7.26±0.03 <sup>ijk</sup>	27.46±0.08 <sup>fg</sup>	2.05±0.07 <sup>fgh</sup>
14	0.47±0.01 <sup>ab</sup>	7.44±0.01 <sup>g</sup>	29.59±0.66 <sup>abcd</sup>	2.15±0.01 <sup>cde</sup>
15	0.42±0.01 <sup>cd</sup>	7.10±0.04 <sup>l</sup>	27.12±0.16 <sup>g</sup>	2.08±0.06 <sup>efgh</sup>
16	0.41±0.01 <sup>cde</sup>	8.01±0.01 <sup>b</sup>	28.51±0.31 <sup>def</sup>	2.03±0.03 <sup>gh</sup>
17	0.48±0.04 <sup>a</sup>	7.87±0.01 <sup>cd</sup>	29.84±0.04 <sup>abc</sup>	2.22±0.06 <sup>bc</sup>
18	0.43±0.01 <sup>bcd</sup>	7.36±0.03 <sup>h</sup>	30.09±0.17 <sup>a</sup>	2.33±0.06 <sup>a</sup>

\*Her sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ )

\*\*Değerler kuru madde üzerinden hesaplanmıştır

Pirinç, amiloz içeriğine göre mumsu (waxy) (% 0-2), çok düşük (%3-9), orta düzey (%20-25) ve yüksek (>25) amiloz içerikli olarak gruplandırılmaktadır (Cruz ve Khush, 2000). Pirinçteki amiloz miktarının pişmiş pirinçte yapıyı etkilediği bildirilmektedir. Amiloz miktarı pirincin kuru ve kırılğan yapıya ya da nemli ve yapışkan yapıya olmasını belirleyen kimyasal bir özelliktir. Amiloz miktarı yüksek olursa pirinç kuru, sert ve kırılğan yapıda, düşük olursa pirinç nemli ve yapışkan yapıda olmaktadır (Anonymous, 2011). Orijinal tohumluk çeşidin amiloz oranı % 30.09 olarak bulunurken, piyasadaki alınan pirinç örneklerinin tamamının amiloz miktarı dökme ve paket ayrımı olmaksızın orijinal tohumluk çeşidin amiloz oranından daha düşük bulunmuştur. Bununla birlikte 2 örneğin (1 ve 11 nolu) orijinal tohumluk çeşide amiloz içeriği bakımından daha yakın olduğu saptanmıştır. İncelenen

örneklerin amiloz miktarları Çizelge 6'da görüldüğü gibi % 27.12 ile % 30.09 arasında değişmiş, ortalama % 28.97 olarak tespit edilmiştir. Örnekler istatistiki olarak birbirinden farklı bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Sekiz çeşit pirinç üzerine yapılan bir çalışmada, pirinçlerin amiloz içerikleri %18.6-28.0 arasında bulunmuştur (Dipti ve ark., 2002). Anıl ve Koca (2006) tarafından yapılan ve pirinç kalitesi üzerine farklı ambalaj tipi ve depolama süresinin etkisinin incelendiği bir araştırmada ise amiloz içeriği % 25.87 ve 26.07 olarak belirlenmiştir.

Toplam organik madde miktarı (TOM), makarna kalitesini tahmin etmek için geliştirilmiş ve duyuusal test bulguları ile önemli pozitif ilişki içinde olan bir değerlendirme kriteridir. Makarna; toplam organik madde miktarı % 1.4'ten az ise kaliteli, % 1.4 ile % 2.3 arası ise orta kaliteli ve % 2.3'ten fazla ise düşük kaliteli olarak sınıflandırılmıştır (D'egidio ve ark., 1982). Pirinçte elde edilen toplam organik madde bulgularının makarna ile benzer olması beklenemez. Ancak yapılan analiz sonucunda toplam organik madde değerlerinin amiloz miktarı ve pişme süresi ile önemli korelatif ilişkide olduğu bulunmuş (buna ilişkin datalar verilmemiştir) ve bu durum toplam organik madde miktarı testinin pirinçte de kullanılabilceğini göstermiştir. Çizelge 6 incelendiğinde; örneklere ait TOM değerlerinin % 2.01 ile % 2.33 arasında değişim gösterdiği görülmektedir. Orijinal tohumluk çeşidin toplam organik madde miktarı ise % 2.33 olarak tespit edilmiştir. Piyasadan satın alınan dökme ya da paketli ayrımı olmaksızın tüm örneklerin orijinal tohumluk çeşitten daha düşük TOM değerlerine sahip olduğu gözlenmiştir. Pirinç örneklerinin toplam organik madde miktarı bakımından karşılaştırılması için yapılan istatistiksel analiz sonucunda, örnekler arasında fark olduğu da saptanmıştır ( $p<0.05$ ).

### Pişme Özellikleri

Piyasadan toplanan pirinç örnekleri ile orijinal tohumluk Osmancık pirinç çeşidinin pişme özelliklerine ait sonuçlar Çizelge 7'de gösterilmiştir. Örneklerin pişme süresi 16.81 dakika ile 18.87 dakika arasında değişmiş, ortalama 17.66 dakika olarak saptanmıştır. Örneklerin pişme süresi bakımından karşılaştırılması için yapılan istatistiksel analiz sonucunda, süreler arasında fark olduğu saptanmıştır ( $p<0.05$ ). Çalışmamızda bulunan pişme süresi değerleri yapılan diğer çalışmalarda bulunan değerlere yakın bulunmuştur (Thomas ve ark., 2013; Danbaba ve ark., 2011; Fofana ve ark., 2011). Dipti ve ark. (2003), 10 adet Beruin pirinç çeşidinde yaptıkları çalışmalarında, pişme süresinin 14.00-17.50 dakika arasında olduğunu belirlemişlerdir. Ofada pirincinin pişme ve yeme kalitesi üzerine yapılan diğer bir çalışmada ise pişme süresinin 17.00-24.00 dakika arasında değiştiği bildirilmiştir (Danbaba ve ark., 2011). Farklı ortamlardan alınmış 23 çeşit pirinç örneğinin fizikokimyasal, pişirme ve duyuusal özelliklerini karşılaştırmak amacı ile yapılan bir çalışmada pişme süresi 13.30-24.00 dakika arasında tespit edilmiştir (Singh ve ark., 2005). Orijinal tohumluk çeşidin (18 nolu örnek) pişme süresi 17.20 dakika bulunmuştur (Çizelge 7). Pirinç örneklerinden 5'i orijinal Osmancık çeşidine pişme süresi bakımından çok yakın bulunurken, 2 örnek ise daha yüksek pişme süresine sahip olmuştur. Orijinal tohumluk çeşide göre düşük pişme süresine sahip örneklerin tamamı ambalajlı olarak satın alınan pirinçlerdir.

Pirinçlerde pişme kaybı ya da diğer bir deyişle kuru madde kaybı bir kalite özelliği olarak bilinmektedir. Pişirme ile meydana gelen kuru madde kaybı pişme kalitesinin bir göstergesidir (Koca ve Anıl, 1997). Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre, pirinç örneklerinin kuru madde kaybı değerleri arasında önemli fark olduğu görülmüştür ( $p<0.05$ ). Örneklerde kuru madde kaybı % 3.90 ile % 5.16 arasında değişim göstermiş ve ortalama % 4.54 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 7). Orijinal tohumluk çeşidin kuru madde kaybı ise % 4.18 olarak saptanmıştır. Pirinç örneklerinden 1'i dökme ve 1'i paketli satın alınan olmak üzere 2 örnek, orijinal Osmancık çeşidine kuru madde kaybı bakımından yakın sonuç vermiş, 5 örnek ise daha düşük değer vermiştir. Düşük değerde olanlardan 3'ü dökme, 2'si paketli olarak

satın alınan örnekler olmuştur. Yapılan bir çalışmada kuru madde kaybı %3.17-6.43 aralığında bulunmuştur (Thomas ve ark., 2013). Singh ve ark. (2005) tarafından farklı ortamlardan alınmış 23 çeşit pirinç örneğinin fizikokimyasal, pişirme ve duyuşal özelliklerini karşılaştırmak amacı ile yapılan çalışmada ise kuru madde kaybı % 1.88-8.53 arasında bulunmuştur.

**Çizelge 7.** Pirinç örneklerinin pişme özelliklerine ait değerler\*

Örnek No	Pişme süresi (dk)	Pişme kaybı (%)**	Su alım Oranı	Hacim artış oranı
1	17.12±0.06 <sup>hi</sup>	4.66±0.07 <sup>def</sup>	1.96±0.00 <sup>abc</sup>	1.43±0.00 <sup>ghi</sup>
2	17.19±0.06 <sup>ghi</sup>	4.59±0.04 <sup>efg</sup>	1.81±0.00 <sup>gh</sup>	1.57±0.01 <sup>bcd</sup>
3	17.90±0.43 <sup>bcde</sup>	4.30±0.02 <sup>ijk</sup>	1.93±0.06 <sup>abcd</sup>	1.51±0.03 <sup>def</sup>
4	18.10±0.06 <sup>bc</sup>	4.89±0.07 <sup>bc</sup>	1.86±0.01 <sup>efg</sup>	1.43±0.02 <sup>hi</sup>
5	17.48±0.03 <sup>defgh</sup>	4.26±0.11 <sup>ijk</sup>	1.84±0.01 <sup>fgh</sup>	1.58±0.03 <sup>bc</sup>
6	17.79±0.32 <sup>cdef</sup>	4.49±0.05 <sup>fghi</sup>	1.89±0.00 <sup>def</sup>	1.41±0.00 <sup>i</sup>
7	18.39±0.10 <sup>ab</sup>	4.53±0.07 <sup>fgh</sup>	1.90±0.00 <sup>de</sup>	1.49±0.04 <sup>efg</sup>
8	17.31±0.04 <sup>fghi</sup>	4.76±0.18 <sup>cde</sup>	1.93±0.03 <sup>abcd</sup>	1.61±0.03 <sup>ab</sup>
9	16.81±0.31 <sup>i</sup>	4.25±0.13 <sup>jk</sup>	1.81±0.01 <sup>gh</sup>	1.49±0.04 <sup>fgh</sup>
10	17.20±0.06 <sup>ghi</sup>	5.09±0.04 <sup>ab</sup>	1.82±0.04 <sup>gh</sup>	1.41±0.05 <sup>i</sup>
11	17.11±0.09 <sup>hi</sup>	4.86±0.06 <sup>cd</sup>	1.99±0.01 <sup>a</sup>	1.58±0.05 <sup>bc</sup>
12	17.51±0.08 <sup>defgh</sup>	4.37±0.10 <sup>ghij</sup>	1.91±0.06 <sup>cde</sup>	1.55±0.00 <sup>bcde</sup>
13	18.87±0.45 <sup>a</sup>	4.13±0.00 <sup>k</sup>	1.79±0.00 <sup>h</sup>	1.46±0.01 <sup>fghi</sup>
14	17.40±0.05 <sup>efgh</sup>	4.77±0.25 <sup>cde</sup>	1.93±0.01 <sup>abcd</sup>	1.45±0.01 <sup>ghi</sup>
15	17.68±0.47 <sup>cdefg</sup>	3.90±0.17 <sup>l</sup>	1.79±0.01 <sup>h</sup>	1.40±0.01 <sup>i</sup>
16	18.01±0.01 <sup>bcd</sup>	4.32±0.03 <sup>hijk</sup>	1.92±0.03 <sup>bcd</sup>	1.52±0.01 <sup>cdef</sup>
17	18.11±0.12 <sup>bc</sup>	5.16±0.03 <sup>a</sup>	1.97±0.00 <sup>ab</sup>	1.66±0.06 <sup>a</sup>
18	17.90±0.51 <sup>bcde</sup>	4.34±0.08 <sup>hijk</sup>	1.92±0.03 <sup>bcd</sup>	1.65±0.04 <sup>a</sup>

\*Her sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0.05)

\*\*Değerler kuru madde üzerinden hesaplanmıştır

Pirinç örneklerinin su alım oranı 1.73 ile 1.99 arasında değişmiş ve bu durum istatistiksel olarak da önemli bulunmuştur (p<0.05). En yüksek su alım oranı 11 nolu pirinç örneğinde tespit edilmiştir. Ofada pirincinin pişme ve yeme kalitesi üzerine yapılan çalışmada, su alım oranını 1.74-2.11 olarak bulunmuştur (Danbaba ve ark., 2011). Anıl ve Koca (2006) ise çalışmalarındaki örneklerin su kaldırma oranının 1.75 ve 1.98 arasında olduğunu bildirmişlerdir. Orijinal tohumluk çeşidin su kaldırma oranı 1.92 olarak bulunmuş ve satın alınan 9 örneğin su kaldırma oranı orijinal tohumluk çeşidin su kaldırma oranına yakın ya da daha yüksek bulunmuştur. Orijinale göre çok düşük su kaldırma oranına sahip 5 örnekten 3 tanesi ambalajlı, 2 örnekte dökme olarak satılan pirinçlerdir.

Hacim artış oranı ortalaması ise 18 örnekte 1.51 olmuş ve 1.40 ile 1.66 arasında değişmiştir (p<0.05). En yüksek hacim artışı oranına 17 nolu pirinç örneği sahip olurken, en düşük hacim artışı oranına 15 nolu pirinç örneği sahip olmuştur. Orijinal tohumluk çeşidin hacim artış oranı ise 1.65 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 7). Bhonsle ve Krishnan (2010) Hindistan'ın Goa bölgesinde yetiştirilen 14 adet aromatik pirinç çeşidinde hacim artış oranının 2.36 ile 4.10 arasında olduğunu tespit etmişlerdir. Samsun ekolojik koşullarında yetiştirilen 12 çeltik çeşidinin kalite özellikleri üzerine yapılan diğer bir çalışmada ise hacim artış oranını 1.22-1.91 olarak belirlenmiştir (Koca ve Anıl, 1997). Pirinç örneklerinden sadece dökme olarak satın alınan bir örneğin Enstitü'den temin edilen orijinal tohumluk Osmancık çeşidine çok yakın hacim artış oranına sahip olduğu gözlenmiştir. Orijinal örneğe göre 4 paketli ve 3 dökme olmak üzere toplam 7 örnek daha düşük hacim artışına sahip olmuştur.



## SONUÇ

Bu çalışmada, piyasadaki Osmancık çeşit adı ile satın alınan 17 adet pirinç örneği ve Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden temin edilen orijinal tohumluk Osmancık çeşidi fiziksel, kimyasal ve pişme özellikleri bakımından incelenmiştir. Satın alınan pirinç örneklerinin analiz sonuçları ile orijinal tohumluk çeşidin analiz sonuçları karşılaştırılarak yorumlanmıştır. Örneklerin uzunluk özelliği karşılaştırıldığında, 3 (1, 10 ve 15 nolu) örneğin orijinal tohumluk çeşitten farklı olduğu görülmüştür. Ambalajında etiket bilgisi verilen pirinç örneklerinden paketli olanların çoğunun ve orijinal tohumluk çeşidin Uzun tane tip C sınıfına girdiği tespit edilirken, dökme örneklerden 4'ünün (13, 14, 15, 16 nolu) orta taneli oldukları tespit edilmiştir. 17 pirinç örneğinin tamamının orijinal tohumluk çeşidin amiloz içeriğinden daha düşük amiloz içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Jel uzunluğu belirlenerek jel konsistansı sınıflandırması yapılan pirinç örneklerinin 5 tanesi yumuşak sınıf, diğerleri ve orijinal tohumluk örnek ise orta sınıf olarak bulunmuştur. Alkalide yayılma testi ile belirlenen jelatinleşme sıcaklığı sınıflandırmasında, 2 dökme ve 2 paketli olmak üzere 4 örnek orta sınıf (70-74 °C) diğer tüm örnekler ve orijinal tohumluk çeşit düşük sınıf (69°C ve altı) olarak tespit edilmiştir. Örneklerden 10'unun orijinal tohumluk çeşidin protein miktarından daha yüksek protein değerine sahip olduğu bulunmuştur. Bunlardan 3'ü dökme, 7'si ise paketli satılan pirinçlerdir. Genel olarak bakıldığında örneklerin hemen hepsi pişme özellikleri bakımından orijinal Osmancık çeşidinin pişme özelliklerine yakın ve benzer sonuçlar vermiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçların üreticilere, tüketicilere ve sektöre fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 13052 nolu proje ile desteklenmiş olup, yazarlar olarak Harran Üniversitesi Rektörlüğü ve Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkür ederiz. Ayrıca orijinal tohumluk Osmancık çeşidinin temin edilmesindeki katkılarından dolayı Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü'ne ve Sayın Dr. Halil Sürek'e teşekkürlerimizi sunarız.

## KAYNAKLAR

- Anıl M, Koca AF, 2006. Pirinç kalitesi üzerine farklı ambalaj tipi ve depolama süresinin etkisi. Türkiye 9. Gıda Kongresi, 24-26 Mayıs 2006, Bolu, Türkiye s.883-886.
- Anonim, 1972. TS 1136 Tahıl ve Baklagiller 1000 Dane Ağırlığının Tayini. Türk Standartları Enstitüsü Ankara.
- Anonim, 1976. TS 1620 Makarna Standardı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2011a. Türk Gıda Kodeksi Pirinç Tebliği (2010/60), Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 7 Ocak 2011 tarih ve 27808 sayılı Resmî Gazete, Ankara.
- Anonim, 2011b. www.tarim.gov.tr / organik-tarimsal-uretim-verileri (Erişim tarihi: 18.12. 2011)
- Anonymous, 2011. Module 06: Rice Grain Quality.  
<http://www.knowledgebank.irri.org/grainQuality/default.htm>
- Anonim, 2013. TS 3997 Çeltik Standardı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Bajaj M, Sidhu JS, 1989. Extended milling of Indian rice II. Effect on cooking and sensory quality characteristics. *Chemie Mikrobiologie Technologie der Lebensmittel*, 12(2): 46-51.
- Beşer N, Sürek H, Karahan A, 2012. Trakya tarımsal araştırma enstitüsü tarafından geliştirilen çeltik çeşitleri, bu çeşitlerin ıslah yöntemleri, kimi özellikleri ile tohumluk üretim ve pazarlama sorunları.  
<http://arastirma.tarim.gov.tr/taae/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=41>(Erişim tarihi: 16 Ocak 2019)
- Bhonsle SJ, Krishnan S, 2010. Grain quality evaluation and organoleptic analysis of aromatic rice varieties of Goa, India. *Journal of Agricultural Science*, 2(3): 99-107.

- Cagampang GB, Perez CM, Juliano BO, 1973. A gel consistency test for the eating quality of rice. *Food Agriculture*, 24: 1589-1594.
- Cruz ND, Khush GS, 2000. Rice grain quality evaluation procedures. *Aromatic rices*, RK Singh, US Singh and GS Khush (eds.), Oxford and IBH publishing Co. Pvt. Ltd., pp.15-28, New Delhi-Calcutta-India.
- Danbaba N, Anounye JC, Gana AS, Abo ME, Ukwungwu MN, 2011. Grain quality characteristics of ofada rice (*Oryza sativa* L.) cooking and eating quality. *International Food Research Journal*, 18: 629-634.
- D'egidio MG, De Stefanis E, Fortini S, Galterio G, Nardi S, Sgrulletta D, Bozzini A, 1982. Standardization of cooking quality analysis in macaroni and pasta products. *Cereal Foods World*, 27: 367-368.
- Dipti SS, Hossain ST, Bari MN, Kabir KA, 2002. Physicochemical and cooking properties of some fine rice varieties. *Pakistan Journal of Nutrition*, 1(4): 188-190.
- Dipti SS, Bari MN, Kabir KA, 2003. Grain quality characteristics of some Beruin rice varieties of Bangladesh. *Pakistan Journal of Nutrition*, 2(4): 242-245.
- Fofana M, Futakuchi K, Manful JT, Yaou IB, Dossou J, Bleoussi RTM, 2011. Rice grain quality, A comparison of imported varieties, local varieties with new varieties adopted in Benin. *Food Control*, 22(12): 1821-1825.
- ICC, 2002. International Association for Cereal Science and Technology (ICC), Printed by ICC, Vienna, Edition 2002.
- IGC, 2019 International Grains Council. Supply & Demand, World Total-Rice Datas. <http://www.igc.int/en/markets/marketinfo-sd.aspx> (Erişim tarihi: 02.10.2019)
- Juliano BO, 1971. A simplified assay for milled rice amylose. *Cereal Science Today*, 16(10): 334-340.
- Juliano BO, 1985. Criteria and test for rice grain qualities. *Rice Chemistry and Technology*, 2nd edition, American Association of Cereal Chemists, pp. 443-524, Saint Paul-Minnesota.
- Juliano BO, Villareal CP, 1993. Grain quality evaluation of world rices. [http://books.irri.org/9712200396\\_content.pdf](http://books.irri.org/9712200396_content.pdf) (Erişim: 23 Mayıs 2018)
- Koca AF, Anil M, 1997. Samsun ekolojik koşullarında yetiştirilen bazı çeltik çeşitlerinde kalite özellikleri. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(2): 61-71.
- Khush, G.S., Paule, C.M., De La Cruz, N.M. (1979). Rice grain evaluation and improvent at IRRI. Pages 21-31 In: *Proceedings of the workshop on chemical aspects of rice grain quality*. International Rice Research Instutide, Las Banas, Laguna, Philippines.
- Oko AO, Ubi BE, Dambaba N, 2012. Rice cooking quality and physico-chemical characteristics: A comparative analysis of selected local and newly introduced rice varieties in Ebonyi State, Nigeria. *Food and Public Health*, 2(1): 43-49.
- Parida RC, Mitra GN, 1989. Effect of genotype and environment on grain quality in rice. *Orissa Journal of Agricultural Research.*, 2(1): 74-77.
- Singh N, Kaur L, Sodhi NS, Sekhon KS, 2005. Physicochemical, cooking and textural properties of milled rice from different Indian rice cultivars. *Food Chemistry*, 89(2): 253-259.
- Thomas R, Wan-Nadiah WA, Bhat R, 2013. Physiochemical properties, proximate composition, and cooking qualities of locally grown and important rice varieties marketed in Penang, Malaysia. *International Food Research Journal*, 20(3): 1345-1351.
- TMO (2019). 2018 Hububat Sektör Raporu. Toprak Mahsulleri Ofisi Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.

## Farklı Yaban Mersini Türlerinden Geleneksel Yöntemle Üretilen Sirkenin Bazı Kalite Özellikleri

Oktay TOMAR<sup>1\*</sup>, Gökhan AKARCA<sup>2</sup>, Ömer İSTEK<sup>2</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada, geleneksel yöntemle üç farklı yaban mersini türü ile (*Vaccinium corymbosum* L., *Vaccinium arctostaphylos* L. ve *Vaccinium uliginosum* L.) üretilen sirkelerin bazı fiziksel, kimyasal ve duyu kalite özelliklerinin belirlenmesi araştırılmıştır. Araştırma sonunda en yüksek; pH (4.11), toplam asitlik (27.5 g L<sup>-1</sup>), kuru madde (4.8 %), kül (4.5 g L<sup>-1</sup>), briks (4.91 °Briks), yoğunluk (1.039 g cm<sup>-3</sup>), iletkenlik (2.51 µS cm<sup>-1</sup>), toplam antioksidan (141.14 µg troloks eşdeğeri (TE) mL<sup>-1</sup>) ve toplam fenolik madde değerlerinin (262.49 mg gallik asit eşdeğeri (GAE) L<sup>-1</sup>) *Vaccinium corymbosum* L. türü ile üretilen sirke örneklerinde olduğu belirlenmiştir (P<0.05). Buna karşın altı aylık depolama sonrasında örneklerin hiçbirisinde alkol varlığı tespit edilememiştir. Ayrıca renk analizden, L\* ve a\* değerlerinin en yüksek 38.89 ve 1.83 ile *Vaccinium arctostaphylos* L. kullanılarak üretilen örneklerde, b\* değerinin ise en yüksek -1.16 ile *Vaccinium uliginosum* L. türünde olduğu saptanmıştır (P<0.05). Yaban mersini sirke örnekleri içerisinde mineral madde olarak en zengin olan türün *Vaccinium corymbosum* L. olduğu belirlenmiştir. Panelistlerce yaban mersini sirke örnekleri skorlarının *Vaccinium corymbosum* L. türünde diğer türlere göre oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. Geleneksel yöntemle üretilen yaban mersini sirkesinin bileşimindeki A ve C vitaminleri, flavonoid ve antosiyanin insan sağlığı açısından oldukça yararlı bileşenler olduğu bilinmektedir. Ayrıca yaban mersini sirkesinin bileşimindeki klorojenik asit, kuersetin, ellajik asit ve kuersetin-3-galaktosid gibi fenolik bileşiklerden dolayı güçlü bir antimikrobiyal etkisi bulunmaktadır. Bunun yanında kolesterol düşürücü, antikanser etkisi, sindirim düzenleyici, beyin işlevlerini artırıcı, antidiyabet, antioksidan ve kardiyovasküler hastalıkların önlenmesi gibi özellikleri sayesinde insan sağlığına faydalı olabileceği düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Yaban mersini, sirke, fermantasyon, antosiyanin, potasyum.

**Some Quality Properties of Vinegar Produced by Traditional Method from Different Species of Blueberries**

**ABSTRACT:** In this study, the determination of some physical, chemical and sensory quality characteristics of kinds of vinegar produced by the traditional method with three different types of blueberries (*Vaccinium corymbosum* L., *Vaccinium arctostaphylos* L. and *Vaccinium uliginosum* L.) was investigated. At the end of the research is the highest; pH (4.11), total acidity (27.5 g L<sup>-1</sup>), dry matter (4.8 %), ash (4.5 g L<sup>-1</sup>), brix (4.91 °Brix), density (1.039 g cm<sup>-3</sup>), conductivity (2.51 µS cm<sup>-1</sup>), total antioxidant (141.14 µg trolox equivalent (TE) mL<sup>-1</sup>) and total phenolic substance values (262.49 mg gallic acid equivalent (GAE) L<sup>-1</sup>) *Vaccinium corymbosum* L. is found to be in vinegar samples produced with the type (P<0.05). However, after six months of storage, none of the samples found alcohol presence. The color analysis was found in the highest 38.89 and 1.83 of the L\* and a\* era, *Vaccinium arctostaphylos* L. and b\* with the highest -1.16 in the type *Vaccinium uliginosum* L. (P<0.05). *Vaccinium corymbosum* L. was the richest species as a mineral matter among blueberry vinegar samples. Panelists found that the scores of blueberry vinegar samples were quite high in *Vaccinium corymbosum* L. type compared to other species. Vitamins A and C, flavonoids and anthocyanins in the composition of blueberry vinegar produced by the traditional method are known to be very beneficial components for human health. It also has a strong antimicrobial effect due to phenolic compounds such as chlorogenic acid, quercetin, ellagic acid and quercetin-3-galactocytin in the composition of blueberry vinegar. In addition, thanks to its cholesterol-lowering, anticancer effect, digestive regulator, brain function enhancing, antidiabetic, antioxidants and cardiovascular diseases, it is thought to be beneficial to human health.

**Keywords:** Blueberries, vinegar, fermentation, anthocyanin, potassium.

<sup>1</sup> Oktay TOMAR (Orcid ID: 0000-0001-5761-7157), Kocaeli Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, 41285, Kocaeli, Türkiye

<sup>2</sup> Gökhan AKARCA (Orcid ID: 0000-0002-5055-2722), Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 03200, Afyonkarahisar, Türkiye

<sup>3</sup> Ömer İSTEK (Orcid ID: 0000-0003-2195-1166), Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 03200, Afyonkarahisar, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Oktay TOMAR, e-mail: oktay.tomar@kocaeli.edu.tr

## GİRİŞ

Sirke; nişasta ve/veya şeker içeren hammaddelerin etil alkol ve asetik asit fermantasyonları sonucunda iki aşamalı bir fermantasyon uygulaması ile üretilmektedir. Sirke, ortamdaki fermente olabilir şekerlerin mayalar tarafından anaerobik ortamda etanole dönüşmesi ve oluşan etanolün de asetik asit bakterileri tarafından oksidasyonu sonrasında asetik aside dönüştürülmesi sonucunda oluşmaktadır. Günümüzde çeşitli meyveler ve özleri, aromatik bitki kısımları, ekstraktları veya bunların doğal aromalarının eklenmesiyle farklı özelliklerde sirkeler elde edilebilmektedir (Garcia-Garcia ve ark., 2006; Budak, 2010).

Yaban mersini değişik özelliklerde pek çok türe sahip bir meyve olup, Dünya’da en çok Kuzey Amerika ve Batı Asya’da yetiştirilmektedir. Ülkemizde ise Trabzon, Rize, Erzurum, Bursa, Balıkesir, Ordu ve Giresun illerimizde yetiştirilmektedir. Yetiştirildiği bölgelere göre ligarba, ançela, likapa ve maviyemiş gibi isimlerle anılmaktadır. Yaban mersini organik madde bakımında bereketli ve asitli topraklarda kolaylıkla yetiştirilebilmektedir. Güneş alan bölgelerde gölgeli yerlere göre daha çok meyve alınabilmektedir. Ayrıca hasat zamanı dikkatlice toplanan (hasar verilmeyen) meyveler 1 ay boyunca bozulmadan depolanabilmektedir (Çelik, 2006; Yıldız ve ark., 2015).

Özellikle fenolik asitler (ellajik asit, benzoik asit ve hidoksinnamik asit), fenolik bileşenler ve flavonoidler (flavonol, flavan-3-ol, proantosiyenin ve antosiyenin) açısından zengin bir üzümü meyve olduğu tespit edilmiştir (Vvedenskaya ve ark., 2004). İçerdiği fenolik bileşenler mide ülseri, idrar yolu enfeksiyonu gibi hastalıklara karşı engelleyici ve koruyucu etkisi olduğu bildirilmektedir (Weiss ve ark., 2004; Zhang ve ark., 2005). Koruyucu etki mekanizması, bakteri hücrelerinin vücutta doku ve yüzeye tutunmalarını fenolik bileşenlerin engellediği belirlenmiştir. Ayrıca içeriğindeki polifenollerin kardiyovasküler hastalıklara yakalanma riskini düşürdüğü ve diyabet hastalarında kandaki şeker oranını dengelediği tespit edilmiştir (Vinson ve ark., 2008). Yaban mersini fenolik bileşenlerinin antibakteriyel, antimutajenik, antikarsinojenik ve antioksidan aktivitelerinin olduğu belirlenmiştir (Caillet ve ark., 2012; Vu ve ark., 2012). Yapılan çalışmalarda yaban mersinin ekstraktları ile karaciğer kanserine neden olan hücrelerinin gelişmesinin engellediği tespit edilmiştir (Sun ve ark., 2002). İçerdiği antosiyeninlerinin insanlarda LDL oksidasyonunu azaltmaktadır. Ayrıca hayvanlarda da toplam kolesterolü düşürdüğü bildirilmiştir (Leahy ve ark., 2002).

Bu çalışmada; yaban mersininden geleneksel yöntemle üretilen sirkelerin, kuru madde, pH, kül, briks, yoğunluk, iletkenlik, alkol tayini, renk, toplam asitlik, toplam antioksidan, toplam fenolik, mineral madde ile duyu analizi skorları belirlenmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Materyal

Araştırmada kullanılan üç farklı yaban mersini meyvesi; *Vaccinium corymbosum*. L. Marmara bölgesi, *Vaccinium arctostaphylos* L. Orta Karadeniz bölgesi ve *Vaccinium uliginosum* L. ise, Doğu Karadeniz bölgesindeki dağlık ve ormanlık alanlardan el ile toplanılmıştır.

### Yöntem

Yaban mersini meyveleri yıkanıp, temizlendikten ve çekirdekleri çıkartılarak, sonra 10 L kavanoza 1/3’ü oranında ilave edilip üzeri içme suyu ile tamamlanmıştır. Ardından fermantasyon işleminin gerçekleşebilmesi için 50 g bal ve 50 g pekmez karışımı eklenmiştir. Ayrıca karışıma doğal fermente yaban mersini sirkesinden 150 mL ile, 50 g nohut ilave edilerek fermantasyon şartlarının oluşması sağlanmıştır. Ardından örnekler karanlık ve serin bir ortamda fermantasyona bırakılmışlardır. Numune kavanozlarının ağızları hava alacak şekilde tülbent ile kapatılmış ve günde iki defa karıştırma işlemi

yapılmıştır. Fermantasyon işlemi kavanozların yüzeylerinde yeterli büyüklükte sirke anası oluşuncaya kadar 30 gün boyunca sürdürülmüştür. Fermantasyon tamamlanmasını takiben örnekler süzülerek posa ve sirke kısımları birbirinden ayrılmıştır. Sonrasında kavanozların ağzı hava almayacak şekilde kapatılarak oda sıcaklığında, karanlık ortamda 9 ay boyunca depolanmıştır.

### Analizler

Yaban mersini sirke örneklerinin kuru madde analizleri etüvde (Ecocell 55, Almanya) AOAC 930.15, pH değerleri, pH metre ile (Hanna, HI 2215, Almanya) AOAC 981.1, kül miktarı kül fırınında (Elektromag, M 1811, Türkiye) AOAC 930,35 ve yoğunluk değerleri ise, AOAC 985.19'da belirtildiği şekilde yapılmıştır (AOAC, 2000a; AOAC, 2000b; AOAC, 2016a; AOAC, 2016b). Yaban mersini sirkesi örneklerinin çözünür kuru madde içerikleri el refraktometresi (Atago Refractometer N-1E, Japonya) ile Haroun (2006)'ya, kondaktivite (iletkenlik) değerlerinin ölçümü, Aadir (2015)'e göre ve alkol miktarının tayini ise; Taşlıpınar (2018)'e göre yapılmıştır. Örneklerin renk değerleri; Voss (1992)'ye, toplam asitlik tayini Ünal (2007)'ye, toplam antioksidan kapasite ve toplam fenolik madde miktarları ise; Bertonselj ve ark. (2007)'ye göre yapılmıştır. Sirke örneklerinin mineral madde analizleri mikrodalga yakma ünitesinde (Berghof Speedwave MWS-2, Almanya), Kadaş (2011)'e göre tespit edilmiştir. Örneklerin duyuusal analiz değerlendirmeleri ise; Taşlıpınar (2018)'e göre yapılmıştır.

### İstatistik Analiz

Araştırmada elde edilen sonuçlar SPSS V 23.0.0 istatistik paket programı kullanılarak hesaplanmıştır (Anonymous, 2015). Çalışma çift tekerrürlü ve çift paralel olarak yapılmış, analizler sonucu elde edilen veriler varyans analizi tekniği uygulanarak değerlendirilmiştir. Oluşan farklılıkların düzeyi ise, Duncan testi ile ( $P<0.05$ ) belirlenmiştir. Duyusal değerlerin özellikleri üzerine, renk ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), asitlik, briks değerlerinin, yoğunluğun, toplam antioksidan kapasite değerinin ve toplam fenolik madde içeriğinin etkisi Pearson korelasyon katsayısı hesaplanarak belirlenmiştir.

### BULGULAR VE TARTIŞMA

Farklı yaban mersini türleri kullanılarak doğal yöntemle üretilen sirkelerin pH değerleri sırasıyla; YM 1 (*Vaccinium corymbosum* L.) ( $4.11\pm 0.04$ ), YM 2 (*Vaccinium arctostaphylos* L.) ( $3.68\pm 0.02$ ) ve YM 3 (*Vaccinium uliginosum* L.) ( $3.56\pm 0.02$ ) olarak belirlenmiştir ( $P<0.05$ , Çizelge 1). Taşlıpınar (2018) yaptığı araştırmada yaban mersini (*Vaccinium myrtillus* L.) sirkelerinin pH değerini 2.77 olarak belirlediğini bildirmiştir. Elde ettiğimiz bulgular ile araştırma arasında oluşan farklılıklar; sirke yapımında kullanılan meyve türü, hammadde, fermantasyon ve depolama koşullarından kaynaklanmıştır.

Yaban mersini sirkelerinin toplam asitlik değerleri en yüksek YM 1 örneğinde  $27.5\pm 0.12$  g L<sup>-1</sup>, buna karşın en düşük ise, YM 3 örneğinde  $19.6\pm 0.13$  g L<sup>-1</sup> tespit edilmiştir ( $P<0.05$ , Çizelge 1). Dabija ve Hatnean (2014) yaptıkları araştırmalarında, elma sirkelerinin toplam asitlik değerinin araştırmamız bulgularımızdan daha düşük  $6.45\pm 2.55$  g L<sup>-1</sup> olarak belirlediklerini bildirmişlerdir. Araştırmalar arasındaki mevcut farklılıklar; üretimde kullanılan hammadde, fermantasyon süresi ve fermantasyon sonrası depolama süresi gibi faktörlerden kaynaklanmaktadır.

Varyans analiz sonuçlarına göre örnekler üzerinde; pH ve kuru madde değerlerinin  $P<0.01$  düzeyinde çok anlamlı, briks ve yoğunluk değerlerinin ise;  $P<0.05$  düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4). Farklı türlere ait yaban mersini sirke örneklerinin kuru madde değerlerinin en düşük YM 3 örneğinde ( $\% 2.1\pm 0.02$ ), en yüksek ise; YM 1 örneğinde ( $\% 4.8\pm 0.02$ ) olduğu tespit edilmiştir ( $P<0.05$ , Çizelge 1). Bakir ve ark. (2016)'da yaptıkları çalışmalarında üzüm ve elma sirkelerinin kuru madde değerlerini sırasıyla  $3.8\pm 0.30$ ,  $4.3\pm 0.40$  g L<sup>-1</sup> olduğu bildirilmiştir. Yapılan çalışma ile



araştırmamız bulguları arasındaki farklılığın nedenleri, suda çözünmeyen kuru maddelerin (nişasta, selüloz vb.) miktarının yaban mersini sirkesinde daha az olmasıdır.

**Çizelge 1.** Örneklerin bazı kimyasal analiz sonuçları

Tür	pH	Toplam asitlik (g L <sup>-1</sup> )	Kuru madde (%)	Kül (g L <sup>-1</sup> )	Briks (°Briks)	Yoğunluk (g cm <sup>-3</sup> )
YM 1	4.11±0.04 <sup>a</sup>	27.5±0.12 <sup>a</sup>	4.8±0.02 <sup>a</sup>	4.5±0.17 <sup>a</sup>	4.91±0.07 <sup>a</sup>	1.039±0.05 <sup>a</sup>
YM 2	3.68±0.02 <sup>b</sup>	20.9±0.19 <sup>ab</sup>	2.7±0.03 <sup>b</sup>	2.5±0.11 <sup>b</sup>	2.96±0.04 <sup>b</sup>	1.023±0.02 <sup>b</sup>
YM 3	3.56±0.02 <sup>b</sup>	19.6±0.13 <sup>b</sup>	2.1±0.02 <sup>b</sup>	1.7±0.03 <sup>c</sup>	2.21±0.02 <sup>b</sup>	1.014±0.03 <sup>c</sup>

YM 1: *Vaccinium corymbosum* L., YM 2: *Vaccinium arctostaphylos* L., YM 3: *Vaccinium uliginosum* L.

a-c (1) Farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

Örneklerin kül miktarı sırasıyla; YM 1 örneği 4.5±0.17 g L<sup>-1</sup>, YM 2 örneği 2.5±0.11 g L<sup>-1</sup> ve YM 3 örneği 1.7±0.03 g L<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir (P>0.05, Çizelge 1). Dabija ve Hatnean (2014) çalışmalarında, elma sirkesinde kül miktarının 3.25±1.25 g L<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir. Çalışmalar arasındaki mevcut farklılık; elma sirkesinin mineral madde oranının yaban mersini sirkesinden daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır.

Yaban mersini sirke örnekleri içerisinde en yüksek briks değerinin; YM 1 örneğinde (4.91±0.07 °Brix), buna karşın en düşük ise, YM 3 örneğinde (2.21±0.02 °Brix) olduğu saptanmıştır (P<0.05, Çizelge 1). Taşlıpınar (2018) yaban mersini sirkesinin briks değerini 0.90 °Brix olarak tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Elde ettiğimiz bulgular ile yapılan çalışma arasındaki oluşan farklılıklara; örnek türü, fermantasyon koşulları ve suda çözünen kuru madde miktarındaki değişimin neden olmuştur.

Örneklerin yoğunluk değerleri sırasıyla; YM 1 örneğinde 1.039±0.05 g cm<sup>-3</sup>, YM 2 örneğinde 1.023±0.02 g cm<sup>-3</sup> ve YM 3 örneğinde ise 1.014±0.03 g cm<sup>-3</sup> olarak tespit edilmiştir (P<0.05, Çizelge 1). Dabija ve Hatnean (2014) yaptıkları çalışmada, elma sirkesinin yoğunluk değerini 1.08±0.05 g cm<sup>-3</sup> olarak belirlemişlerdir. Çalışmalar arasında oluşan farklılık üzerinde; başlıca hammadde olmak üzere, fermantasyon ve üretim yöntemleri etkili olmuştur.

Üç farklı sirke örneği içerisinde en yüksek toplam antioksidan ve toplam fenolik madde değerleri; 141.14±6.6 µg TE mL<sup>-1</sup> ve 262.49±21.96 mg GAE L<sup>-1</sup> ile YM 1 (*Vaccinium corymbosum* L.) örneğinde tespit edilmiştir (P<0.05, Çizelge 2). Bakir ve ark. (2016)'da yaptıkları çalışmalarında üzüm ve elma sirke örneklerinin toplam antioksidan değerlerini sırasıyla 1624±244 ve 1087±149 mL TE L<sup>-1</sup>, toplam fenolik madde içeriklerini ise yine sırasıyla 842±171 ile 459±58 µL GAE mL<sup>-1</sup> olarak tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Yaban mersini sirkesinin karotenoidler, fitosteroller ve biyoaktif bileşenlerce daha zengin olması, toplam antioksidan ve toplam fenolik değerlerinin daha yüksek olmasına neden olmaktadır.

Değişik türlerde yaban mersini ile üretilen sirke numunelerinin, en yüksek iletkenlik değeri; YM 1 örneğinde, (2.51±0.33 µS cm<sup>-1</sup>), buna karşın en düşük değer ise; YM 3 örneğinde (1.77±0.18 µS cm<sup>-1</sup>) belirlenmiştir (P>0.05). Siddeeg ve ark. (2019) yaptıkları çalışmalarında hurma sirkesinin iletkenlik değerini araştırma bulgularımızdan daha yüksek 3.10±0.15 mS cm<sup>-1</sup> olarak bildirmişlerdir. Araştırmalar arasındaki mevcut farklılıklar; çalışmalarda kullanılan hammadde, fermantasyon ve fermantasyon sonrası koşullardan kaynaklanmıştır.

Dokuz aylık depolama süresi sonunda yaban mersini sirke örneklerinin hiçbirisinde alkol varlığı tespit edilmemiştir (Çizelge 2). Benzer şekilde Taşlıpınar (2018) yaptığı yaban mersinin sirkelerinin alkol varlığının olmadığı belirlenmiştir.

Sirke örneklerine ait en yüksek parlaklık (L\*) ve kırmızılık (a\*) değerleri YM 2 örneğinde sırasıyla, 38.89±0.25 ve 1.83±0.15 olarak tespit edilmiştir. En yüksek sarılık (b\*) değeri YM 3 örneğinde (-1.16±0.11), buna karşın en düşük YM 2 örneğinde (-2.31±0.17) saptanmıştır (P<0.05, Çizelge 3).

Taşlıpınar (2018) yaptığı bir araştırmada, 60 günlük depolama sonrasındaki yaban mersini (*Vaccinium myrtillus* L.) sirkesinin renk değerlerini L; 15.41, a; 19.52 ve b; 2.75 olarak tespit edilmiştir. Sirke üretiminde kullanılan hammadde ve depolama koşulları mevcut farklılığı oluşturmuştur. Varyans analiz sonuçlarına göre; örnekler üzerinde L\* değerinin P<0.0001 düzeyinde çok fazla anlamlı olduğu, b\* değerinin ise P<0.05 düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4).

**Çizelge 2.** Sirke örneklerinin toplam antioksidan madde, toplam fenolik madde, iletkenlik ve alkol değerleri

Tür	Toplam Antioksidan ( $\mu\text{g TE mL}^{-1}$ )	Toplam Fenolik (mg GAE L <sup>-1</sup> )	İletkenlik ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	Alkol (%)
YM 1	141.14±6.6 <sup>a</sup>	262.49±21.96 <sup>a</sup>	2.51±0.33 <sup>a</sup>	-
YM 2	118.21±7.1 <sup>ab</sup>	131.23±16.24 <sup>ab</sup>	1.96±0.21 <sup>a</sup>	-
YM 3	96.11±5.6 <sup>b</sup>	92.29±18.52 <sup>b</sup>	1.77±0.18 <sup>a</sup>	-

YM 1: *Vaccinium corymbosum* L., YM 2: *Vaccinium arctostaphylos* L., YM 3: *Vaccinium uliginosum* L.  
a-b (↓) Farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

**Çizelge 3.** Sirke örneklerinin renk değerleri

Tür	L*	a*	b*
YM 1	26.57±0.19 <sup>b</sup>	1.49±0.12 <sup>ab</sup>	-1.43±0.13 <sup>a</sup>
YM 2	38.89±0.25 <sup>a</sup>	1.83±0.15 <sup>a</sup>	-2.31±0.17 <sup>a</sup>
YM 3	20.25±0.21 <sup>c</sup>	1.18±0.14 <sup>b</sup>	-1.16±0.11 <sup>b</sup>

YM 1: *Vaccinium corymbosum* L., YM 2: *Vaccinium arctostaphylos* L., YM 3: *Vaccinium uliginosum* L.  
a-c (↓) Farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

**Çizelge 4.** Sirke örneklerinin fizikokimyasal değerlerine ait varyans analiz sonuçları (P değerleri)

Fizikokimyasal Analizler	P Değerleri
Toplam Antioksidan	0.058
Toplam Fenolik	0.070
İletkenlik	0.239
Toplam asitlik	0.063
Kül	0.316
Kuru madde	0.009**
Brix	0.012*
Yoğunluk	0.005*
pH	0.002**
L*	<0.0001***
a*	0.097
b*	0.020*
Renk	0.007**
Aroma	0.001**
Koku	0.034*
Görünüş	0.007**
Genel beğeni	0.004**

P<0.0001\*\*\*: İstatistiksel olarak çok fazla anlamlı, P<0.01\*\*: İstatistiksel olarak fazla anlamlı, P<0.05\*: İstatistiksel olarak anlamlı, P>0.05: İstatistiksel olarak anlamlı değil.

Yaban mersini sirkelerinin en yüksek mineral madde değerleri YM 1 örneğinde Potasyum (453.73±1.25 ppm), Magnezyum (263.47±1.63 ppm), Fosfor (263.09±1.35 ppm), Sodyum (39.98±0.16 ppm) ve Kalsiyum (26.28±0.18 ppm) olarak belirlenmiştir (P<0.05, Çizelge 5). Dabija ve Hatnean (2014) elma sirkesinin mineral madde içeriğiyle ilgili yaptıkları çalışmada, sırasıyla Alüminyum; 237.71  $\mu\text{g L}^{-1}$ , Sodyum; 37.69  $\mu\text{g L}^{-1}$ , Kalsiyum; 32.03  $\mu\text{g L}^{-1}$ , Stronsiyum; 14.91  $\mu\text{g L}^{-1}$  ve Nikel; 13.41  $\mu\text{g L}^{-1}$  olarak tespit edilmiştir. Elde ettiğimiz bulgular ile araştırma verileri arasındaki mevcut farklılığın

oluşmasında; bitki örtüsü, toprak yapısı, üretimde kullanılan hammadde ve fermantasyon sonrası depolama koşullarının etkili olmuştur.

Yapılan varyans analiz sonuçlarında; örnek çeşidi üzerinde Na, Mg, K ve Ca mineral varlığının  $P<0.0001$  düzeyinde çok fazla anlamlı, Al ve Sn mineral varlıklarının  $P<0.01$  düzeyinde fazla anlamlı ve P mineral varlığının ise;  $P<0.05$  düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir (Çizelge 6).

**Çizelge 5.** Üç farklı yaban mersini sirke örneğinin mineral madde içerikleri (ppm)

Mineral Maddeler	YM 1	YM 2	YM 3
Na	39.98±0.16 <sup>a</sup>	36.76±0.21 <sup>b</sup>	30.53±0.14 <sup>c</sup>
Mg	263.47±1.63 <sup>a</sup>	185.84±1.75 <sup>b</sup>	114.21±1.49 <sup>c</sup>
K	453.73±1.25 <sup>a</sup>	441.16±1.34 <sup>b</sup>	419.59±1.43 <sup>c</sup>
Ca	26.28±0.18 <sup>a</sup>	21.87±0.15 <sup>b</sup>	14.46±0.13 <sup>c</sup>
P	263.09±1.35 <sup>a</sup>	251.50±1.46 <sup>b</sup>	245.91±1.85 <sup>b</sup>
Fe	1.67±0.11 <sup>a</sup>	1.32±0.13 <sup>ab</sup>	1.05±0.14 <sup>b</sup>
B	0.45±0.03 <sup>a</sup>	0.32±0.05 <sup>ab</sup>	0.22±0.07 <sup>b</sup>
Mn	2.94±0.16 <sup>a</sup>	2.69±0.15 <sup>a</sup>	2.33±0.12 <sup>a</sup>
Zn	1.99±0.12 <sup>a</sup>	1.68±0.18 <sup>a</sup>	1.41±0.15 <sup>a</sup>
Al	0.38±0.01 <sup>a</sup>	0.27±0.02 <sup>b</sup>	0.17±0.01 <sup>c</sup>
Ni	0.09±0.03 <sup>a</sup>	0.06±0.02 <sup>a</sup>	0.03±0.02 <sup>a</sup>
Sn*	7.91±0.16 <sup>a</sup>	6.82±0.15 <sup>b</sup>	5.67±0.18 <sup>c</sup>

YM 1: *Vaccinium corymbosum* L., YM 2: *Vaccinium arctostaphylos* L., YM 3: *Vaccinium uliginosum* L.

a-c (→) Farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemlidir ( $P<0.05$ ). \*: (ppb)

**Çizelge 6.** Sirke örneklerinin mineral madde içeriklerine ait varyans analiz sonuçları (P değerleri)

Mineral Maddeler	P Değerleri
Na	<0.0001***
Mg	<0.0001***
K	<0.0001***
Ca	<0.0001***
P	0.010*
Fe	0.089
B	0.106
Mn	0.125
Zn	0.156
Al	0.002**
Ni	0.339
Sn	0.005**

$P<0.0001$ \*\*\*: İstatistiksel olarak çok fazla anlamlı,  $P<0.01$ \*\* : İstatistiksel olarak fazla anlamlı,  $P<0.05$ \*: İstatistiksel olarak anlamlı,  $P>0.05$ : İstatistiksel olarak anlamlı değil.

Panelistler tarafından sirke örneklerine verilen duyuşsal analiz skorları (renk, aroma koku, görünüş, genel beğeni) Çizelge 7’de gösterilmiştir. Örnekler içerisinde en yüksek duyuşsal skor değerlerinin tamamında YM 1 örneğinin en fazla beğenilen örnek olduğu saptanmıştır. YM 1 örneğinin duyuşsal analiz değerleri; renk: 7.65±0.32, aroma: 7.71±0.09, koku: 6.31±0.33, görünüş: 7.92±0.41 ve genel beğeni: 7.81±0.34 olduğu tespit edilmiştir ( $P<0.05$ , Çizelge 7). Siddeeg ve ark. (2019) yaptıkları bir çalışmada, hurma sirkesini duyuşsal analizleri renk, aroma, koku, görünüş ve genel beğeni skorlarını sırasıyla 6.85, 6.90, 7.60, 7.50 ve 6.00 olarak tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Araştırmalar arası farklılıklar; üretimde kullanılan ham madde ve fermantasyon koşullarından kaynaklanmıştır.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre örnekler üzerinde; renk, aroma, görünüş ve genel beğeni skor değerlerinin  $P<0.01$  düzeyinde fazla anlamlı, koku değerinin ise  $P<0.05$  düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4).

**Çizelge 7.** Üç farklı yaban mersini sirke örneğinin duyuşal değerlendirme sonuçları

Tür	Renk	Aroma	Koku	Görünüş	Genel beğeni
YM 1	7.65±0.32 <sup>a</sup>	7.71±0.09 <sup>a</sup>	6.31±0.33 <sup>a</sup>	7.92±0.41 <sup>a</sup>	7.81±0.34 <sup>a</sup>
YM 2	5.69±0.29 <sup>b</sup>	5.40±0.18 <sup>b</sup>	5.18±0.22 <sup>ab</sup>	5.13±0.36 <sup>b</sup>	5.19±0.29 <sup>b</sup>
YM 3	4.26±0.19 <sup>c</sup>	4.25±0.08 <sup>c</sup>	4.48±0.21 <sup>b</sup>	4.02±0.25 <sup>b</sup>	4.14±0.17 <sup>b</sup>

YM 1: *Vaccinium corymbosum* L., YM 2: *Vaccinium arctostaphylos* L., YM 3: *Vaccinium uliginosum* L.

a-c (1) Farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

>8: Mükemmel, 7-8: Çok İyi, 6-7: İyi, 5-6: Orta, 4-5: Kötü, <4: Kabul Edilemez.

**Çizelge 8.** Yaban mersini sirkelerinin duyuşal özellikleri üzerine, renk (L\*, a\*, b\*), asitlik, briks değerlerinin, yoğunluğun ve toplam antioksidan kapasite değerinin ve toplam fenolik madde içeriğinin etkisi (r: korelasyon katsayısı)

	Renk	Aroma	Koku	Görünüş	Genel beğeni
L*	0.247ns	0.149ns	0.196ns	0.073ns	0.075ns
a*	0.400ns	0.330ns	0.358ns	0.280ns	0.273ns
b*	-0.093ns	0.005ns	-0.036ns	0.092ns	0.085ns
Asitlik	0.874*	0.932**	0.844*	0.942**	0.937**
Yoğunluk	0.948**	0.934**	0.921**	0.929**	0.925**
Briks	0.979**	0.964**	0.982**	0.988**	0.988**
Toplam Antioksidan Kapasite	0.944**	0.951**	0.908*	0.942**	0.939**
Toplam Fenolik Madde	0.881*	0.925**	0.849*	0.930**	0.924**

P<0.01\*\*: İstatistiksel olarak fazla anlamlı, P<0.05\*: İstatistiksel olarak anlamlı, ns: İstatistiksel olarak anlamlı değil.

Yaban mersini sirkelerinin duyuşal özellikleri üzerine, renk (L\*, a\*, b\*), asitlik, briks değerlerinin, yoğunluğun ve toplam antioksidan kapasite değerinin ve toplam fenolik madde içeriğinin etkisi Çizelge 8'de gösterilmiştir.

Örneklerin duyuşal değerlerine renk ölçümlerinin önemli bir etkisi (P>0.05) görülmemiştir. Ancak örneklerin asitlik değerleri ile duyuşal değerleri arasında pozitif bir korelasyon saptanmıştır. Benzer şekilde örneklerin yoğunluk değerleri ile duyuşal değerleri arasında da yüksek oranda (P<0.01) pozitif bir korelasyon bulunmaktadır. Briks değerleri ile genel beğeni puanları arasında (r=0.988) çok yüksek oranda pozitif korelasyon saptanmıştır. Toplam antioksidan kapasite değerleri örneklerin renk ve aroma özellikleriyle pozitif bir korelasyon olduğu belirlenmiştir. Toplam fenolik madde miktarı ile aroma, görünüş ve genel puanları arasında yüksek oranda korelasyon bulunmaktadır.

## SONUÇ

Günümüzde çoğu hastalıkların tedavisinde kimyasal ve sentetik olarak üretilmiş ilaçlar kullanılmaktadır. Bu tür ilaçların birçoğu hastalıkları tedavi etmesinin yanında insan vücuduna kısa ve uzun vadeli ciddi yan etkiler bıraktığı yapılan araştırmalar neticesinde ortaya konulmuştur. Bu nedenle günümüz toplumunda insanlar daha çok doğal ve bitkisel kaynaklı tedavi yöntemlerine ilgi göstermektedirler. Özellikle yaban mersini sirkesinin içeriği toplam fenolik ve antioksidan kapasitesi yüksek oranda olması birçok hastalığın tedavisi için alternatif olarak öngörülmektedir.

Ayrıca yaban mersini sirkesinin güçlü bir potasyum kaynağı olduğu yaptığımız çalışma ile tespit edilmiştir. En fazla potasyum bulunduran gıdalar avokado ve ıspanak olarak bilinmektedir. Bu gıdaları tüketmeyen insanlar için yaban mersini sirkesi alternatif bir kaynak olarak önerilmektedir.

Yaban mersini sirkesi içeriği flavonoidler, fenolikler, antosiyaninler, polifenoller ve potasyumdan dolayı, antimikrobiyal ve antioksidan özelliğinin olması, özellikle karaciğer kanseri ve diğer kanser türleri, diyabet, LDL kolesterolünü düşürmesi ve kardiyovasküler hastalıkları önemli ölçüde azaltarak tedavi ettiği belirlenmiştir. İnsan sağlığı ve yaşam koşullarının iyileştirilmesi için oldukça faydalı bir gıda olduğu tespit edilmiştir. Fonksiyonel bir özelliği olan yaban mersini sirkesinin üretiminin ev koşullarından endüstriyel boyuta geçilmesi ve uluslararası boyutta tanıtımının yapılarak geniş kitlelere ulaşımlası için gerekli çalışmalar yapılması önem arz etmektedir.

**KAYNAKLAR**

- Aadil RM, 2015. A Potential of Ultrasound on Minerals, Microorganisms, Phenolic Compounds and Colouring Pigments of Grapefruit Juice. *International Journal of Food Science & Technology*, 50: 1144-1150.
- Anonymous, 2015. SPSS 23.00 for Windows. SPSS Inc. Shicago IL,USA.
- AOAC, 2000a. Official Methods of Analysis (17th Ed.). 930.35 (d) Vinegars. Washington, USA: Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC, 2000b. Official Methods of Analysis (17th Ed.). 985.19. Washington, USA: Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC, 2016a. Official Methods of Analysis (20th Ed.). 930.15. Washington, USA: Association of Analytical Chemists.
- AOAC, 2016b. Official Methods of Analysis (20th Ed.). 981.12. Washington, USA: Association of Official Analytical Chemists.
- Bakir S, Toydemir G, Boyacioglu D, Beekwilder J, Capanoglu E, 2016. Fruit Antioxidants During Vinegar Processing: Changes in Content and in Vitro Bio-Accessibility. *International Journal of Molecular Sciences*, 17 (10): 1658.
- Bertoncelj J, Dobersek U, Jamnik M, Golob T, 2007. Evaluation of The Phenolic Content, Antioxidant Activity and Colour of Slovenian Honey. *Food Chemistry*, 105 (2): 822-828.
- Budak HN, 2010. Elma ve Üzümünden Üretilen Sirkelerin Bileşenleri ve Fonksiyonel Özellikleri Üzerine Araştırma. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmış).
- Caillet S, Cote J, Sylvain JF, Lacroix M, 2012. Antimicrobial Effects of Fractions From Cranberry Products on The Growth of Seven Pathogenic Bacteria. *Food Control*, 23 (2): 419-428.
- Çelik H, 2006. Karadeniz Meyvesi İçin Yeni Bir Meyve Türü Yaban Mersini (Likapa), 2. Ulusal Üzümsü Meyveler Sempozyumu, 14-16 Eylül 2006, Tokat.
- Dabija A, Hatnean CA, 2014. Study Concerning The Quality of Apple Vinegar Obtained Through Classical Method. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 20 (4): 304-310.
- Garcia-Garcia I, Cantero-Moreno D, Jimenez-Ot C, Baena-Ruano S, Jimenez-Hornero J, Santos-Duenas I, Bonilla-Venceslada J, Barja F, 2006. Estimating The Mean Acetification Rate Via On-Line Monitored Changes in Ethanol During A Semicontinuous Vinegar Production Cycle. *Journal of Food Engineering*, 80 (2): 460-464.
- Haroun MI, 2006. Türkiye’de Üretilen Bazı Çiçek ve Salgı Ballarının Fenolik Asit ve Flavonoid Profilinin Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmış).
- Kadaş Z, 2011. Alıç Sirkesinin Biyoaktif Özelliklerinin ve Metabolik Etkilerinin İncelenmesi. Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Leahy M, Speroni J, Starr M, 2002. Latest Developments in Cranberry Health Research. *Pharmaceutical Biology*, 40: 50-54.
- Siddeeg A, Zeng XA, Rahaman A, Manzoor MF, Ahmed Z, Ammar AF, 2019. Quality Characteristics of The Processed Dates Vinegar Under Influence of Ultrasound and Pulsed Electric Field Treatments. *Journal of Food Science and Technology*, 56 (9): 4380-4389.
- Sun J, Chu YF, Wu XZ, Liu RH, 2002. Antioxidant and Antiproliferative Activities of Common Fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 7449-7454.
- Taşlıpınar ES, 2018. Sirke Üretim Prosesinin Bazı Yabani Meyvelerin Biyoaktif Özelliklerine Etkisi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Ünal E, 2007. Dimrit Üzümünden Değişik Yöntemlerle Sirke Üretimi Üzerinde Bir Araştırma. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Vinson JA, Bose P, Proch J, Al Kharrat H, Samman N, 2008. Cranberries and Cranberry Products: Powerful in Vitro, Ex Vivo, and In Vivo Sources of Antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56 (14): 5884-5891.



- Voss DH, 1992. Relating Colorimeter Measurement of Plant Color to The Royal Horticultural Society Colour Chart. *Hortscience*, 27 (12): 1256-1260.
- Vu KD, Carlettini H, Bouvet J, Cote J, Doyon G, Sylvain JF, 2012. Effect of Different Cranberry Extracts and Juices During Cranberry Juice Processing on The Antiproliferative Activity Against Two Colon Cancer Cell Lines. *Food Chemistry*, 132 (2): 959-967.
- Vvedenskaya IO, Rosen RT, Guido JE, Russell DJ, Mills KA, Vorsa N, 2004. Characterization of Flavonols in Cranberry (*Vaccinium macropon*) Powder. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 188-195.
- Weiss E, Kozlovsky A, Steinberg D, Lev-Dor R, Bar Ness Greenstein R, Feldman M, Sharon N, Ofek I, 2004. A High Molecular Mass Cranberry Constituent Reduces Mutan Streptococci Level In Saliva and Inhibits in Vitro Adhesion to Hydroxyapatite. *FEMS Microbiology Letters*, 232 (1): 89-92.
- Yıldız S, Yavaş H, Gürbüz O, Değirmencioğlu N, 2015. Türkiye’de Yetişen Yaban Mersini Meyvesinin Fenolik Bileşiklerinin Karakterizasyonu. *Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi Dergisi*, 15: 17-18.
- Zhang L, Ma J, Pan K, Go VL, Chen J, You WC, 2005. Efficacy of Cranberry Juice on *Helicobacter Pylori* Infection: A Double-Blind, Randomized Placebocontrolled Trial. *Helicobacter*, 10(2), 139-145.

**Portakal Kabuğunun Farklı Yöntemlerle Kurutulması ve Bazı Teknolojik Özelliklerinin İncelenmesi**Gülce Bedis KAYNARCA<sup>1\*</sup>, Buket AŞKIN<sup>1</sup>

**ÖZET:** Çalışmamızda, farklı sıcaklıklarda fırın kurutma ve farklı güçlerde mikrodalga kurutma yöntemleriyle kurutulmuş portakal kabuklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri karşılaştırılmıştır. Bu amaçla örnekler 45-65°C hava sıcaklığı aralığında, 1 m/s hava akış hızına sahip tepsili fırın kurutucuda 330 dakika süresince ve mikrodalga da kesikli olarak 400-700W güç aralığında eşit nem oranı elde edilene kadar kurutulmuşlardır. Örneklerin kuruma değerleri, renk değişimi ve rehidrasyon kapasitesi (RK) belirlenmiştir. Fırın kurutulmuş örneklerde en yüksek RK 45°C’de kurutulan örnekler için 300. dakikada elde edilirken, en kısa sürede en iyi RK değerini gösteren örnek 65°C’de kurutma ile 210. dakikada elde edilmiştir. Mikrodalga kurutmada ise en iyi RK değerinin 400W ile kurutulan örneklere ait olduğu belirlenmiştir. Renk ölçümleri albedo (iç) ve flavedo (dış) tabakaları için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Her iki kurutma metodu ve her iki tabaka için, örneklerin L\* ve b\* değerlerinde önemli seviyede azalma belirlenmiştir. Çalışmamızda ayrıca, taze ve kurutulmuş örneklerin toplam fenolik madde miktarı (TFM) ve toplam karotenoid miktarları da (TKM) belirlenmiştir. TFM değerlerinde meydana gelen değişim için, kurutma işleminde uygulanan sıcaklık ve mikrodalga gücü etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. 45°C ve 55°C’de kurutulan portakal kabuklarının TFM değerlerinde önemli olmamakla (P>0.05) birlikte artış gözlenmiş (67.83 mg GA/100g, 62.85 mg GA/100g), kurutma sıcaklığının 65°C’ye çıkmasıyla ise TFM değeri önemli miktarda azalmıştır (P<0.05, 40.44 mg GA/100g). Kurutma işlemleri süresince TKM değerlerinde ise tüm örnekler için azalma meydana gelmiş ve en az TKM kaybı 400W güç uygulamasıyla mikrodalga kurutulan örnekler için gözlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Rehidrasyon, Renk Değişimi, Kurutma, Portakal Kabuğu, Toplam Karotenoid.

**Drying of Orange Peel with Different Methods and Investigation of Its Some Technological Properties**

**ABSTRACT:** In our study, some physical and chemical properties of dried orange peels were compared with oven drying at different temperatures and microwave drying at different power. For this purpose, samples were dried in a tray oven dryer with an air flow rate of 1 m/s at a temperature range of 45-65°C for 330 min. and intermittently in the microwave at 400-700W power range for same moisture ratio. Drying values, color changes and rehydration capacities (RC) of all samples were determined. The highest RC was determined for the samples dried at at 45 ° C in the 300th minute for oven dried samples, while the sample showing the best RC value in the shortest time was obtained in the 210th minute with drying at 65°C. In microwave drying, the best RC value was determined for the samples dried with 400W. Color measurements were evaluated for both albedo (inner) and flavedo (outer) layers. For both drying methods and both layers, a significant decrease in L\* and b\* values of the samples was determined. In addition, total phenolic content (TFM) and total carotenoid content (TKM) of fresh and dried samples were determined. It has been determined that the effect of temperature and microwave power applied in the drying process is important for the change in TFM values. An insignificant increase was observed in TFM values for the dried orange peels at 45 ° C (67.83 mg GA / 100g) and 55 ° C (62.85 mg GA / 100g). TFM values was significantly decreased (P < 0.05, 40.44 mg GA / 100g) when the drying temperature increased to 65 ° C. In TKM values, there were decreasing for all samples during drying processes and the highest loss of it was observed for microwave-dried samples with 400W power application.

**Key words:** Rehydration, Color Changes, Drying, Orange Peel, Total carotenoid

<sup>1</sup> Gülce Bedis KAYNARCA (Orcid ID: 0000-0001-7896-457X), Kırklareli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Kırklareli, Türkiye

<sup>2</sup> Buket AŞKIN (Orcid ID: 0000-0001-6327-0946 Kırklareli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Kırklareli, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Gülce Bedis KAYNARCA, e-mail: b.gulcebedis@klu.edu.tr

Geliş tarihi / Received: 10-02-2020

Kabul tarihi / Accepted: 15-06-2020

## GİRİŞ

Türkiye’de ve dünyada en çok yetiştirilen ve tüketilen turunçgillerden biri portakaldır. Ülkemizde 2018 yılında Washington ve Yafa çeşitleri başta olmak üzere toplam 1 904 000 kg portakal hasat edilmiştir (TUİK, 2019). Dünya çapındaki mevcut yıllık narenciye üretimi ise son 5 yılda iki katına çıkmıştır. Günümüzde ise 100 milyon tonun üzerinde narenciye üretildiği tahmin edilmektedir (Allaf ve ark., 2013). Portakal (*Citrus sinensis* (L.)), dünyada en yaygın olarak yetiştirilen bir ağaç meyvesidir (Pandharipande ve Makode, 2012). Başta portakal suyu olmak üzere birçok ürünün üretiminde yaygın olarak kullanılıp işlenmektedir. Diğer turunçgiller gibi portakal da farklı ürünlere işlenirken çok fazla miktarda kabuk açığa çıkmaktadır. Evlerde bile insanlar portakalın kabuğunu tüketmedikleri için posa ve suyunu alıp kabukları çevreye atık olarak atmaktadırlar (Fakayode ve Abobi, 2018). Portakal suyunun verimi meyve ağırlığının yaklaşık yarısına tekabül ettiğinden, yılda çok büyük bir miktarda portakal yan ürün atığı ortaya çıkmaktadır (Hashmi ve ark., 2012).

Kurutulmuş portakal kabuğu, meyve suyu endüstrisi atıklarının değerlendirilmesinde önemli bir alternatif teşkil etmektedir. Son zamanlarda ticari olarak üretilmekte olan kurutulmuş portakal kabuğu, aroma ve/veya renk verici madde olarak her türlü tatlılarda, et, çorba, pilav, makarna ve sebze yemeklerinde, pasta ve sütlü tatlılarda kullanılmaktadır. Ayrıca reçel üretiminde, uçucu yağ eldesinde ve çeşitli bitki çayı karışımlarında da kullanılabilir (Yaman, 2012).

Literatürde, turunçgil ve portakalın kuruma karakteristiklerini konu alan çalışmalara çokça rastlanmıştır (Silva ve ark., 2011; Ponkham ve ark., 2012; Manjarres-Pinzon ve ark., 2013; Erdem ve ark., 2014; Kodal ve Aksu, 2017; Sankalpa ve ark., 2018). Sankalpa ve ark., (2018) 3 farklı kurutma yöntemiyle (güneş tüneli kurutma, sıcak hava kurutma ve nemi alınmış hava kurutma) portakal kabuğunu kurutmuş ve kinetik olarak değerlendirmiştir. Talens ve ark. (2016) portakal kabuğunun mikrodalga kurutmuşlar ve termodinamik modellenmesini yapmışlardır. Tasirin ve ark. (2014) turunçgil kabuklarının kurutma kinetiğini çalışmış ve inert materyallerin akışkan yatak kurutucudaki etkilerini ortaya koymuştur. Chen ve ark. (2011) ise turunçgil kabuklarının kurutulmasında sıcaklığın flavanoid, fenolik ve antioksidan kapasitesi üzerine etkilerini araştırmıştır. Erdem ve ark., (2014) mikrodalga kurutma ile 180, 360, 540, 720 ve 900W güç uygulayarak portakal kabuklarının kuruma hızı ve kuruma özelliklerini karşılaştırmışlardır. Manjarres-Pinzon ve ark., (2013) ise 35-55°C sıcaklıklarda hava ile kurutma (2-3 m/s) yöntemini tercih etmişlerdir. Ayrıca, son zamanlarda yapılan bazı çalışmalar ise kurutulmuş portakal kabuklarının hayvan beslenmesinde değerlendirmesini konu almıştır (Alzawqari ve ark., 2016; Aletzadeh ve ark., 2016; Abbas ve ark., 2015; Erdem ve ark., 2014).

Literatürde kurutma tiplerinin ürünlerin teknolojik özellikleri üzerine etkilerinin pek çalışılmadığı görülmüştür. Bu bağlamda çalışmamızda portakal kabuklarının kuruma karakteristiklerinin belirlenmesinin ardından örneklerin bazı teknolojik özellikleri üzerine kurutma yöntemlerinin olumlu veya olumsuz etkileri tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu doğrultuda çalışmamız ile hangi kurutma yönteminin gıda artığı olan portakal kabuğu için teknolojik açıdan daha uygun olduğu belirlenerek bu atığın kıymetlendirilmesi hedeflenmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Materyal

Bu çalışmada kullanılan portakallar taze, aynı olgunluk derecesine sahip olmasına dikkat edilerek Kırklareli ilinde bulunan yerel bir marketten satın alınmıştır. Numuneler, fizyolojik ve kimyasal değişimlere uğramamaları için deneylerden önce +4°C’de depolanmış ve kurutma işleminden önce soğuk hava deposundan çıkarılmıştır. Portakal kabukları el ile soyulmuş ve bıçak yardımıyla aynı kalınlıkta (1 cm × 1cm boyutunda) kesilmiştir.

## Kurutma Yöntemleri

### Fırın kurutucu ile kurutma

Sıcak hava kabin cihazı ile yapılan ön kurutma deneylerinde 45°C, 55°C ve 65°C olmak üzere üç farklı sıcaklık derecesi belirlenmiştir. Bu amaçla Kırklareli Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölüm Laboratuvarında bulunan tepsili kurutucu (Atacama Pro F77000) kullanılmıştır. Numuneler kabin içerisine plastik tepsiler üzerine eşit miktar ve aralıklarda yerleştirilmiştir. Tüm sıcaklıklar için toplam kurutma süresi 330 dakika olup, her 30 dakikada bir numune alınarak numunelerin nem kayıpları belirlenmiştir (M'hiri ve ark. 2015).

### Mikrodalga ile kurutma

Mikrodalga yöntemiyle kurutma için bir ön çalışma yapılmış ve uygulanacak güç ve yöntemler ön deneme sonuçlarına göre belirlenmiştir. Bu aşamada sürekli mikrodalga enerjisine maruz bırakılan portakal kabuğu örneklerinde kısa süre içerisinde yanmalar görüldüğü için mikrodalga ile kurutma işlemi kesikli olarak yapılmıştır. Her mikrodalga çıkış gücü için farklı kurutma süreleri belirlenmiş olup, kuruma performansları kaydedilmiştir.

Deneyler 400W, 560W ve 700W olmak üzere üç farklı çıkış gücü ile gerçekleştirilmiş ve güç seviyelerinde ayrı ayrı yapılmıştır.

Yine tüm denemelerde kurutma işlemi kesikli olarak gerçekleştirilmiş ve ön denemelerde elde edilen sonuçlar ışığında uygulama süreleri tespit edilmiştir. Böylece, 400W güç için 5 dakika mikrodalga uygulamasının ardından 3 dakika güç durdurulmuş ve toplam 45 dakika kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Diğer muamele grubu olan 560W güç için 2 dakika uygulama süresinin ardından 2 dakika güç durdurulmuş ve toplam 30 dakika kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Son grup olan 700W için ise 1 dakika uygulama süresinin ardından 2 dakika güç durdurulmuş ve toplam 28 dakika kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Mikrodalga fırının her bir kapalı bekleme süresi içinde nem değerleri belirlenmiştir.

### Nem Analizi

Kurutma işleminden önce ve kurutma boyunca örneklerin % nem değerleri AOAC 20.013 metodu ile belirlenmiştir (Horwitz 1980).

### Rehidrasyon Kapasitesinin Belirlenmesi

Rehidrasyon kapasitesi (RK), kuru materyalin rehidrasyon sonunda kazandığı su miktarının, kuruma sırasında kaybedilmiş olan su miktarına oranıdır. Kurutulmuş bir materyalin rehidrasyon kapasitesi ona uygulanan kurutma koşullarını yansıtan bir değerdir. Kurutulmuş materyal rehidrasyon sonucunda, kururken kaybettiği kadar su kazanırsa RK değeri 1.0'a eşittir ve RK değeri 1.0'a ne kadar yakınsa kurutma koşulları veya ürün kalitesi o kadar iyi olmaktadır (Cemeroğlu 2009). RK değeri Eşitlik 1' de verildiği gibi hesaplanmıştır.

Analiz için ağırlığı belirlenen kurutulmuş portakal kabuğu üzerine 24°C'deki damıtık sudan 100 ml eklenmiş ve 20 °C'de su banyosunda bekletilmiştir. Bu süre sonunda örnekler filtre kâğıdı üzerinde bekletilerek dış kısımlarındaki (absorbe edilmeyen) nem uzaklaştırılmış ve tartım işlemi yapılmıştır. Analiz 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir (Cemeroğlu, 2009; Erbay, 2009; Karataş, 2014).

$$RK = (m_2t - m_1t) / m_1t \quad (1)$$

$m_1$ : Kurutmanın t anında örneğin ağırlığı, g.

$m_2$ : Rehidrasyonun t anında örneğin ağırlığı, g.

t: Süre, dakika.

## Renk Ölçümü

Turunçgil kabukları; albedo ve flavedo adı verilen iki tabakadan oluşur. Flavedo, en dıştaki, renkli olan sarıdan turuncuya kadar değişen dış tabakadır. Albedo ise beyaz kısım olup, hücreler arası boşluklardan oluşan gevşek dokuları içeren iç kısımdır (Demirel ve Demir, 2018). Portakal kabuğu örneklerinin kurutulması sırasında, kurutma koşullarının ürünler üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla, taze ve kurutulmuş örneklerin dış yüzeyi (flavedo) ve iç yüzeylerinin (albedo) renk ölçümleri yapılmıştır. Renk ölçümleri Konica Minolta Chroma Meter CR-400 Cihazı ile yapılmıştır. Kurutma işleminden önce de portakal kabuğu örneklerinin  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri ölçülmüştür. Ölçümler 5 kez tekrarlanmış ve ölçülen değerlerin ortalaması alınmıştır.

$L^*$  değeri parlaklığı temsil etmekte olup 0 ile 100 arasında değişmektedir. 0 siyahlığı, 100 beyazlığı ifade etmektedir.  $a^*$  değeri kırmızılık ve yeşilliği ve  $b^*$  değeri mavilik ve sarılığını ifade etmektedir (Demiray, 2009).

Ayrıca, ölçülen renk değerleri ile  $\alpha$  renk tonunu (hue) ile kromayı belirten  $C^*$  değerleri de belirlenmiştir. Kroma boyutsuz bir değer olup, rengin doygunluğunu göstermektedir. Donuk renklerde kroma değerleri düşerken, canlı renklerde ise kroma değeri yükselmektedir (Polatçı ve Tarhan, 2014).

Kurutulan ürünlerde taze ürüne göre renk değişiminin belirlenmesinde toplam renk değişimi ( $\Delta E$ ), renk parlaklığı değişimi ( $\Delta L$ ), kırmızı renk değişimi ( $\Delta a$ ) ile sarı renk değişimi ( $\Delta b$ ) indisleri de Eşitlik 2, 3, 4 ve 5'e göre belirlenmiştir (Demiray, 2009).

$$\Delta L = L^*_{\text{taze}} - L^* \quad (2)$$

$$\Delta a = a^*_{\text{taze}} - a^* \quad (3)$$

$$\Delta b = b^*_{\text{taze}} - b^* \quad (4)$$

$$\Delta E = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2} \quad (5)$$

## Toplam Fenolik Madde Miktarının (TFM) Belirlenmesi

Örneklere bulunan TFM'ini belirlemek için öncelikle portakal kabuğundan ekstraksiyon yapılmıştır. Kurutulmuş portakal kabukları öğütülmüş ve 5 g örnek tartılarak 100 mL aseton içerisinde 72 saat 25°C'de bekletilmiştir. Hazırlanan örnek Whatman No:1 filtre kağıdından süzülüş ve ekstraksiyon solventi rotary evaporator yardımıyla uzaklaştırılmıştır. Elde edilen ekstrakt metanol:su:HCl (70:29.5:0.5, v:v:v) ile 20 mg/mL olacak şekilde çözdürülmüştür. Hazırlanan ekstrakt bekletilmeden TFM tayininde kullanılmıştır (Park ve ark., 2014).

Portakal kabuğu ekstraktlarının madde miktarları, 2N Folin-Ciocalteu fenol ayırıcı kullanılarak Singleton ve Rossi, (1965) tarafından tanımlanan yöntemin modifiye edilmesi ile belirlenmiş ve sonuçlar gallik asit eşdeğeri olarak ifade edilmiştir. 2N Folin- Ciocalteu fenol ayırıcı (100  $\mu$ L), örnek (100  $\mu$ L) veya standart gallik asit çözeltileri (100  $\mu$ L), 2.3 mL saf su ve 1 mL %7'lik sulu sodyum karbonat çözeltisi karıştırılarak oda sıcaklığında 2 saat bekletilmiş ve ardından 750 nm dalga boyundaki absorbansları spektrofotometre yardımıyla (Shimadzu UV/Vis spektrofotometre) ölçülmüştür. Sonuçlar mg gallik asit eşdeğeri (GAE) /g kabuk olarak hesaplanmıştır.

## Toplam Karoten Değerinin Belirlenmesi

Öğütülmüş portakal kabuklarının toplam karotenoid değerleri Luterotti ve Kljak, (2010) ve Güzel ve Akpınar, (2017)'a göre belirlenmiştir. Öncelikle 2 g örnek 20 mL %75'lik aseton çözeltisinde oda sıcaklığında bir gece bekletilmiştir. Ardından örneklere, 5 mL hekzan ilave edilmiş ve 5 dakika karıştırılmıştır. Daha sonra 30 mL hekzan/aseton/etanol (2:1:1) karışımı ilave edilerek, sırasıyla önce 5 dakika karıştırılmış sonra 30 dakika çalkalanmıştır. Organik tabakanın ayrışmasını sağlamak için, 5 mL su ilave edilerek karışım 5 dakika daha karıştırılmış, ardından 10 dakika 3000 rpm'de santrifüjlenmiştir. İlk hekzan fazı ayrılıp, 15 mL hekzan geri kalan materyale ilave edilmiş ve karışım sırasıyla önce 5



dakika karıştırılmış, daha sonra 30 dakika çalkalanmıştır. İkinci prosedür iki kez daha tekrarlanarak toplam dört kez ekstraksiyon gerçekleştirilmiş ve ekstraktların absorpsiyon değerleri spektrofotometrede (Shimadzu UV/Vis spektrofotometre) 450 nm dalga boyunda heksana karşı okunmuştur. Toplam karotenoid miktarı  $\epsilon_{1\text{cm}}^{1\%}=2000 \text{ dL g}^{-1}\text{cm}^{-1}$  heksanda karotenoid karışımı için absorpsiyon katsayısı kullanılarak hesaplanmıştır.

### İstatiksel Analiz

Araştırmada, analiz sonuçları için varyans homojenlik testleri yapılmış olup, sonuçlar homojen bulunduğu için ortalamaların karşılaştırılmasında parametrik test olan varyans analizi uygulanmıştır. İstatistiksel olarak önemli derecede farklı bulunan gruplar arasındaki ikili karşılaştırmalar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile değerlendirilmiştir. TKM ile a\* değeri değişkenleri arasındaki ilişkinin önemlilik düzeyini test etmek için korelasyon katsayısı tahmin edilmiştir. İstatistiksel analizlerde SPSS 17.0 paket programı kullanılmıştır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

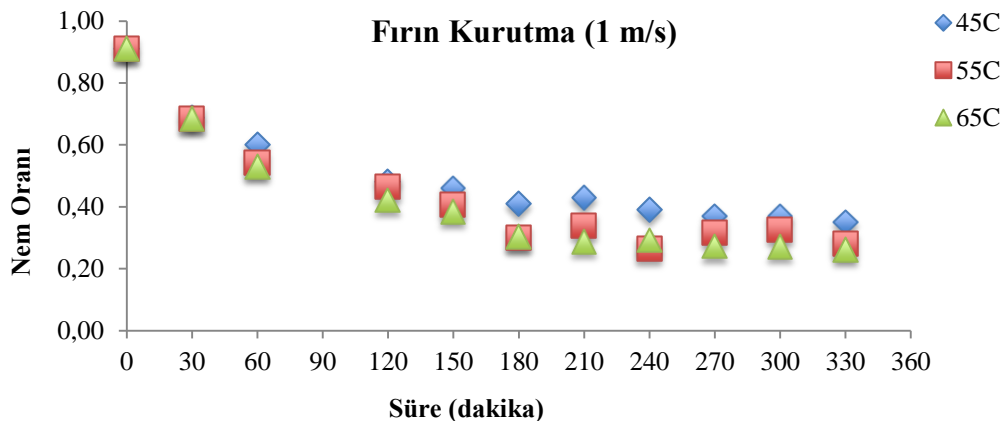
### Örneklerin Kuruma Performanslarının Karşılaştırılması

Kurutma yöntemine bakılmaksızın, tüm muamele gruplarında, kuruma başlangıcında nem içeriğinin hızla azaldığı görülmüştür. Kurutma devam ederken, portakal kabuğundaki nem kaybı kuruma süresi ile birlikte azalma göstermiştir.

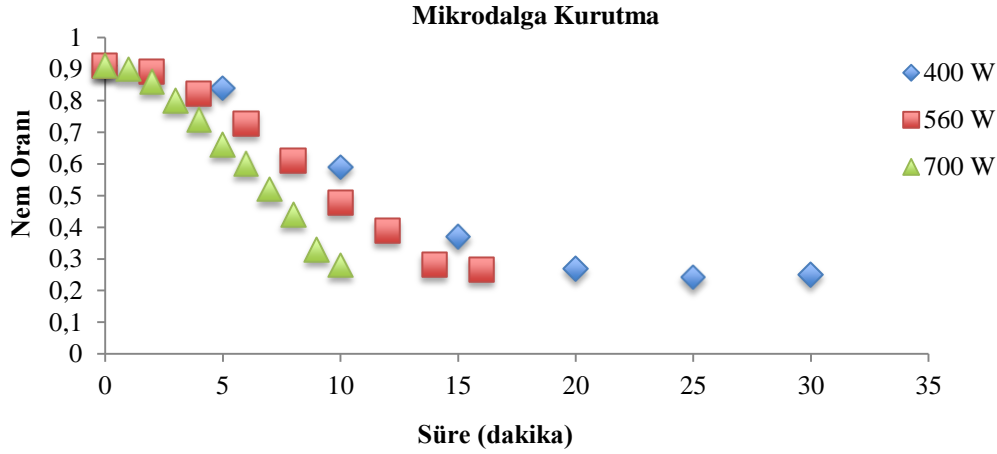
Portakal kabuğu numunelerinin başlangıç, ortalama nem içeriği %91 olarak bulunmuştur. Fırın kurutma ile üç farklı kurutma sıcaklığında 330 dakika boyunca kurutulan portakal kabuğu numunelerinin zamana bağlı olarak nem içeriğindeki değişimler Şekil 2’de verilmiştir. Mikrodalga kurutma ile üç farklı güç kullanılarak (400W, 560W ve 700W) kurutulan portakal kabuğu örneklerinin nem içeriklerindeki zamana bağlı değişimler ise Şekil 3’de sunulmuştur.

Kurutma işleminin esas olarak üç kurutma periyodundan oluştuğu, yani sıcaklık artışı, sabit hız ve düşme hızı periyodundan oluştuğu görülebilmektedir. Beklendiği gibi, kurutma sıcaklığı arttıkça kuruma hızı da artmakta ve aynı sürede daha düşük nem oranına ulaşılmaktadır. Elde edilen sonuçlar, portakal kabuğunun sıcak hava ile kurutulmasıyla ilgili önceki çalışmalarla uyumlu olduğunu göstermektedir (Ghanem ve ark., 2012; Sankalpa ve ark. 2018).

Mikrodalgada kurutma ile çıkış gücü arttıkça kuruma süresinin kısaldığı görülmüştür. Ayrıca, uygulanan tüm güçlerde kuruma hızı belli bir süre artmış ve sonrasında azalmıştır. Bu sonuç ile paralellik gösteren birçok farklı çalışma bulunmaktadır (Figiel, 2009; Karaarslan ve ark., 2013; Erdem ve ark., 2014).



Şekil 2. Fırın kurutucuda kurutulan portakal kabuğu numunelerine ait nem içeriği değerlerinin kuruma zamanı ile değişimi.



Şekil 3. Mikrodalga kurutucuda kurutulan portakal kabuğu numunelerine ait nem içeriği değerlerinin kuruma zamanı ile değişimi.

Portakal kabuklarının başlangıç nem oranı 0.91 olarak tespit edilmiş, 45°C’de fırın kurutma ile kurutulan örneklerin nem oranı 330 dakika sonunda 0.35 olarak tespit edilirken, 55°C ve 65°C’de sırasıyla 0.28 ve 0.26 olarak belirlenmiştir. Kuruma hızları mukayese edildiğinde, 45°C’de kurutma hızının daha yavaş olduğu ve özellikle 150. dakikadan itibaren 55°C ve 65°C için kuruma hızının önemli oranda arttığı görülmektedir. Mikrodalga ile kurutmada ise aynı nem oranlarına çok daha kısa sürede ulaşıldığı görülmüştür; 0.27 nem oranı 400W, 560W ve 700W için sırasıyla 20., 16. ve 10. dakikadan sonra elde edilmiştir. Fırın kurutma ile benzer şekilde, 400W için kuruma hızının 560W ve 700W güçleri ile mukayese edildiğinde çok daha yavaş olduğu görülmektedir.

Beklendiği gibi her iki kurutma yöntemi için de kurutma sıcaklığı ve gücünün artışıyla kuruma süresinin kısaldığı ve dolayısıyla kuruma hızının arttığı anlaşılmaktadır. Kurutma prosesinde seçilecek yöntemin ve koşulların belirlenmesi için kuruma süresi ve hızının dışında ki diğer parametreler de etkili olmaktadır.

### Rehidrasyon Özelliklerinin Belirlenmesi

Kurutulmuş gıdaların önemli kalite karakteristiklerinden bir diğeri de hızlı ve tamamen rehidre olabilme kapasitesinin göstergesi olan rehidrasyon kapasitesidir (RK). Örneklerin 20°C’de göstermiş oldukları rehidrasyon kapasiteleri arasında önemli bir fark tespit edilmiştir ( $P < 0.05$ ) ve sonuçlar Tablo 1 ve 2’de verilmiştir. Fırın kurutmada farklı sıcaklıklara göre en yüksek RK değerleri 45°C, 55°C ve 65°C için sırasıyla 300., 270. ve 210. dakikalarda olmuştur. Örneklerin bütünü mukayese edildiğinde 65°C’de kurutulan örneklerin en kısa sürede en yüksek RK değerine ulaştığı, en yüksek RK değerinin ise 45°C’de 300 dakika kurutulan örneklerde olduğu görülmüştür.

Tablo 1. Fırın Kurutma ile kurutulan örneklerin rehidrasyon özellikleri.

SÜRE (dak)	45°C	55°C	65°C
	RK	RK	RK
0	0.0000	0.0000	0.0000
30	0.3104	0.2549	0.3364
60	0.3594	0.3788	0.4282
120	0.4885	0.3766	0.4193
150	0.4941	0.4623	0.4892
180	0.6752	0.5868	0.7760
210	0.7924	0.7303	0.8123
240	0.8000	0.8020	0.7566
270	0.8432	0.8285	0.7643
300	0.8516	0.8153	0.6960
330	0.7473	0.7269	0.7101

Tablo 2. Mikrodalga Kurutma ile kurutulan örneklerin rehidrasyon özellikleri.

400 W		560 W		700 W	
Süre (dakika)	Rehidrasyon Katsayısı	Süre (dakika)	Rehidrasyon Katsayısı	Süre (dakika)	Rehidrasyon Katsayısı
0	0	0	0	0	0
5	0.3868	2	0.2336	1	0.1724
10	0.4195	4	0.2254	2	0.2585
15	0.4636	6	0.225	3	0.2535
20	0.6036	8	0.2224	4	0.2553
25	0.6375	10	0.3018	5	0.2770
30	0.7311	12	0.3784	6	0.2823
		14	0.4444	7	0.2884
		16	0.5095	8	0.3652
				9	0.3946
				10	0.4354

Kurutmanın 5. ve 6. dakikaları karşılaştırıldığında 400W güç ile kurutulan örneklerin RK değerleri 0.3868 iken, 560W ve 700W ile kurutulan örneklerin RK değerlerinin sırasıyla 0.2250 ve 0.2823 olduğu görülmüştür.

Yapmış olduğumuz çalışmada daha düşük sıcaklık ve güçlerde kurutulan portakal kabuklarının daha yüksek rehidrasyon kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Çalışmamızda, belirli mikrodalga güç aralıklarında (400W-700W) çıkış gücü arttıkça kuruma işleminin hızlandığı görülmüştür. Mikrodalga kurutma ile portakal kabuğunun kuruma süresinde en az %90 oranında azalmayla sonuçlanmış ve kurutulmuş ürünlerin, konvektif havayla kurutmaya kıyasla daha iyi rehidrasyon özelliklerine sahip olduğu belirlenmiştir. Giri ve Prasad, (2007) de yapmış oldukları çalışmada, mikrodalga kurutma ile kuruma süresindeki önemli azalma ve rehidrasyon özelliklerindeki iyileşmeye dikkat çekmiştir.

Ruiz Diaz ve ark., (2003) tarafından portakal dilimlerinin rehidrasyon davranışı Peleg ve Weibull denklemleriyle modellenmiştir. Uygulanan mikrodalga gücünün bir fonksiyonu olarak rehidrasyon davranışında farklılık gözlenmediği belirtilmiş ve bu nedenle, numunenin kızarmasını önlemek için sınırlandırılmış en yüksek seviyenin kuruma süresini kısaltması önerilmiştir.

Alibaş, (2001) yapmış olduğu çalışmada, bazı meyve ve sebzeleri sıcak hava ve mikrodalga kombinasyonlu bir kurutucuda kurularak kuruma karakteristiklerini ve kurutucunun enerji tüketim değerlerini belirlemiştir. Çalışmamızla benzer şekilde, yüksek güç seviyelerinde mikrodalgada bırakılan sebze ve meyvelerin, diğer kurutma yöntemlerine göre oldukça kısa sürelerde kuruma gösterdiğini belirtmiştir. Ayrıca, renk, koku ve tat gibi özelliklerini kaybetmediğini, uzun süre bozulmadan kalabildiğini ve morfolojik açıdan herhangi bir değişime uğramadığını ileri sürmüştür.

Maskan, (2014) muz dilimlerini konveksiyon (60°C, 1.45 m/s), mikrodalga (350, 490 ve 700W) ve mikrodalga destekli konveksiyon (350W, 4.3 mm kalınlıktaki örnek dilim) kurutma sistemi kullanarak kurutmuştur. konvektif kurutmanın daha uzun sürdüğü ifade edilmiştir. Mikrodalga kurutma için ise en yüksek kuruma oranlarının en yüksek güç seviyesinde elde edildiği vurgulanmıştır. Konvektif kurutmaya mikrodalga desteğinin eklenmesi ile kuruma süresinin %64.3 oranında azaldığı ifade edilmiştir. Ayrıca, mikrodalga kurutma yapılan muz dilimlerinin en yüksek rehidrasyon seviyelerine sahip olduğu da belirtilmiştir.

Konveksiyonel kurutma ile mikrodalga kurutmayı farklı meyve ve sebzeler için uygulayarak ürün özelliklerini karşılaştıran birçok araştırmacı çalışmamızla ve belirtmiş olduğumuz diğer çalışmalar ile benzer şekilde, mikrodalga kurutmanın kuruma süresini önemli oranda azalttığını ve rehidrasyon özelliklerini iyileştirdiğini göstermiştir (Özgen, 2014; Yoğurtçu, 2014).

## Renk Değerlendirmesi

Renk, gıda endüstrilerinde önemli bir kalite özelliğidir ve tüketicinin tercihini etkilemektedir. Gıda rengi, büyüme, olgunlaşma, hasat sonrası depolama ve işleme sırasında meydana gelen kimyasal, biyokimyasal, mikrobiyal ve fiziksel değişikliklerden etkilenmektedir. Gıda ürünlerinin renk ölçümü, lezzet gibi diğer kalite özelliklerinin dolaylı bir göstergesi olarak kullanılmaktadır, çünkü daha basit ve daha hızlı gerçekleştirilebilmekle birlikte diğer fizikokimyasal özellikler ile iyi bir ilişki içindedir (Pathare ve ark., 2013).

Kurutulmuş meyvelerde renk, genellikle Maillard reaksiyonu ile ilişkilendirilen esmerleşme oluşumuna bağlı olarak değişmektedir ve bu ürünlerde renk değişiminden genellikle Maillard reaksiyonu sorumludur (Baini ve Langrish, 2009).

Çalışmamızda, kurutulmuş portakal kabuklarının L\*, a\*, b\*, C\*, h ve ΔE renk özellikleri ölçülmüş ve değerlendirilmiştir. Portakal kabuklarının belirtilen renk özellikleri taze ve kurutulmuş örneklerde kabuğun dış (flavedo) yüzeyi ve iç (albedo) yüzeyi için ayrı ayrı ölçülmüştür. Kabuğun dış ve iç yüzeyine ait renk özellikleri Tablo 3.'te ve 4'te sunulmuştur. Ürünlerin renk değişim tablolarında görüldüğü üzere kurutma yöntemlerinin hepsi farklı oranlarda renk değişimine neden olmuştur ve bu değişimler portakal kabuğu bünyesindeki flavonoid ve karotenlerin kurutma sırasında tahribata uğraması ile açıklanabilir (Contreras ve ark., 2008). Portakal kabuklarının dış yüzey renkleri incelendiğinde, en az renk değişiminin fırın kurutma yönteminde olduğu görülmüştür.

İki kurutma metodu da göz önünde bulundurulduğunda örneklerin parlaklık (L\*) ve sarılık değerleri (b\*) taze örneğe göre istatistiksel olarak önemli seviyede azalma göstermiştir (P<0.05). Ancak, mikrodalga ile kurutulan örneklerin L\* ve b\* değerlerinin fırın kurutmaya göre daha yüksek oranda azaldığı görülmektedir (Tablo 3).

Renk sonuçları incelendiğinde, mikrodalga kurutmanın süresinin kısa olmasına karşın renk değişiminin en fazla bu örneklerde olduğu tespit edilmiştir. Benzer sonuçların yer aldığı Polatçı ve Tarhan, (2014)'in çalışmasında bu durum, mikrodalgada ürün sıcaklıklarının anlık yükselmesi sonucunda renk maddelerinin parçalanması şeklinde açıklanmıştır.

**Tablo 3.** Taze ve Kurutulmuş Portakal Kabuklarının Dış (Flavedo) Yüzey Renk Değerleri.

	Örnek	L*	a*	b*	C*	h	ΔE
	<b>Taze Örnek</b>	60.73 <sup>a</sup> ±0.78	27.34 <sup>a</sup> ±0.10	59.03 <sup>a</sup> ±0.17	65.05 <sup>a</sup> ±0.19	65.04 <sup>a</sup> ±0.12	–
<b>Fırın Kurutma</b> (°C)	45°C	41.54 <sup>c</sup> ±0.93	17.54 <sup>ab</sup> ±0.93	37.29 <sup>b</sup> ±1.31	41.26 <sup>b</sup> ±1.46	64.84 <sup>a</sup> ±0.95	30.61
	55°C	48.06 <sup>b</sup> ±3.15	20.55 <sup>ab</sup> ±2.31	31.77 <sup>c</sup> ±2.21	36.05 <sup>bc</sup> ±2.40	57.92 <sup>b</sup> ±2.34	30.81
	65°C	51.57 <sup>b</sup> ±1.01	20.08 <sup>ab</sup> ±1.57	39.14 <sup>b</sup> ±2.72	41.98 <sup>b</sup> ±3.31	63.02 <sup>a</sup> ±0.48	23.07
<b>Mikrodalga</b> <b>Kurutma</b> (W)	400W	36.40 <sup>cd</sup> ±3.77	28.05 <sup>a</sup> ±1.66	27.59 <sup>cd</sup> ±1.77	28.61 <sup>d</sup> ±3.22	58.11 <sup>b</sup> ±0.81	36.22
	560W	31.93 <sup>d</sup> ±0.73	19.28 <sup>ab</sup> ±0.44	23.66 <sup>d</sup> ±0.77	30.53 <sup>cd</sup> ±0.87	50.48 <sup>c</sup> ±0.26	41.38
	700W	31.17 <sup>d</sup> ±1.27	12.47 <sup>b</sup> ±0.78	13.42 <sup>e</sup> ±0.51	18.34 <sup>e</sup> ±0.89	47.43 <sup>d</sup> ±0.87	50.43

<sup>a-c</sup> Aynı sütunda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05)

Mikrodalga kurutma yapılması durumunda ürün sıcaklığının aşırı yükselmemesi için uygulanan kurutma metodunun çok iyi optimize edilmesi gerektiği birçok çalışmada vurgulanmıştır (Şahin, 2010; Polatçı ve Tarhan, 2014; Özsoy, 2015). Bu amaçla, mikrodalga kurutma işleminde ısıtma süresi ve sıcaklığın yükselmemesi için ısıtma işlemine ara verme süreleri çok iyi belirlenerek uygulanmalıdır. Aksi halde, örneklerde homojen kurutma sağlanamamakla birlikte yüzeysel yanıklar oluştuğu tespit edilmiştir.

**Tablo 4.** Taze ve Kurutulmuş Portakal Kabuklarının İç (Albedo) Yüzey Renk Değerleri.

	Örnek	L*	a*	b*	C*	h	ΔE
	Taze Örnek	69.72 <sup>a</sup> ±0.19	3.12 <sup>b</sup> ±0.45	36.74 <sup>a</sup> ±0.48	36.87 <sup>a</sup> ±0.48	84.75 <sup>b</sup> ±0.41	–
Fırın Kurutma (°C)	45°C	65.43 <sup>ab</sup> ±1.22	-0.38 <sup>d</sup> ±0.29	28.76 <sup>d</sup> ±0.85	28.77 <sup>c</sup> ±0.85	90.68 <sup>a</sup> ±0.58	9.72
	55°C	63.74 <sup>bc</sup> ±1.38	1.77 <sup>c</sup> ±0.54	23.33 <sup>c</sup> ±0.91	23.46 <sup>d</sup> ±0.90	85.45 <sup>b</sup> ±1.37	14.74
	65°C	66.47 <sup>ab</sup> ±0.81	1.77 <sup>c</sup> ±0.19	23.71 <sup>e</sup> ±0.70	24.08 <sup>d</sup> ±0.64	85.70 <sup>b</sup> ±0.55	13.50
Mikrodalga Kurutma (W)	400W	54.82 <sup>d</sup> ±1.82	3.50 <sup>b</sup> ±0.16	24.13 <sup>e</sup> ±0.63	24.39 <sup>d</sup> ±0.64	81.77 <sup>c</sup> ±0.29	17.82
	560W	60.15 <sup>c</sup> ±0.19	6.56 <sup>a</sup> ±0.09	32.42 <sup>c</sup> ±0.20	33.57 <sup>b</sup> ±0.57	78.66 <sup>d</sup> ±0.12	13.05
	700W	64.15 <sup>bc</sup> ±3.51	7.20 <sup>a</sup> ±0.26	34.54 <sup>b</sup> ±0.47	35.39 <sup>ab</sup> ±0.48	78.74 <sup>d</sup> ±0.46	10.90

<sup>a-f</sup> Aynı sütunda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05)

Ürünün görsel kalitesini en iyi tanımlayan renk parametreleri olan kroma (doygunluk) ve hue açısı değerleri incelendiğinde ise kurutma fırınından çıkan örneklerin mikrodalgaya göre canlılığını daha iyi muhafaza ettiği görülmüştür. Dolayısıyla fırın kurutucuda kurutulan örneklerin kroma ve hue değerlerinin taze ürün değerlerine daha yakın sonuçlar verdiği ayrıca 3 farklı sıcaklıkta kurutulan örneklere ait değerlerin de istatistik olarak önemli farklılık olmadığı görülmüştür. Mikrodalga da kurutulan örnekler incelendiğinde ise, taze örneklere göre çok düşük değerlere sahip oldukları tespit edilmiştir. Taze ve kurutulmuş tüm örnekler baz alındığında ise en düşük kroma ve hue değerine sahip örnek mikrodalga da 700W ile kurutulan örneklerdir.

Portakal kabuklarının dış yüzey renkleri için hesaplanan toplam renk değişimi (ΔE) değerleri buraya kadar yorumlanan sonuçları özetlemektedir. Kurutulmuş örneklerin toplam renk değişimi fırında kurutulmuş örneklerde daha az bulunmuştur. Özellikle 560 ve 700W ile kurutulan örneklerin toplam renk değişimi (ΔE) değerlerinin çok yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kurutulmuş örnekler arasında en az toplam renk değişimi (ΔE) ve diğer renk değerlerini en iyi muhafaza eden örnek 65°C’de fırın da kurutulan örnek olmuştur.

Meyve eti ayrılan portakal kabuğunun dış yüzeyi turuncu renkli ekzokarp iken, iç yüzeyi beyaz renkli mezokarp yapıdan oluşmaktadır (Tamer, 2017). Dolayısıyla kurutulan portakal kabuğunun kurutma şartları karşısında gösterdiği davranış farklılık göstermektedir. Renk özellikleri de bunlardan biridir. Kurutma işlemi dilimlenen portakal kabuklarının iç yüzeyinde de değişime neden olacağı için dış yüzey renklerinin yanı sıra iç yüzey renk değerleri de ölçülmüştür ve Tablo 4’te sunulmuştur. Kurutma şartlarına bağlı olarak daha fazla renk koyulaşması gözlenmiş, bu nedenle kırmızılık değerinde (a\*) artış görülmüştür. En yüksek a\* değeri mikrodalgada 700W ile kurutulmuş örneklerde bulunmuştur. ΔE değerinde en yüksek farklılık gösteren örnekler ise 400 ve 560W gücünde mikrodalgada kurutulmuş örneklere ait olduğu görülmüştür. 45°C’de fırında kurutulan örnekler ise en az toplam renk değişimine sahiptir.

### Toplam Fenolik Madde Miktarı (TFM)

Taze ve farklı kurutma uygulamaları ile kurutulan örneklerin TFM miktarları Tablo 5’te verilmiştir. Taze portakal kabuğu örneğinin TFM 60.81 mg GA/100g olarak bulunmuştur. Kurutulmuş örneklerin TFM, uygulanan kurutma yöntemine göre istatistik olarak önemli derecede farklılık göstermiştir (P<0.05). En yüksek değer 76.57 mg GA/100g ile 560W uygulamasında belirlenirken, en düşük TFM 40.44 mg GA/100g ile 65°C uygulamasında olduğu belirlenmiştir (P<0.05). Mikrodalga ile kurutulan örneklerin TFM sonuçları fırın kurutulan örneklerden daha başarılı bulunmuştur. Mikrodalga kurutulan örneklerin fenolik madde içerikleri 400W uygulaması hariç ve fırın kurutulan örneklerin 65°C uygulaması



hariç, taze portakal kabuğu örneğine göre artış göstermiştir ( $P < 0.05$ ). Kurutma metoduna bağlı olarak örneklerin kurutma sürelerinin farklılık göstermesinin bu sonuçların elde edilmesinde etkili olduğu düşünülmektedir. Kurutma işleminin fenolik bileşikler üzerine etkisinin incelendiği farklı çalışmalarda farklı değişimler gözlemlendiği görülmektedir. Yapılan bir kısım çalışmalar; kuruma süresinin uzamasına bağlı olarak kurutulan ürünlerin TFM ve antioksidan kapasite değerlerinde düşüşlerin meydana geldiğini (Dewanto ve ark., 2002; Kwok ve ark., 2004; Wojdylo ve ark., 2009; Vega-Galvez ve ark., 2012; İzli, 2018), bazılarında ise artma gözlemlendiği bildirilmiştir (Corronza-Concha ve ark., 2012; Sultana ve ark., 2012). Kurutma ile uygulanan ısı işlem sonucunda bazı fenolik bileşiklerde kayıplar meydana gelirken, bazıları ise serbest hale geçebilmektedir. Bu nedenle farklı ürünler üzerinde kurutma işleminin TFM üzerinde aynı etki göstermediği söylenebilir (Sultana ve ark., 2012). Kurutma işlemi ile TFM meydana gelen artışların çözünmez polimerler ile kovalent bağlı formda bulunan fenolik bileşenlerin sıcaklık etkisi ile serbest hale geçerek yeni serbest fenolik fraksiyonların oluşumu sebebi ile olduğu düşünülmektedir (Choi ve ark., 2006; İzli, 2018). Ayrıca, hücre duvarı matriksinde meydana gelen bozulma sonucu ile hücre duvarının ve bağların yıkımı ile fenolik bileşiklerin daha iyi ekstrakte edilebilmesi de TFM artışına neden olabilmektedir (Kamiloğlu, 2012). Bunun yanında meydana gelebilecek Maillard reaksiyonu sonucu yeni fenolik bileşiklerin oluşumuna bağlı olarak da TFM’ında artış meydana gelebilmektedir (Francisco ve Resuireccion, 2009; İzli, 2018).

### Toplam Karotenoid Miktarı (TKM)

Taze ve kurutulmuş portakal kabuğu örneklerine ait TKM değerleri Tablo 5’te sunulmuştur. Genel olarak kurutma işlemi ile birlikte örneklerin TKM azalma göstermiştir. Karotenoidler ısı, ışık, oksijen gibi faktörlerden olumsuz etkilenmekte ve bunlardan birine veya birkaçına maruz kaldığında bozulmaktadır. Bu nedenle kurutma işlemi ile TKM miktarında meydana gelen azalma beklenen bir sonuç olmakla birlikte, süre ve kurutma metodu azalma oranını etkileyen önemli iki faktördür (Koca ve ark., 2007; Demirhan ve Özberk, 2010). Ancak yapılan bazı çalışmalarda farklı ürünlerin karotenoid miktarında kurutma işlemi ile birlikte artış görülmüştür (Takeoke ve ark., 2001; Giovanelli ve ark., 2002; Arslan ve Özcan, 2011).

Isıl işlem biyolojik olarak kullanılabilir karotenoidlerin içeriğini önemli ölçüde arttırabilmektedir. Bu artış ısı ile birlikte hücre duvarında meydana gelen değişiklikler ve bağlarda ki parçalanmalar ile açıklanabilmektedir (Moreno ve ark., 2017). Kurutma sırasında, enzimatik olmayan reaksiyonlar ve karotenoidlerin bozulması nedeniyle renk değişiklikleri meydana gelmektedir. Açık sarıdan koyu kırmızıya varan farklı tonlarda renk oluşumundan sorumlu, aynı zamanda proteinlerle kompleks oluşturduklarında da yeşil ve mavi renk veren karotenoidlerin günümüzde yaklaşık olarak 600 kadarının yapısı tespit edilebilmiştir (Ötleş ve Atlı, 1997).

**Tablo 5.** Taze ve Kurutulmuş Portakal Kabuklarına ait Toplam Fenolik Madde (TFM) ve Toplam Karotenoid (TKM) Miktarları.

	Örnek	TFM (mg GAE/g)	TKM (mg/kg DW)
	Taze Örnek	60.81 <sup>b</sup> ±1.37	18.19 <sup>a</sup> ±0.016
Fırın Kurutma (°C)	45°C	67.83 <sup>ab</sup> ±0.59	5.35 <sup>d</sup> ±0.005
	55°C	62.85 <sup>b</sup> ±0.61	8.08 <sup>c</sup> ±0.001
	65°C	40.44 <sup>d</sup> ±1.84	4.30 <sup>f</sup> ±0.004
Mikrodalga Kurutma (W)	400W	54.11 <sup>c</sup> ±1.46	10.35 <sup>b</sup> ±0.004
	560W	76.57 <sup>a</sup> ±0.44	2.96 <sup>e</sup> ±0.004
	700W	74.26 <sup>a</sup> ±0.68	4.32 <sup>e</sup> ±0.006

<sup>a-f</sup> Aynı sütunda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0.05$ )

Karotenoidler organik pigmentlerdir ve meyvelerden, sebzelerden ve diğer fotosentetik bitkilerden sentezlenen biyoaktif bileşiklerdir (Onwude ve ark., 2016). İçermiş oldukları  $\alpha$ -karoten,  $\beta$ -karoten, likopen ve lutein gibi bileşikler ile sağlık üzerine olumlu katkılarının yanı sıra, gıdaların rengini de zenginleştiren moleküllerdir (Dumbrava ve ark., 2010). Dolayısıyla TKM'larında meydana gelen azalma, örneklerin turuncu-kırmızı renginde bir değişime sebep olmasıyla sonuçlanacaktır. Bu nedenle kuruma süresinde artış ile birlikte kızarıklık değerinde bir azalma gözlemlenmektedir. Nitekim Tablo 3'te görüldüğü üzere kurutma işlemi ile  $a^*$  değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Bu durum en etkin şekilde mikrodalgada kurutulmuş örneklerde görülmüş ve kurutma gücünün artmasıyla hem  $a^*$  değerlerinde hem de TKM değerlerinde azalma görülmüştür. Kurutulmuş örneklerin TKM ve  $a^*$  değerlerindeki değişim arasındaki korelasyon incelenmiş ve aralarındaki korelasyonun önemli seviyede olduğu tespit edilmiştir ( $r=0.769$ ,  $P<0.05$ ). Sonuçlarımızla benzer veriler domates için Onwude ve ark., (2016) kırmızıbiber için Vegagalvez ve ark., (2008) ve havuç için Koca ve ark., (2007) tarafından da bulunmuştur.

## SONUÇ

İki farklı kurutma yönteminin portakal kabuklarının kurutulması üzerindeki etkileri, nem içeriği, nem oranı analizi gibi kurutma parametreleri temelinde değerlendirilmiştir. Yüksek mikrodalga gücü ve sıcaklığı, daha kısa kuruma süresi ile sonuçlanmıştır. Ürüne etki eden sıcaklık ve süre arttıkça fiziksel ve kimyasal özelliklerde ki kayıpların arttığı görülmüştür.

Önemli bir ekonomik değeri olmayan turuncu kabukları gerek gıda endüstrisinde, gerekse diğer endüstri kollarında (kozmetik, eczacılık, parfümeri ve kimya endüstrisi) kullanılabilir, önemli oranda katma değeri yüksek fitokimyasal bileşiklerin üretimi için zengin bir kaynaktır. Bu nedenle kurutma için seçilecek olan yöntemin iyi optimize edilmesi gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- Abbasi H, Seidavi A, Liu WY, Asadpour L, 2015. Investigation on the effect of different levels of dried sweet orange (*Citrus sinensis*) pulp on performance, carcass characteristics and physiological and biochemical parameters in broiler chicken. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 22(2), 139-146.
- Alefzadeh T, Bouyeh M, Van den Hoven R, Seidavi A, Laudadio V, Tufarelli V, 2016. Effect of Dietary Dried Orange (*Citrus sinensis*) Peel Powder and Exogenous Multi-Enzymes on Growth and Carcass Traits and Heal Microflora of Broiler Chickens. *Pakistan Journal of Zoology*. 48(6), 1891-1897
- Alibaş İ, 2001. Bazı Sebze ve Meyvelerin Mikrodalga Işımlarla Kurutulmasında Kurutma Parametrelerinin Belirlenmesi. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Allaf T, Tomao V, Besombes C, Chemat F, 2013. Thermal and mechanical intensification of essential oil extraction from orange peel via instant autovaporization, *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 72: 24–30.
- Alzawqari MH, Al-Baddany AA, AlBaadani HH, Alhidary IA, Khan RU, Aqil GM, Abdurab A, 2016. Effect of feeding dried sweet orange (*Citrus sinensis*) peel and lemon grass (*Cymbopogon citratus*) leaves on growth performance, carcass traits, serum metabolites and antioxidant status in broiler during the finisher phase. *Environmental Science and Pollution Research*. 23(17), 17077-17082.
- Arslan D, Özcan MM, 2011. Dehydration of red bell-pepper (*Capsicum annuum L.*): Change in drying behavior, colour and antioxidant content. *Food and Bioproducts Processing*, 89(4): 504-513.
- Baini R, Langrish TAG, 2009. Assessment of colour development in dried bananas—measurements and implications for modelling. *Journal of Food Engineering*, 93(2): 177-182.
- Carranza-Concha J, Benlloch M, Camacho MM, Martínez-Navarrete N, 2012. Effects of drying and pretreatment on the nutritional and functional quality of raisins. *Food and Bioproducts Processing*, 90(2): 243-248.

- Cemeroğlu B, 2009. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi.1.Cilt. Kültür ve Turizm Bakanlığı Yayınları, Ankara, 2009.
- Chen ML, Yang DJ, Liu SC, 2011. Effects of drying temperature on the flavonoid, phenolic acid and antioxidative capacities of the methanol extract of citrus fruit (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) peels. International Journal of Food Science and Technology, 46(6), 1179-1185.
- Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee HB, Lee J, 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. Food chemistry, 99(2): 381-387.
- Contreras C, Martín-Esparza ME, Chiralt A, Martínez-Navarrete N, 2008. Influence of microwave application on convective drying: Effects on drying kinetics, and optical and mechanical properties of apple and strawberry. Journal of Food Engineering, 88(1):55-64.
- Demiray E, 2009. Kurutma İşleminde Domatesin Likopen,  $\beta$ -Karoten, Askorbik Asit ve Renk Değişim Kinetiğinin Belirlenmesi. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Demirel H, Demir MK, 2018. Farklı Turunçgillerden Elde Edilen Albedoların Bisküvi Üretiminde Kullanımı. Gıda 43(3): 501-511.
- Demirhan E, Özberk B, 2010. Microwave-drying characteristics of basil. Journal of Food Processing and Preservation, 34(3): 476-494.
- Dewanto V, Xianzhong W, Adom KK, Liu RH, 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50: 3010-3014.
- Dumbravă DG, Hădăruță NG, Hădăruță DI, Moldovan C, Raba D, 2010. Determination by RP-HPLC of  $\beta$ -carotene concentration from orange (*Citrus sinensis* L.) fruits peel extracts. Journal of Agro alimentary Processes and Technologies, 16(2): 242-246.
- Erbay B., Kıvrak E, Orhan H, Küçüköner E, 2009. Dondurarak kurutulmuş havuç dilimlerinin renk, rehidrasyon özellikleri ve bazı duyuşsal özellikleri üzerine farklı antioksidan çözeltilerin etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitü Dergisi, 13(3): 229-236.
- Erdem T, Karaaslan S, Öztekin S, Şahan Z, Çiftçi H, 2014. Microwave Drying of Orange Peels and Its Mathematical Models. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 10 (4): 329-333.
- Erdem T, Karaaslan S, Öztekin S, Şahan Z, Çiftçi H, 2014. Microwave Drying of Orange Peels as an Alternative Animal Feed and Its Mathematical Models. Journal of Agricultural, Machinery Science, 10(4), 329-333.
- Fakayode OA, Abobi KE, 2018. Optimization of oil and pectin extraction from orange (*Citrus sinensis*) peels: a response surface approach. Journal of Analytical Science and Technology, 9(20):1-16.
- Figiel A, 2009. Drying kinetics and quality of vacuum-microwave dehydrated garlic cloves and slices. Journal of Food Engineering, 94: 98-104.
- Francisco MLLD, Resurreccion AVA, 2009. Total phenolics and antioxidant capacity of heat-treated peanut skins. Journal of food composition and analysis, 22(1): 16-24.
- Ghanem N, Mihoubi D, Kechaou N, Mihoubi NB, 2012. Microwave dehydration of three citrus peel cultivars: Effect on water and oil retention capacities, color, shrinkage and total phenols content. Industrial Crops and Products, 40: 167-177.
- Giovanelli G, Zanoni B, Lavelli V, Nani R, 2002. Water sorption, drying and antioxidant properties of dried tomato products. Journal of Food Engineering, 52(2): 135-141.
- Giri SK, Prasad S, 2007. Drying kinetics and rehydration characteristics of microwave-vacuum and convective hot-air dried mushrooms. Journal of Food Engineering, 78: 512-521.
- Güzel M, Akpınar Ö, (2017). Turunçgil kabuklarının biyoaktif bileşenleri ve antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7(2): 153-167.
- Hashmi SH, Ghatge P, Machewad GM, Pawar S, 2012. Studies on extraction of essential oil and pectin from sweet orange. Journal of Food Processing & Technology (Open Access), 1(5):1-3.
- Horwitz W, 1980. AOAC (Association of Official Analytical Chemists), Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 13. Eddition, Washington DC: AOAC.

- İzli G, 2018. Effects of different drying applications on the some quality characteristics of pear fruit. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 6(4): 479-485.
- Kamiloğlu S, 2012. Effect of sun-drying on polyphenols and in vitro bioavailability of Sarılop and Bursa siyahi figs (*Ficus carica l.*). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Karaarslan M, Yıldırım A, Vardin H, 2013. Farklı Kurutma Teknikleri ve Ön İşlem Uygulamaları ile Kurutulmuş Soğanların Rehidrasyon Kapasitelerinin Artırılması. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 20(3):192-203.
- Karataş N, 2014. Farklı Kurutma Yöntemlerinin Bazı Kayısı Çeşitlerinin Kimyasal ve Fiziksel Özelliklerine Etkisi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmış).
- Koca N, Burdurlu HS, Karadeniz F, 2007. Kinetics of colour changes in dehydrated carrots. Journal of Food Engineering, 78(2): 449-455.
- Kodal SP, Aksu Z. (2017). Phenolic pigment extraction from orange peels: kinetic modeling. In 15th International Conference on Environmental Science and Technology. Rhodes, Greece, August, 31: 798-803.
- Kwok BHL, Hu C, Durance T, Kitts DD, 2004. Dehydration techniques affect phytochemical contents and free radical scavenging activities of Saskatoon berries (*Amelanchier alnifolia Nutt.*). Journal of Food Science, 69(3);122-126.
- Luterotti S, Kljak K, 2010. Spectrophotometric estimation of total carotenoids in cereal grain products. Acta Chimica Slovenica, 57:781-787.
- M'hiri N, Ioannou I, Mihoubi Boudhrioua N, Ghoul M, 2015. Effect of different operating conditions on the extraction of phenolic compounds in orange peel. Food and Bioproducts Processing, 96: 161–170.
- Manjarres-Pinzon K, Cortes-Rodriguez M, Rodríguez-Sandoval E, 2013. Effect of drying conditions on the physical properties of impregnated orange peel. Brazilian Journal Chemical Engineering, 30 (3):667 – 676.
- Maskan M, 2014. Microwave/air and microwave finish drying of banana. Journal of Food Engineering, 44: 71-78.
- Moreno G, Catalina D, Díaz-Moreno AC, 2017. Effect of air drying process on the physicochemical, antioxidant, and microstructural characteristics of tomato cv. Chonto. Agronomía Colombiana, 35(1): 100-106.
- Onwude DI, Hashim N, Janius R, Nawi NM, Ebdan K, 2016. Color Change Kinetics and Total Carotenoid Content of Pumpkin as Affected by Drying Temperature. Italian Journal of Food Science, 29(1).
- Onyenwoke CA, Ojo CC, Omodamiro RM, Egesi CN, Simonyan KJ, 2015. Effect of Drying Methods on Total Carotenoids Content Retention in Pro- Vitamin A High Quality Cassava Flour. Umudike Journal of Engineering and Technology, 1(2):1-9.
- Ötleş S, Atlı Y, 1997. Karotenoidlerin İnsan Sağlığı Açısından Önemi. Journal of Engineering Sciences, 3(1):249-254.
- Özgen F, 2014. Elma Kurutulmasında Kullanılan Konvektif Tip Bir Kurutma Sisteminin Tasarımı. Mühendis ve Makina, 55(656):42-49.
- Özsoy E, 2015. Mikrodalga Bantlı Kurutucuda Elma (Gala) Dilimlerinin Kuruma Davranışı. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, (Basılmış).
- Pandharipande S, Makode H, 2012. Separation Of Oil And Pectin From Orange Peel And Study Of Effect Of Ph Of Extracting Medium On The Yield Of Pectin. Journal of Engineering Research And Studies, 3(2): 6-9.
- Park JH, Lee M, Park E, 2014. Antioxidant Activity of Orange Flesh and Peel Extracted with Various Solvents. Prev. Nutrition and Food Science, 19(4):291-298.
- Pathare PB, Opara UL, Al-Said FAJ, 2013. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. Food and Bioprocess Technology, 6: 36-60.
- Polatçı H, Tarhan S, 2014. Farklı Kurutma Yöntemlerinin Reyhan (*Ocimum basilicum*) Bitkisinin Kuruma Süresine Ve Kalitesine Etkisi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 26(1): 61-70.
- Ponkham K, Meeso N, Soponronnarit S, Siriamornpun S, 2012. Modeling of combined far-infrared radiation and air drying of a ring shaped-pineapple with/without shrinkage. Food and Bioproducts Processing, 90:155-164.

- Ruíz Díaz G, Martínez-Monzó J, Fito P, Chiralt A, 2003. Modelling of dehydration-rehydration of orange slices in combined microwave/air drying. *Food Science & Emerging Technologies*, 4(2): 203-209.
- Sankalpa KB, Ramachandra CT, Udaykumar Nidoni, Sharanagouda Hiregoudar, Beladhadi RV, Dinesha BL, 2018. Drying characteristics of sweet orange peel. *International Journal of Science and Nature*, 9(2):171–175.
- Silva EM, Da Silva JS, Pena RS, Rogez H, 2011. A combined approach to optimize the drying process of flavonoid-rich leaves (*Inga edulis*) using experimental design and mathematical modelling. *Food and Bioproducts Processing*, 89: 39-46.
- Singleton VL, Rossi J, 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic. *American journal of Enology and Viticulture*, 16: 144-158.
- Sultana B, Anwar F, Ashraf M, Saari N, 2012. Effect of drying techniques on the total phenolic contents and antioxidant activity of selected fruits. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6 (1): 161-167.
- Şahin FH, 2010. Domates Kurutmada Farklı Yöntemlerin Karşılaştırılması. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmış).
- Takeoka GR, Dao L, Flessa S, Gillespie DM, Jewell WT, Huebner B, Ebeler SE, 2001. Processing effects on lycopene content and antioxidant activity of tomatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(8): 3713-3717.
- Talens C, Castro-Giraldez M, Fito PJ, 2016. A thermodynamic model for hot air microwave drying of orange peel. *Journal of Food Engineering*, 175, 33-42.
- Tamer C, 2017. Kurutmanın Portakal Kabuğunun Fiziksel Özelliklerine Etkileri. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, (Basılmış).
- Tasirin SM, Puspasari I, Sahalan AZ, Mokhtar M, Ghani MKA, Yaakob Z, 2014. Drying of citrus sinensis peels in an inert fluidized bed: kinetics, microbiological activity, vitamin C, and limonene determination. *Drying Technology*. 32(5), 497-508.
- TUİK, 2019. Erişim Tarihi: 01.10.2019.
- Vega-Gálvez A, Ah-Hen K, Chacana M, Vergara J, Martínez-Monzó J, García-Segovia P, Di Scala K, 2012. Effect of temperature and air velocity on drying kinetics, antioxidant capacity, total phenolic content, colour, texture and microstructure of apple (var. Granny Smith) slices. *Food Chemistry*, 132(1): 51-59.
- Vega-Gálvez A, Lemus-Mondaca R, Bilbao-Sainz C, Yagnam F, Rojas A, 2008. Mass transfer kinetics during convective drying of red pepper var. Hungarian (*Capsicum annuum L.*): mathematical modeling and evaluation of kinetic parameters. *Journal of food process engineering*, 31(1): 120-137.
- Wojdyło A, Figiel A, Oszmianski J, 2009. Effect of drying methods with the application of vacuum microwaves on the bioactive compounds, color, and antioxidant activity of strawberry fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(4): 1337-1343.
- Yaman K, 2012. Bitkisel Atıkların Değerlendirilmesi ve Ekonomik Önemi. Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, 12 (2): 339-348.
- Yoğurtçu H, 2014. Mikrodalga Fırında Limon Kurutma: Kinetiği ve Modellenmesi. *Journal of Engineering*, 26(1):27-33.



## Influence of Some Dairy Powders on the Qualitative Parameters of Bread

Mustafa Kürşat DEMİR<sup>1\*</sup>, Nilgün ERTAŞ<sup>1</sup>, Durmuş SERT<sup>1</sup>

**ABSTRACT:** Bread, is one of the basic nutrients of Turkish people, is one of the first in providing energy, although it is rich in carbohydrate, and not sufficient in terms of protein, vitamins and minerals, it is suitable for enriching with natural additives. Dairy powder as skim milk powder, yogurt powder, buttermilk powder, colostrum powder, whey protein concentrate powder and lactose powder are obtained by spray drying of some dairy products. The target of this study is to enrich the bread samples with dairy powders and increase the usage of by-products in food systems. For this purpose, different dairy powder (skim milk powder (SMP), butter milk powder (BMP), yoghurt powder (YP), colostrum powder (CP), whey powder (WP) and lactose (L) were used in bread formulations (3%). AACC Method 10.10 was used in bread making with some modifications. Bread volume, weight, specific volume, texture, porosity, symmetry, firmness (after 24 and 72 hours), crust and crumb color properties of the breads and rheological properties (extensograph) of dough samples were investigated. Bread weight, volume, specific volume, texture, firmness ( $P<0.01$ ), symmetry and porosity ( $P<0.05$ ) values were statistically effected by the powder types. While the highest bread volume value was determined with CP, dairy powder addition gave lower bread volume values compared to control bread sample. Besides, CP addition gave desirable bread properties (darker crust color and softer crumb texture). According to rheological properties, the highest resistance to extension and energy values of dough samples was determined with YP addition, while CP addition gave the highest maximum extensibility values. As a consequence, dairy powder form could be used in bread formulations and further studies on dairy by-products usage are recommended.

**Keywords:** Dairy by-products, Colostrum powder, Yoghurt powder, Butter milk powder, Whey powder, Lactose, Bread.

<sup>1</sup> Mustafa Kürşat DEMİR (Orcid ID:0000-0002-4706-4170), Nilgün ERTAŞ (Orcid ID: 0000-0002-0671-2485), Durmuş SERT (Orcid ID: 0000-0002-4073-0468), Necmettin Erbakan Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Meram, Konya, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: M. Kürşat DEMİR, e-mail: mkdemir@erbakan.edu.tr

## INTRODUCTION

Cereal products are the basic nutrient group of the society and they are important part of healthy nutrition since they contain significant nutrients (Demir and Elgün, 2014). Bread does not adequately meet the requirements for many macro or micronutrients (Skrbic and Filipcev, 2008; Demir and Elgün, 2014), therefore researchers explore the utilization of different ingredients and by-products in bread to improve the nutritional and functional properties of bread. In recent years, with the addition of dietary fiber and natural components that have antimicrobial and antioxidant properties, functional of products features are being developed in bakery products industry (Acun and Gül 2014; Gül and Şen, 2017).

Once upon a time, leavened breads that once did not contain any additives other than flour, water and salt, but nowadays, lots of food additives are used in the baking industry (Ribotta, 2001). In recent years, natural additives using is gaining popularity among the consumers as they are becoming more conscious about their diet and health (Asghar et al., 2011). Most bakery products can be easily enriched and supplemented with proteins, minerals and various vitamins at low cost (Indrani et al., 2007). Dairy ingredients and by-products are used in bakery products in various forms to improve their nutritional properties by increasing calcium and protein content and functional properties such as improvement of color, flavor and texture. Especially, lysine, methionine and tryptophan that are essential amino acids increase (Bilgin et al., 2006; Kenny et al., 2000). Dairy by-products affect texture, flavor and color of foods directly (Jacobson, 1997; Kinsella and Morr, 1984). Dairy powders are also good supplement in gluten-free bread formulations and addition of dairy powders resulted in improved volume, good appearance and sensory aspects of the loaves (Gallagher et al., 2003b, Nunes et al., 2009). Using dairy by-products in bakery products, browning reactions occurs giving the wide variety of potential flavours and stability as well as color. Browning is mainly a sugar–aminoacid interaction (Maillard-type reaction), forming brown polymers or melanoidins, during long-term (or very high temperatures) heating of a foodstuff, giving the cooked food its brown colouration (Huyghebaert, 1984; Gallagher et al., 2005). The dairy powders are perfect solution to those who lack immediate access to adequate refrigeration facilities. Dairy powders are produced by extracting water or fat from milk. The aim of converting milk into dairy powders is to convert the raw material to a product that can be stored without substantial loss of quality (Kalyankar et al., 2016).

In this study, the effects of addition colostrum powder (CP), butter milk powder (BMP), skim milk powder (SMP), yoghurt powder (YP), whey powder (WP), lactose (L) on rheological properties of dough and some external and internal properties of bread and possible usage of these products in bakery were investigated.

## MATERIALS AND METHODS

### Materials

Wheat flour, salt, baker's yeast, dairy ingredients and water were incorporated in to the formulation. The wheat flour was obtained from Hekimoğlu Un A.Ş., Konya, Turkey. Baker's yeast and refined salt were purchased from a local market, and the dairy ingredients such as CP (Colostrum powder), SMP (Skim milk powder), YP (Yoghurt powder), BMP (Butter milk powder), L (Lactose) and WP (Whey powder) were provided by a local dairy.

### Methods

Bread ingredients were included 3.0 % yeast, 1.5.0 % salt, 3.0 % dairy powder ingredients (all based on % of flour weight). Amount of water to be added was calculated as farinograph water absorption. All the ingredients were kneading using a Hobart mixer for 5 min. Shaping the kneaded

dough for 30 minutes at 85% relative humidity and left to fermentation. Modified straight dough process (AACC 10-10B) was used (bulk fermentation: 30 + 30 min, proofing: 60 min) by bread making procedure (AACC, 1990). After that bread dough's were baked in an oven (Arçelik ARMD-580 oven, İstanbul, Turkey) for 25 min at  $235 \pm 2$  °C.

The bread samples were standed and cooled at room temperature then stored in polyethylene bags until analysed. The quality properties of bread samples (loaf weight and volume) were measured immediately after 1 hour of fresh from the oven. Bread volume will be determined on the basis of displacement with rapeseed. Specific volume values ( $\text{cc g}^{-1}$ ) were calculated as dividing the volume by weight of bread samples (AACC, 1990). Lightness, redness and yellowness values of crust and crumb color of the bread samples were measured with chromameter (Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japan) as suggested by Francis (1998).

The crumb firmness of bread samples were measured with Test Instrument of Biological Materials at the 24<sup>th</sup> and 72<sup>nd</sup> hours after baking in  $\text{Newton cm}^{-2}$  by texture analyzer using the method of Aydın and Öğüt (1991). In this system sliced bread samples were placed on the movable bottom platform, and were compressed against the stationary platform. The process was carried out at a loading speed of 50 mm / min.

Sensory properties such as symmetry, porosity and texture were achieved after 24 hours. Sensorial characteristics (texture, symmetry and porosity) of bread samples were rated on a 1–10 scale, 5 being the most desirable. Effect of addition dairy products at 3 % level on bread dough were measured by a Brabender extensograph (Brabender/ E model, Duisbug, Germany) using AACC 54-10 methods (AACC, 1990).

### Statistical Analysis

Results of this study were performed with TARIST software program by one way analysis of variance. Statistically different means were compared using Duncan's multiple range tests, and a significant level of  $P < 0.05$  was used.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Bread Properties

Data for the effects of dairy powders on bread properties are presented in Table 1. Bread weight, volume, specific volume, texture, firmness ( $P < 0.01$ ), symmetry and porosity ( $P < 0.05$ ) values were statistically effected by the powder types.

Among the different dairy powder types, colostrum powder showed the lowest effect on bread weight. Breads with added SMP and BMP had significantly lower bread volumes than the other dairy powders. This similar effect has been reported before (Srivastava and Haridas Rao, 1993). Also, Sert et al. (2016) stated that BMP (56.3%) and SMP (55.5%) gave higher lactose content compared to other dairy powders and the lowest lactose content was also found in colostrum powder (16.1%). High lactose content inhibits yeast activity. Therefore, low volume values might be due to the high lactose content of SMP and BMP. The highest bread volume was obtained with the colostrum powder addition. Colostrum powder has lower lactose content and higher fat and ash content than BMP, SMP and YP (Sert et al., 2016). Colostrum powder with high mineral content positively affected bread yeast activity compared to other powders. Elgün and Ertugay, (1995) stated that high fat content has shown shortening effect and high mineral content improved the bread yeast activity. Also, Gallagher et al. (2003a), Erdogdu-Arnoczky et al. (1996), Gelinas et al. (1995) Kadharmestan et al. (1998), Kenny et al. (2001) and Axford et al. (1968) reported that the dairy powders (i.e. skim milk powder, sodium caseinate) reduces the loaf volume because of the high protein content. Because, dough slackening and volume-depressing

effects with dairy fractions have been reported frequently. Such fractions include whey proteins (powders or concentrates), casein, and lactose (Erdogdu- Arnoczky et al. 1996).

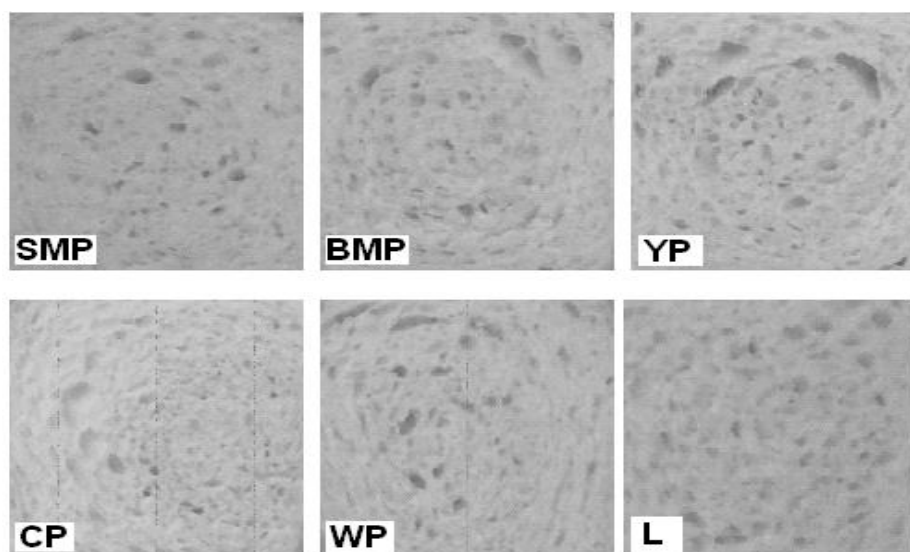
**Table 1.** Effects of dairy powders on bread properties<sup>1</sup>

Samples <sup>2</sup>	Weight (g)	Volume (ml)	Specific volume (ml g <sup>-1</sup> )	Texture (1-10)	Symmetry (1-10)	Porosity (1-10)	Firmness (Newton)	
							1. day	3. day
SMP	158.5 a **	570.0 cd **	3.6 c **	6.8 bc **	8.3 a *	7.0 bc *	30.9 a **	45.8 b **
BMP	154.5 b **	552.5 d **	3.6 c **	6.0 c **	8.0 a *	7.5 b *	29.0 a **	49.1 a **
YP	149.2 de **	637.5 b **	4.3 b **	7.5 ab **	7.8 ab *	7.5 b *	24.3 b **	43.5 b **
CP	148.3 e **	732.5 a **	5.0 a **	7.8 a **	7.0 c *	8.3 a *	14.7 c **	31.1 d **
WP	151.3 cd **	617.5 bc **	4.1 b **	7.5 ab **	7.3 bc *	7.3 bc *	27.8 ab **	45.3 b **
L	152.4 bc **	642.5 b **	4.2 b **	7.5 ab **	6.8 c *	6.8 c *	24.6 b **	39.3 c **

<sup>1</sup> The mean values with different superscript letters in a column are significantly different (P<0.01).

<sup>2</sup> SMP: Skim milk powder, BMP: Butter milk powder, YP: Yoghurt powder, CP: Colostrum powder, WP: Whey powder, L: Lactose  
\* P<0.05, \*\* P<0.01, ns= not significant

The specific loaf volume was 5.0 ml g<sup>-1</sup> for CP bread. CP addition in bread making gave the highest specific loaf volume. That whey proteins cause the greatest increase in the specific volume of breads has been reported by Nunes et al. (2009). Plessas et al. (2005), reported that the kefir breads had lower specific volumes. In addition, the highest texture values were obtained with addition of CP in breads. Symmetry values ranged 6.8 to 8.3 for bread with addition different dairy powders. Skim milk powder was found to cause an increase in the symmetry of breads. Figure 1 shows the porosity of breads with addition of dairy powders. The important physicochemical parameter, as indicator of bread quality is the porosity of the crumb. The porosity increased in the case of CP addition. The addition of CP resulted a decrease in the bread firmness, the increase in bread firmness with addition CP might be due to reduction in bread volume. There was a negative correlation between loaf volume and crumb hardness (Singh et al., 2003; Gallagher et al., 2003b). Gallagher et al. (2003b) reported that crust hardness was not affected by the addition of dairy powder and remained softer than the control samples.



**Figure 1** Sample images (photo/8 megapixel) of breads. SMP: Skim milk powder, BMP: Butter milk powder, YP: Yoghurt powder, CP: Colostrum powder, WP: Whey powder, L: Lactose

### Crust and Crumb Color

Table 2 provides information on the crust and crumb color of the breads. The  $L^*$  scale gives and ranges from 0 black to 100 white; darkness to lightness. The  $L^*$  values of crust color ranged from 52.84 to 68.28. The SMP breads showed the highest crust  $L^*$  values and CP breads had the lowest. CP addition gave the darker crust color. Gallagher et al. (2003b) reported that dairy powders gave the darker bread color. These darker colors may be due to the Maillard browning and caramelisation.  $a^*$  values of crust color ranged from 3.22 to 13.72. YP resulted in a redder color for the crust. The lowest  $a^*$  values was observed for the crust of the SMP bread. The  $b^*$  values of crust was highest for CP bread compared to that of the lowest  $b^*$  values were observed for the crust of the L and SMP breads. The crumb color of bread with addition different dairy powder ranged from 67.90 to 74.75.

Among the different dairy powders, YP resulted in a lighter and SMP resulted in a darker color for the crumb. These results agreed with the previous study of Gallagher et al. (2003b). The addition of CP decreased the  $b^*$  values of crumb by descriptively.

### Extensograph Properties

The effect of dairy powders on the extensograph properties are shown in Table 3. Resistance to extension values of dough samples enriched with dairy powders at 135 min were varied between 626 and 806 BU, and the highest resistance to extension value was determined with yoghurt powder. The use of colostrum powder increased the extensibility value (147 mm) more than other dairy powders. Also colostrum powder gave the highest bread volume. Şahin et al., (2013) stated that among the extensograph features, only the correlation between extensograph elasticity and bread volume was found significant. The lowest ratio of resistance to extension to extensibility value was obtained with colostrum powder that indicating the high extensibility of the dough.

**Table 2.** Effect of dairy powders on crumb and crust color of bread samples<sup>1</sup>

Samples <sup>2</sup>	Crust			Crumb		
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$L^*$	$a^*$	$b^*$
SMP	68.28 <sup>a**</sup>	3.22 <sup>d**</sup>	29.37 <sup>bc**</sup>	67.90 <sup>d**</sup>	-2.57 <sup>ns</sup>	18.59 <sup>ns</sup>
BMP	63.99 <sup>b**</sup>	9.47 <sup>c**</sup>	30.91 <sup>b**</sup>	71.62 <sup>bc**</sup>	-2.65 <sup>ns</sup>	18.46 <sup>ns</sup>
YP	52.84 <sup>d**</sup>	13.72 <sup>a**</sup>	28.50 <sup>c**</sup>	74.75 <sup>a**</sup>	-2.67 <sup>ns</sup>	18.22 <sup>ns</sup>
CP	58.59 <sup>c**</sup>	11.64 <sup>b**</sup>	33.78 <sup>a**</sup>	74.49 <sup>ab**</sup>	-2.59 <sup>ns</sup>	17.35 <sup>ns</sup>
WP	57.02 <sup>c**</sup>	12.92 <sup>ab**</sup>	30.88 <sup>b**</sup>	70.99 <sup>c**</sup>	-2.46 <sup>ns</sup>	18.36 <sup>ns</sup>
L	57.27 <sup>c**</sup>	12.32 <sup>ab**</sup>	29.58 <sup>bc**</sup>	71.88 <sup>abc**</sup>	-2.51 <sup>ns</sup>	17.68 <sup>ns</sup>

<sup>1</sup> The mean values with different superscript letters in a column are significantly different ( $P < 0.01$ ).

<sup>2</sup> SMP: Skim milk powder, BMP: Butter milk powder, YP: Yoghurt powder, CP: Colostrum powder, WP: Whey powder, L: Lactose

\*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$ , ns= not significant

Fig 2 shows the effects of dairy ingredients in bread dough on resistance to extension measured with the extensograph. Concerning  $R_{max}$ , YP addition promoted the highest increase (976 BU). This is agreement with data given by Bilgin et al. (2006). Baking performance takes important role to predict resistance to extension and extensibility (Anderssen et al., 2004). As a good determinant of flour strength and bread properties, energy value, significantly affected by the addition dairy powders.

Fig 3 shows the effects of dairy ingredients on energy values which measured with the extensograph. YP addition gave the highest energy values. As observed by Bilgin et al. (2006), BMP addition gave the highest energy values. The increase in  $R_{max}$  and energy values due to the better disulfide linkages of dairy products. There was an increase in dough extensibility with the addition of



CP and the lowest extensibility value was obtained from the dough in which WP was added. Zadow (1981) have found that addition of WPC (whey protein concentrate) in bread formulation caused weaker and less elastic dough.

**Table 3.** Effects of dairy powders on extensograph measurements<sup>1</sup>

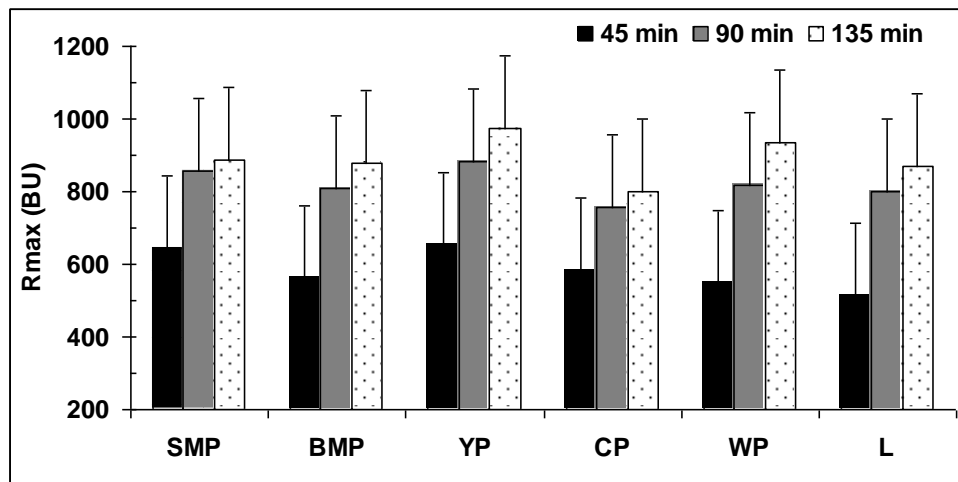
Doughs <sup>2</sup>	R (BU)			Extensibility (Ext.) (mm)			R Ext. <sup>-</sup>		
	45	90	135	45	90	135	45	90	135
SMP	479 b***	658 b***	703 c***	144 b**	128 c**	123 b***	3.4 a***	5.2 ab***	5.8 bc***
BMP	423 c***	652 b***	700 c***	151 b**	138 ab**	125 b***	2.9 b***	4.7 b***	5.6 c***
YP	510 a***	714 a***	806 a***	141 b**	129 c**	126 b***	3.6 a***	5.6 a***	6.4 a***
CP	406 d***	542 d***	626 d***	162 a**	142 a**	147 a***	2.5 b***	3.8 c***	4.3 d***
WP	398 d***	627 c***	746 b***	143 b**	131 bc**	117 b***	2.8 b***	4.8 b***	6.4 a***
L	399 d***	643 bc***	721 c***	144 b**	132 bc**	118 b***	2.8 b***	4.9 b***	6.2 ab***

<sup>1</sup> The mean values with different superscript letters in a column are significantly different (P<0.01).

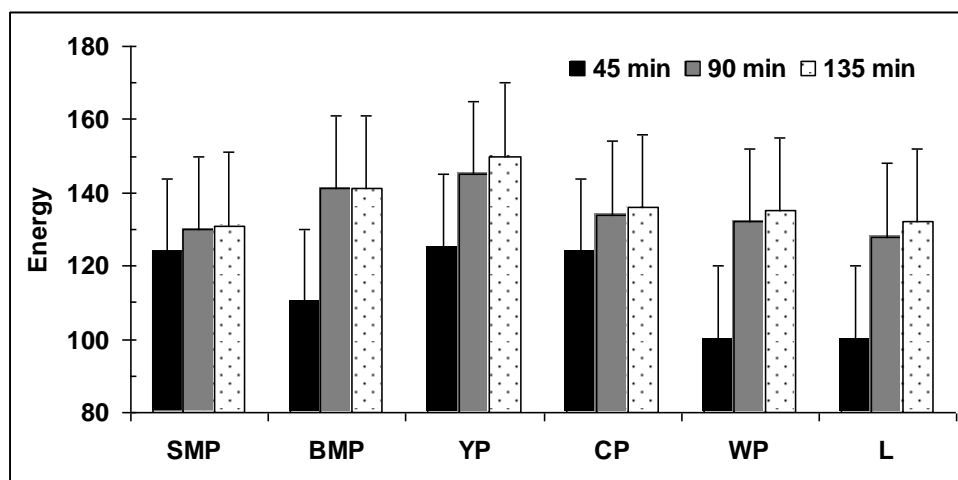
<sup>2</sup> SMP: Skim milk powder, BMP: Butter milk powder, YP: Yoghurt powder, CP: Colostrum powder, WP: Whey powder, L: Lactose

<sup>3</sup> Min: Minute

\* P<0.05, \*\* P<0.01, \*\*\* P<0.001, ns: not significant



**Figure 2.** Effects of dairy ingredients on resistance to extension measured with the extensograph. SMP: Skim milk powder, BMP: Butter milk powder, YP: Yoghurt powder, CP: Colostrum powder, WP: Whey powder, L: Lactose



**Figure 3.** Effects of dairy ingredients on bread dough energy (cm<sup>2</sup>) measured with the extensograph. SMP: Skim milk powder, BMP: Butter milk powder, YP: Yoghurt powder, CP: Colostrum powder, WP: Whey powder, L: Lactose

## CONCLUSION

Overall, it was found that the addition of colostrum powder improves the lowest bread weight, bread volume and specific volume, and good texture and porosity. The addition of skim milk powder resulted in increased bread symmetry. 1. and 3. day firmness of bread samples were significantly decreased, while colostrum was added in bread formulation. The study of rheological properties of bread dough showed that yoghurt powder gave the highest resistance to extension and energy values. The maximum extensibility values were obtained with colostrum powder. As a result of this study, colostrum powder could be good additive for bread formulations to improve bread quality parameters due to its functional properties.

## REFERENCES

- AACC, 1990. American Association of Cereal Chemists, Approved methods of the AACC: 8th ed., The association:St. Poul, MN.
- Acun S, Gül H, 2014. Effects of grape pomace and grape seed flours on cookie quality. *Quality Assurance and Safety of Crops and Foods*, 6(1): 81-88.
- Anderssen RS, Bekes F, Gras WP, Nikolow A, Wood TJ, 2004. Wheat-flour dough extensibility as a discriminator for wheat varieties. *Journal of Cereal Science*, 39(2): 195-203.
- Asghar A, Anjum FM, Allen JC, 2011. Utilization of dairy byproduct proteins, surfactants, and enzymes in frozen dough. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51(4): 374-382.
- Axford DWE, Colwell KH, Confor SJ, Elton GAH, 1968. Effect of loaf specific volume on the rate and extent of staling in bread. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 19(2): 95-101.
- Aydın C, Ögüt H, 1991. Determination of some biological properties of Amasya apple and hazelnuts. *Selçuk University Agriculture Faculty Journal*, 1: 45- 54.
- Bilgin B, Dağlıoğlu O, Konyalı M, 2006. Functionality of bread made with pasteurized whey and/or buttermilk. *Italian Journal of Food Science*, 18(3): 277-286.
- Demir MK, Elgün A, 2014. Comparison of autoclave, microwave, IR and UV-C stabilization of whole wheat flour branny fractions upon the nutritional properties of whole wheat bread. *Journal of Food Science and Technology*, 51(1): 59-66.
- Elgün A, Ertugay Z, 1995. Tahıl İşleme Teknolojisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, no:718), Erzurum. Türkiye.
- Erdogdu-Arnoczky N, Czuchajowska Z, Pomeranz Y, 1996. Functionality of whey and casein in fermentation and in breadbaking by fixed and optimized procedures. *Cereal Chemistry*, 73(3): 309-316.
- Francis FJ, 1998. *Colour Analysis*, ed: Nielsen S.S.,An Aspen Publishers: Maryland, Gaithersburg, USA., p:599-612.
- Gallagher E, Gormley TR, Arendt EK, 2003a. Crust and crumb characteristics of gluten free breads. *Journal of Food Engineering* 56 (2-3): 153-161.
- Gallagher E, Kenny S, Arendt EK, 2005. Impact of dairy protein powders on biscuit quality. *European Food Research and Technology*, 221(3-4): 237-243.
- Gallagher E, Kunkel A, Gormley TR, Arendt EK, 2003b. The effect of dairy and rice powder addition on loaf and crumb characteristics, and on shelf life (intermediate and long-term) of gluten-free breads stored in a modified atmosphere. *European Food Research and Technology*, 218(1): 44-48.
- Gelinas P, Audet J, Lachance O, Vachon M, 1995. Fermented dairy ingredients for bread: effects on dough rheology and bread characteristics. *Cereal Chemistry*, 72(2): 151-154.
- Gül H, Şen H, 2017. Effects of pomegranate seed flour on dough rheology and bread quality. *CyTA-Journal of Food*, 15(4): 622-628.
- Huyghebaert A, 1984. Applications in confectionery and bakery products: Milk Protein. In *Proceedings of the International Congress on milk proteins*, Luxemburg, 1984, pp. 217–223.

- Indrani D, Prabhasankar P, Rajiv J, Venkateswara Rao GV, 2007. Influence of whey protein concentrate on rheological characteristics of dough, microstructure and quality of unleavened flat bread (parotta). *Food Research International* 40 (10): 1254-1260.
- Jacobson KA, 1997. Whey protein concentrates as functional ingredients in baked goods. *Cereal Foods World*, 42(3): 138-141.
- Kadharmestan C, Baik BK, Czuchajowska Z, 1998. Whey protein concentrate treated with heat or high hydrostatic pressure in wheat-based products. *Cereal Chemistry*, 75(5): 762-766.
- Kalyankar SD, Deshmukh MA, Chopde SS, Khedkar CD, Lule VK, Deosarkar SS, 2016. Milk Powder. In: Caballero B, Finglas P, Toldrá F. (eds.) *The Encyclopedia of Food and Health*, Oxford Academic Press, pp. 724- 728.
- Kenny S, Wehrle K, Stanton C, Arendt EK, 2000. Incorporation of dairy ingredients into wheat bread: effects on dough rheology and bread quality. *European Food Research and Technology*, 210(6), 391-396.
- Kenny S, Wehrle K, Auty M, Arendt EK, 2001. Influence of sodium caseinate and whey protein on baking properties and rheology of frozen dough. *Cereal Chemistry*, 78(4): 458-463.
- Kinsella JE, Morr CV, 1984. Milk proteins: physicochemical and functional properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 21(3): 197-262.
- Nunes MHB, Ryan LAM, Arendt EK, 2009. Effect of low lactose dairy powder addition on the properties of gluten-free batters and bread quality. *European Food Research and Technology*, 229(1), 31-41.
- Plessas S, Pherson L, Bekatorou A, Nigam P, Koutinas AA, 2005. Bread making using kefir grains as baker's yeast. *Food Chemistry*, 93(4): 585-589.
- Ribotta PD, León AE, Añón MC, 2001. Effect of freezing and frozen storage of doughs on bread quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(2): 913-918.
- Sert D, Demir MK, Ertaş N, 2016. Rheological, physical and sensorial evaluation of cookies supplemented with dairy powders. *Food Science and Technology International*, 22(3): 196-202.
- Singh N, Bajaj IK, Singh RP, Gujral HS, 2003. Effect of different additives on mixograph and bread making properties of Indian wheat flour. *Journal of Food Engineering* 56(1): 89-95.
- Škrbić B, Filipčev B, 2008. Nutritional and sensory evaluation of wheat breads supplemented with oleic-rich sunflower seed. *Food Chemistry*, 108(1): 119-129.
- Srivastava AK, Haridas Rao P, 1993. Effect of using different sources of milk products on the quality of bread. *Journal of Food Science and Technology*, 30(2): 109-113.
- Şahin M, Göçmen Akçacık A, Aydoğan S, Demir B, Önmez H, Taner S, 2013. Ekmeklik buğday ununda ekmek hacmi ile bazı fizikokimyasal ve reolojik özellikler arasındaki ilişkilerin tespiti. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 22(1): 13-19
- Zadow JG, 1981. Measurement of the effect of whey protein concentrates on fermenting doughs by the Instron Tester. *Australian Journal of Dairy Technology*, 36(2), 56-59.

**Sivas İlinde Üretilen Peskütan Yoğurdunun Mikrobiyolojik Kalitesinin Değerlendirilmesi**Emine DİNÇER<sup>1\*</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada geleneksel yöntemler ile üretilen, konsantre bir yoğurt çeşidi olan ve Sivas bölgesinde halk pazarlarında satışa sunulan peskütan yoğurdunun mikrobiyolojik kalitesi değerlendirilmiştir. Bu amaçla Sivas merkez ve ilçelerinden 30 adet peskütan örneği toplanmış ve Uluslararası Standartlar Teşkilatı (ISO) yöntemlerine göre mikrobiyolojik analizler gerçekleştirilmiştir. Analizler toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB), maya-küf, koliform grubu bakteri, *Escherichia coli* ve koagülaz pozitif stafilocok sayımlarını içermektedir. Bu bakteriyel grupların yanı sıra, örneklerde patojen bakterilerden *Listeria monocytogenes* ve *Salmonella* spp. tayini yapılmıştır. Analizler sonucunda örneklerde TAMB ve maya-küf sayısı sırasıyla  $6.74 \pm 0.66$  ve  $7.11 \pm 1.10$  log kob g<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Örneklerin hiçbirinde koliform grubu bakteri, *E. coli*, *Salmonella* spp. ve *L. monocytogenes* saptanmamıştır. Stafilocokların sayımında ise, 30 örneğin 19'unda *Staphylococcus* spp. varlığı tespit edilmiş fakat hiçbirisi koagülaz pozitif *S. aureus* olarak tanımlanmamıştır. Elde edilen sonuçlar peskütan örneklerinde patojen mikroorganizmaların ya da fekal kontaminasyonun olmadığını işaret etmektedir. Bununla birlikte peskütan örneklerindeki TAMB ve maya-küf sayılarının yüksek oluşu; üretim, depolama veya pazarlama aşamalarında hijyenik koşulların yeterince sağlanamadığının göstergesi olabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Peskütan, yoğurt, mikrobiyel kalite, ISO standart yöntemleri, Türk Gıda Kodeksi

**Evaluation of Microbial Quality of Peskütan Yoghurt Produced in Sivas Province**

**ABSTRACT:** In this study, microbial quality of the peskütan yoghurt which is a concentrated yoghurt type produced by traditional methods and sold in Sivas province public markets was assessed. For this purpose, 30 peskütan samples were collected from Sivas center and districts and microbiological analysis were performed according to the International Organization for Standardization (ISO) methods. The analysis aerobic bacteria (TAMB), yeast-mould, coliform group bacteria, *Escherichia coli* and coagulase-positive Staphylococci counts. Besides these bacterial groups, *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* spp. were also counted in samples. As a result of the analysis, TAMB and yeast-mould counts in the samples were found  $6.74 \pm 0.66$  and  $7.11 \pm 1.10$  log kob g<sup>-1</sup> respectively. In none of the samples, coliform group bacteria, *E. coli*, *Salmonella* spp. and *L. monocytogenes* species were not detected. In the counting of Staphylococci, 19 of the 30 samples were determined as *Staphylococcus* spp. but none of them were identified as coagulase positive *S. aureus*. The results obtained indicate that there are no pathogenic microorganisms or fecal contamination in the peskütan samples. However, the high number of TAMB and yeast-mold in peskütan samples may indicate that hygienic conditions are not sufficiently at the production, storage or marketing stages.

**Keywords:** Peskütan, yoghurt, microbial quality, ISO standard methods, Turkish Food Codex

<sup>1</sup> Emine DİNÇER (Orcid ID: 0000-0002-6361-4419), Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Sivas, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Emine DİNÇER, e-mail: edincer@cumhuriyet.edu.tr

Geliş tarihi / Received: 28-02-2020

Kabul tarihi / Accepted: 14-07-2020

## GİRİŞ

Tüketime sunulan gıdaların fiziksel, kimyasal ve biyolojik açıdan ortaya çıkabilecek her türlü riskten arındırılması için alınacak önlemleri ve yapılması gerekli tüm işlemleri ifade eden gıda güvenliği kavramı insanoğlunun yaşamsal ihtiyaçlarından biri olan beslenmenin en temel konuları arasında yer almaktadır. Gıdaların biyolojik açıdan güvenliği ise mikroorganizmaların gıdalardaki varlığını ve insan sağlığı üzerindeki etkilerini kapsamaktadır. Kısacası biyolojik güvenilirlik, gıdaların mikrobiyolojik kriterler açısından değerlendirilmesi ile belirlenmektedir. Avrupa Birliği No 2073/2005 “Gıda Maddeleri İçin Mikrobiyolojik Kriterler” düzenlemesi mikrobiyolojik kriteri; mikroorganizmaların varlığına, yokluğuna, sayısına ya da mikroorganizmaların ürettiği toksinlerin/metabolitlerin kütle veya hacimdeki miktarına bağlı olarak bir ürünün kabul edilebilirliğini belirleyen kriterler şeklinde tanımlanmaktadır (EC, 2005; Özbek ve Fidan, 2010). Gıda güvenliği ile ilgili uygulanan standartlar ülkelere göre değişmekle birlikte, genel olarak dünya çapında kabul görmüş gıda güvenliği yönetim sistemleri dikkate alınarak düzenlenmekte ve birbirleri ile benzerlik göstermektedir. Mikrobiyolojik kriterler açısından farklı ülkeler kendi yasal düzenlemelerine göre farklı yöntemleri tercih edebilmektedirler. Örneğin Avrupa Birliği ülkeleri, Avrupa Standartlar Komitesi (CEN) tarafından onaylanmış, modifiye edilmiş ISO metotlarını, Amerika Birleşik Devletleri ise Amerika Gıda ve İlaç İdaresi - Bakteriyolojik Analitik Kılavuzu tarafından onaylanmış metotları tercih etmektedir. Ülkemizde Türk Standartları Enstitüsü (TSE), ISO yöntemlerinin kullanımını önermektedir. Yöntemsel farklılıkları olmakla birlikte günümüzde kültüre bağlı klasik yöntemler halen en güvenilir yöntemler olarak kabul edilmekte ve tüm ülkelerde yasal düzenlemelerde gıda kökenli patojenlerin tayini ve sayımı için kullanılmaktadır. Bu yöntemlerde, alınan örnek uygun koşullar altında genellikle de buzdolabı sıcaklığında laboratuvar ortamına getirildikten sonra, 25 gram örnek aseptik koşullarda tartılarak seyreltilmesinin yapılacağı dilüsyon sıvısına/besiyerine eklenmektedir. Örneklemeden sonra hedef mikroorganizmanın izolasyonu için (organizmaya bağlı olarak değişiklikler olmakla birlikte) gereken protokoller temelde hasarlı hücrelerin iyileştirilmesi için ön zenginleştirme, diğer mikroorganizmaların gelişimini baskılamak ve hedef organizmayı çoğaltmak için zenginleştirme, seçici ya da yarı seçici bir agar ortamında hedef mikroorganizmanın sayımı ve saflaştırılması basamaklarını içermektedir (Özbek ve Fidan, 2010; Yeni ve ark., 2014).

Ülkemizde tüketime sunulan gıdalarla ilgili Türk Gıda Kodeksi (TGK) kapsamında mikrobiyolojik kriterler açısından yasal düzenlemeler yapılmakta ve bilimsel gelişmeler ışığında bu düzenlemeler revize edilmektedir. Yapılan yasal düzenlemeler gıda örneklerinin alınması ve analizlerin yapılmasıyla ilgili olarak uluslararası kabul görmüş metotların kullanımı konusunda açıktır. Günümüzde, 29/12/2011 tarih ve 28157 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren “Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği” geçerliliğini korumaktadır. Ayrıca ülkemizde et ve et ürünleri, süt ve süt ürünleri, balıkçılık ürünleri gibi farklı gıda sınıfları için düzenlenmiş spesifik mevzuatlar da mevcuttur. İnsan beslenmesinin vazgeçilmez öğelerinden biri olan süt ve süt ürünlerine ilişkin olarak 16/2/2009 tarih ve 27143 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren “Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği” kullanılmaktadır. Tebliğ kapsamında yoğurt çeşitleri de dâhil olmak üzere fermente süt ürünlerine ait çeşitli mikrobiyolojik limitler bildirilmiştir (Anonim, 2009; 2011).

Dünyadaki en eski ve en popüler süt ürünlerinden birisi olan yoğurdun, sütün hayvan derisinden veya bağırsağından yapılan keseler içerisinde saklanması sırasında ekşimesi ve pıhtılaşması sonucu keşfedildiği düşünülmektedir. Türk mutfağının vazgeçilmez bir parçası olan yoğurdun tarihçesi incelendiğinde net bir zaman dilimi verilememektedir. Ancak ilk kez Orta Asya’daki göçebe Türk toplulukları tarafından kullanıldığı düşünülmektedir. 11.yüzyılda yazılan Kâşgarlı Mahmud’un Divanü-



Lügati't Türk ve Yûsuf Has Hâcib'in Kutadgu Bilig eserlerinde Orta çağ'da Türklerin yoğurt tüketimine dair bilgiler bulunmaktadır. Yoğurt; protein, kalsiyum, potasyum, fosfor, D vitamini, riboflavin, B6 - B2 ve B12 vitaminleri bakımından zengindir. Laktoz intoleransı olan bireyler tarafından da tüketime uygundur. Güncel çalışmalar kardiyovasküler hastalıklardan kanser çeşitlerine kadar pek çok hastalıkla mücadelede yoğurt tüketiminin olumlu etkilerini bildirmektedir. Ülkemizde geleneksel olarak çok uzun zamandır, Avrupa'da 20.yüzyılın başlarından itibaren, Amerika'da ise son 70 yıldır tüketilen yoğurdun popülaritesi dünya çapında artmaktadır (Fisberg ve Machado, 2015; Gezginc ve Akbay, 2015; Kızılaslan ve Solak, 2016; Köse, 2018). Ulusal Süt Konseyi'nin "Dünya ve Türkiye'de Süt Sektör İstatistikleri 2018 Süt Raporu" Türkiye'de yoğurt tüketiminin oldukça yaygın olduğuna vurgu yapmaktadır. Raporla 'sanayiye aktarılan inek sütünün, içme sütünden sonra en çok işlendiği ürün olan yoğurt ve ayranın üretim miktarlarının her yıl artış gösterdiği' ifadesi yer almakta ve ulusal çapta yoğurt üretiminin 2018 yılında bir önceki yıla kıyasla %2.2 oranında artarak 1.19 milyon tona ulaştığı da bildirilmektedir (Anonim, 2018).

Ülkemizde ticari ve tüzel kişiliği olan üreticiler tarafından endüstriyel çapta üretim yapılarak piyasaya sunulan yoğurt çeşitlerinin yanı sıra, geleneksel yöntemler ile üretilen ev yapımı yoğurtların tüketimi de oldukça yaygındır. Nihai kullanıcıya kendi imkânları ile ulaşan küçük veya yerel işletmelerde, butik üretimler olarak adlandırabileceğimiz bu tip üretimler sonucu elde edilen ürünlerin satışı ile ilgili yasal düzenlemeler ise oldukça esneklerdir. Özellikle küçük şehirlerde ve şehir merkezlerinin dışında kalan kırsal bölgelerde daha çok dayanıklı yoğurt olarak bilinen yoğurt çeşitleri köylerimizde üretilmekte ve/veya halk/semt pazarlarında satışa sunulmaktadır. Yoğurdun bozulmasındaki ana etkenler yüksek su ve zengin besin maddesi içeriğidir. Yoğurt üretiminden belli bir süre sonra ürünün mikrobiyel içeriğine bağlı olarak, tadında veya yapısında tüketimini engelleyebilecek değişimler meydana gelebilmektedir. Bu nedenle özellikle butik üretimlerde, daha dayanıklı ürün eldesi için yoğurdun çeşitli yöntemlerle suyu uzaklaştırılmakta ve konsantre yoğurt ya da dayanıklı yoğurt olarak bilinen çeşitli yoğurtlar üretilmektedir. Farklı illerimizde dayanıklı yoğurt olarak üretilen süzme yoğurt, labne, kış yoğurdu, kurut ve peskütan gibi yoğurt çeşitleri çoğunlukla halk pazarlarında açıktan satışa sunulmakta ve bölge halkı tarafından sevilerek tüketilmektedir (Sömer, 2013; Köse, 2018; Tavşanlı ve ark., 2020).

Dayanıklı yoğurt çeşitleri arasında bilinen ve daha çok Sivas bölgesinde tüketilen peskütan; çalkalama, pişirme, süzme ve konserveleme işlemlerini içeren bir yoğurt çeşidine verilen isimdir (Öney Tan, 2011). Peskütan üretiminde sütün geleneksel yöntemlerle yoğurda dönüştürülmesinin ardından elde edilen ürün, halk arasındaki söylenme şekliyle yayıklanır (çalkalanır). Yağ kısmı ayrıldıktan sonra yayıkaltı, tam veya ezilmiş buğday ve tuz ilavesi ile pişirilir. Pişmiş buğday taneleri daha homojen kremsi bir lor kütlesi elde etmek için nişasta sağlamaktadır. Sonrasında ise karışım bez torbalara alınarak sıvı kısım süzülür, yoğunlaşan pıhtı ise ahşap ya da plastik kaplara basılarak muhafaza edilir. İyi üretilmiş bir peskütan 1-2 yıl bozulmadan muhafaza edilebilmektedir. Peskütan yoğurdu çorba yapımında, çeşitli yemeklerin ve mezelerin hazırlanmasında da sıklıkla kullanılmaktadır (Törnük ve ark., 2010; Öney Tan, 2011). Yoğurdun adı ile bilinen peskütan çorbası gerek Sivas gerekse diğer illerimizde severek tüketilmektedir. Peskütan yoğurdu da dâhil olmak üzere genel olarak dayanıklı yoğurt üretiminde; ürünlerin suyunun azaltılması, pişirme işlemi, son ürünün düşük pH değerine sahip olması gibi etkenler sayesinde ürünler olası mikrobiyel bozulmalara karşı daha dayanıklı hale gelmektedir (Sömer, 2013; Köse, 2018). Bu nedenle butik üretimler sonucu piyasada satışa sunulan bu tip ürünlerin mikrobiyolojik kalitesi üzerine yapılan çalışmalar geçmişten günümüze ilgi çekmeye devam etmekte ve pek çok araştırmaya konu olmaktadır.

Bu çalışmada, Sivas merkez ve ilçelerinde satışa sunulan peskütan yoğurtlarının mikrobiyolojik kalitesinin değerlendirilmesi ve ürünlerin yürürlükte olan TGK Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliğine ve TGK Fermente Süt Ürünleri Tebliğine uygunluğunun araştırılması amaçlanmıştır. Mevcut literatür verileri incelendiğinde diğer dayanıklı yoğurt çeşitlerinin aksine peskütan yoğurdu ile ilgili çok az veriye rastlanmış ve bu verilerin daha çok üretim şekli üzerine olduğu görülmüştür. Peskütan yoğurdunun mikrobiyolojik kalitesi hakkında ise veri bulunamamıştır. Bu nedenle mevcut çalışma peskütan yoğurdunun mikrobiyolojik kalitesinin değerlendirilmesi üzerine ilk araştırma olup, çalışmanın literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Materyal

Bu çalışmada kullanılan 30 farklı peskütan örneği, Sivas ili sınırlarına dâhil Yıldızeli, Ulaş, Zara, Doğanşar, Hafik gibi çeşitli ilçelerden farklı zaman dilimlerinde bir yıl içerisinde toplanmıştır (Çizelge 1). Toplanan örnekler ISO standartlarına uygun olarak (steril kaplar içerisinde ve soğuk zincir eşliğinde) laboratuvar ortamına getirilmiş ve aynı gün içerisinde kültürel ekimleri tamamlanmıştır. Alınan tüm yoğurt örneklerinde toplam aerobik mezofilik bakteri, maya-küf, koliform grubu bakteri, *E. coli*, koagülaz pozitif *S. aureus* sayımı ile *L. monocytogenes* ve *Salmonella* spp. araması gerçekleştirilmiştir. Koliform grubu bakteri ve *E. coli* sayımı çalışmaları üç paralel, yapılan diğer tüm analizler ise çift paralel olarak gerçekleştirilmiş ve sonuçlar ortalama değerleri alınarak verilmiştir. İlgili çalışmalarda pozitif kontrol olarak *E. coli* ATCC 25922, *E. coli* ATCC 35218, *S. aureus* ATCC 25923, *Salmonella typhimurium* NRRL B-4420, *L. monocytogenes* ATCC 7644 kültürleri kullanılmıştır.

**Çizelge 1.** Araştırmada kullanılan peskütan örnekleri ve alındığı ilçeler

Örnek	Alındığı Yer	Alındığı Ay	Örnek	Alındığı Yer	Alındığı Ay
1	Zara Solaklar Şarküteri	Kasım	16	Doğanşar İlçe Merkezi	Mayıs
2	Zara, Kaplan Köyü	Kasım	17	Zara, Kanlı Çayır Köyü	Mayıs
3	Zara, Kanlı Çayır Köyü	Kasım	18	Ulaş, Ulaş Süt Tesisleri	Mayıs
4	Ulaş, Ulaş Süt Tesisleri	Aralık	19	Hafik İlçe merkezi	Haziran
5	Zara İlçe merkezi	Aralık	20	Hafik İlçe Merkezi	Haziran
6	Zara İlçe Merkezi	Aralık	21	Hafik, Kaplan Köyü	Haziran
7	Zara İlçe Merkezi	Ocak	22	Zara, Kanlı Çayır Köyü	Temmuz
8	Doğanşar İlçe Merkezi	Ocak	23	Ulaş, Ulaş Süt Tesisleri	Temmuz
9	Zara İlçe Merkezi	Ocak	24	Zara İlçe merkezi	Temmuz
10	Ulaş İlçe Merkezi	Şubat	25	Yıldızeli İlçe Merkezi	Eylül
11	Doğanşar İlçe Merkezi	Şubat	26	Zara, Kaplan Köyü	Ekim
12	Doğanşar İlçe Merkezi	Şubat	27	Zara, Kanlı Çayır Köyü	Ekim
13	Sivas Merkez, Fabrika satışı	Mart	28	Ulaş, Ulaş Süt Tesisleri	Ekim
14	Zara İlçe Merkezi	Mayıs	29	Zara İlçe merkezi	Ekim
15	Doğanşar İlçe Merkezi	Mayıs	30	Sivas Merkez	Ekim

### Mikrobiyolojik Analizler

#### Numune hazırlığı:

Numune hazırlığı için ISO 6887-1:2017 talimatları doğrultusunda tamponlanmış peptonlu su (BPW) kullanılmış ve 25 g yoğurt örneğinin 225 mL BPW içerisinde homojenize edilmesiyle elde edilen başlangıç dilüsyonundan ( $10^{-1}$  dilüsyon) içerisinde 9 mL BPW içeren tüplere seri dilüsyonlar hazırlanmıştır.

#### Toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı:

Numunelerde TAMB sayımı için, ISO 4833-1:2013 talimatları esas alınmıştır. Çalışma için, daha önce anlatıldığı şekilde hazırlanmış olan tüm dilüsyonlardan 1 mL örnek alınarak Plate Count Agar (PCA) Petrilere dökme plak yöntemi ile ekimi yapılmıştır. Petrilere 48-72 saat süre ile  $30^{\circ}\text{C}$ 'de aerobik

koşullarda inkübasyona tabi tutulmuş, inkübasyon sonrasında ise koloni sayımı gerçekleştirilmiştir. Sayımlar sonucunda örneğin bir gramında bulunan toplam aerobik mezofilik bakteri sayısının hesaplanmasında 30-300 arası koloni sayımı yapılan Petri dikkate alınarak aşağıda verilen Eşitlik 1'den yararlanılmıştır (Halkman, 2005).

$$N = C / [V \times (n_1 + 0,1 \times n_2) \times d]$$

N = Gıda örneğinin 1 g ya da 1 mL'sinde mikroorganizma sayısı

C = Sayımı yapılan tüm Petri kutularındaki koloni sayısı toplamı

V = Sayımı yapılan Petri kutularına aktarılan hacim (mL),

$n_1$  = İlk seyreltiden yapılan sayımlarda sayım yapılan Petri kutusu adedi,

$n_2$  = İkinci seyreltiden yapılan sayımlarda sayım yapılan Petri kutusu adedi,

d = Sayımın yapıldığı ardışık 2 seyreltiden daha konsantre olanın seyreltme oranı.

### Maya-küf sayımı:

Numunelerde maya-küf sayımı için ISO 21527-1:2008 talimatları esas alınmıştır. Çalışma için, daha önce anlatıldığı şekilde hazırlanmış olan tüm dilüsyonlardan 0,1 mL örnek alınarak Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol (DRBC) Agar ortamına yayma ekim yapılmıştır. Ardından, Petri 5 gün süre ile 25°C'de aerobik koşullarda inkübasyona tabi tutulmuş ve inkübasyon sonrasında koloni sayımı gerçekleştirilmiştir (Brooks ve ark., 2012). Sayımlar sonucunda örneğin bir gramında bulunan maya-küf sayısının hesaplanmasında 30-300 arası koloni sayımı yapılan Petri dikkate alınarak, toplam aerobik mezofilik bakteri sayımında verilen Eşitlik 1'den yararlanılmıştır.

### Koliform grubu bakteri ve *E. coli* sayımı:

Numunelerde koliform grubu bakterileri ve *E. coli* sayımı için En Muhtemel Sayı yöntemi (EMS) kullanılmış, koliform grubu bakteri sayımı için ISO 4831:2006, *E. coli* sayımı içinse ISO 7251:2005 talimatları esas alınmıştır. Analizler için BPW içerisinde hazırlanmış olan ardışık 5 dilüsyondan ( $10^{-1}$  -  $10^{-5}$  dilüsyonları) 1'er mL alınarak Durham tüpü içeren 10 mL Lauryl Sulphate Tryptose (LST) Broth ortamına inoküle edilmiştir. Ekim yapılan tüpler 37°C'de 48±2 saat inkübe edildikten sonra gelişme ve gaz çıkışına göre pozitif olduğu kabul edilen tüplerden 30-40 µL alınarak Durham tüpü içeren 10 mL Brilliant Green Bile Lactose Broth (BRILA) ve Durham tüpü içeren 10 mL EC Broth ortamına inoküle edilmiştir.

Ekim yapılan BRILA tüpleri 37°C'de, EC Broth tüpleri ise 44°C'de 48±2 saat inkübasyona tabi tutulmuştur. BRILA tüplerinde görülen gelişme ve gaz çıkışına göre pozitif tüpler belirlenerek koliform bakteri grubu sayısı, EC tüplerinde görülen gelişme ve gaz çıkışına göre pozitif tüpler belirlenerek fekal koliform bakteri sayısı EMS tablosuna göre hesaplanmıştır. EC Broth tüplerinde gelişme ve gaz çıkışa rastlanmadığından dolayı çalışmanın *E. coli* doğrulama ve sayım aşamalarına ihtiyaç kalmamıştır. Çalışmada da *E. coli* ATCC 25922 ve *E. coli* ATCC 35218 standart kültürleri pozitif kontrol olarak kullanılmıştır (Çardak, 2012).

### Koagülaz pozitif *S. aureus* sayımı:

Koagülaz pozitif *Staphylococcus* araması ve sayımı için ISO 6881-1:1999 talimatları esas alınmıştır. Çalışma için, daha önce anlatıldığı şekilde hazırlanmış olan tüm dilüsyonlardan 0,1 mL örnek alınarak egg yolk tellurite katkılı Baird Paker Agar (BPA) ortamına yayma plak yöntemi ile ekimi yapılmış ve örnekler 37°C'de 24-48 saat süre ile inkübe edilmiştir. Inkübasyon süresi tamamlandıktan sonra Petri'de tipik 2-3 mm çapında, gri renkten koyu siyah renge kadar değişebilen *Staphylococcus* spp. kolonileri sayılmıştır. Ardından şüpheli koloniler saflaştırılarak koagülaz testi yapılmış ve pozitif sonuç verenler *S. aureus* olarak kabul edilmiştir. Çalışmada pozitif kontrol olarak *S. aureus* ATCC 25923 kültürü kullanılmıştır (De Buyser ve ark., 2003).

### **Salmonella aranması:**

Numunelerde *Salmonella* aranması için ISO 6579-1:2017 talimatları esas alınmıştır. Analiz için 25 g numune 225 mL BPW içerisinde homojenize edilip 37°C'de 18±2 saat süre ile inkübe edilerek ön zenginleştirme yapılmıştır. Ön zenginleştirme kültüründen 100 µL örnek alınarak 10 mL Rappaport-Vassiliadis soy peptone (RVS) Broth ve 1mL örnek alınarak 10 mL Müller-Kaufmann-Tetrathionate (MKTT) Broth ortamına transfer edilmiştir. Inokülasyon yapılan RVS Broth tüpleri 41,5±1°C'de 24±3 saat, MKTT Broth tüpleri ise 37±1°C'de 24±3 saat süre ile inkübe edildikten sonra her iki ortamdanda Xylose Lysine Desoxycholate (XLD) ve Brilliant Green Agar (BGA) ortamına yayma ekim yapılmıştır. Petriyer 37±1°C'de 24 saat süre ile inkübe edilmiş ve tipik *Salmonella* kolonilerinin (XLD plaklarında etrafında hafif şeffaf kırmızı bir hale olan siyah koloniler ve BGA plaklarında kırmızı/pembe renkteki koloniler) gelişiminin olup olmadığı gözlemlenmiştir. Çalışmada pozitif kontrol olarak *S. typhimurium* NRRL B-4420 kültürü kullanılmıştır (Mooijman ve ark., 2019).

### **Listeria aranması:**

Numunelerde *Listeria* aranması için ISO 11290-1:2017 talimatları esas alınmıştır. Analiz için 25 g numune 225 mL Half Fraser Broth ortamında, 30°C'de 24 saat süreyle zenginleştirmeye tabi tutulmuştur. Ardından daha sonraki zenginleştirme aşaması için buradan 0,1 mL örnek alınarak 10 mL Fraser Broth ortamında 48 saat süre ile 37°C'de inkübe edilmiştir. Zenginleştirme işlemi gerçekleştirildikten sonra bu örneklerden PALCAM Agar ortamına ekim yapılmış ve Petriyer 37°C'de 24 saat süre ile inkübe edilerek tipik *Listeria* kolonilerinin (gri-siyah renkli) gelişiminin olup olmadığı gözlemlenmiştir. Çalışmada pozitif kontrol olarak *L. monocytogenes* ATCC 7644 kültürü kullanılmıştır (Besse ve ark., 2019).

## **BULGULAR VE TARTIŞMA**

Peskütan yoğurt örneklerinin mikrobiyolojik kalitesinin değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilen bu çalışmada, 30 farklı peskütan örneği incelenmiş olup elde edilen sonuçlar Çizelge 2'de verilmiştir.

Süt ve süt ürünlerinde bulunan toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı ürünlerde patojen mikroorganizmaların var olup olmadığını göstermemekle birlikte dolaylı olarak gıda güvenliği ile ilişkilendirilmektedir. TAMB sayısı mikrobiyolojik kalitenin belirlenmesinde kullanılan en yaygın kriterlerden biridir. TAMB sayımı gıdaların mikrobiyolojik kalitesinin yanı sıra tazelik derecelerini ve kalan raf ömrünü belirlemek için de kullanılmaktadır. Ürün hakkında genel bilgi elde etmek ve mikrobiyolojik açıdan asgari şartlara uygunluğu belirlemek için değerlendirilen toplam aerobik mezofilik bakteri sayısının yüksek bulunması süt ve süt ürünlerinde kalite sorunlarının göstergesi olarak kabul edilmektedir (Beykaya ve ark., 2017; Parseelan ve ark., 2019). Ülkemizde hem TGK Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliğinde hem de TGK Fermente Süt Ürünleri Tebliğinde yoğurt çeşitleri için TAMB limitleri belirtilmemiştir, bu nedenle yoğurt çeşitlerinin TAMB sayısı açısından uygunluğunun değerlendirilmesi göreceli bir kavramdır. Bununla birlikte TGK Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliğinde pek çok ürün çeşidinde genel olarak TAMB sayısı en fazla 10<sup>4</sup> kob g<sup>-1</sup> olarak verilmektedir. Yapmış olduğumuz çalışma sonucunda, toplam aerobik mezofilik bakteri sayısının 6.74±0.66 ortalama değeri ile 5.14-8.25 log kob g<sup>-1</sup> aralığında değişkenlik gösterdiği bulunmuştur. Literatürde yer alan benzer çalışmalar ile kıyaslandığında, peskütan yoğurt örneklerinde TAMB sayısının açıktan satışa sunulan diğer illerdeki yoğurt çeşitlerine benzer olarak yüksek olduğu görülmüştür. Akarca ve Tomar (2019) yapmış oldukları çalışmada, Afyonkarahisar il halk pazarında satışa sunulan süzme yoğurtlarının mikrobiyolojik kalitesini değerlendirmiş ve inceledikleri yoğurt örneklerinde TAMB sayısının 3.79-6.83 log kob g<sup>-1</sup> aralığında olduğunu bildirmiştir. Bilecik'te satışa

sunulan yoğurtların analiz edildiği bir başka çalışmada ise araştırmacılar TAMB sayısının 7.18 ortalama değeri ile 5.08-9.19 log kob g<sup>-1</sup> aralığında olduğunu bildirmiştir (Demirkaya ve Ceylan, 2013). Kayseri ilçelerindeki pazarlarda satılan Manda yoğurdunun Ertaş ve ark. (2014) tarafından mikrobiyolojik kriterler açısından değerlendirildiği çalışmada TAMB sayısı 7.72±0.14 ortalama değeri ile 5.40-9.80 log kob g<sup>-1</sup> aralığında bulunmuştur. Yapılan bir diğer çalışmada ise Durak ve ark. (2008), Konya bölgesinde taze ev yapımı yoğurtlarda TAMB sayısının en düşük 4.60, ortalama olarak da 5.93 log kob g<sup>-1</sup> olduğunu rapor etmişlerdir. Çalışmamızda TABM sayısının yüksek olması peskütan yoğurdunun hijyenik şartlarda üretilmediğinin ya da üretim sonrası şartların genel mikrobiyel kalite bakımından uygun olmadığının göstergesi olabilir.

**Çizelge 2.** Peskütan örneklerinin mikrobiyolojik analiz sonuçları

Örnek Numarası	Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Sayısı (log kob g <sup>-1</sup> )	Maya-Küf Sayısı (log kob g <sup>-1</sup> )	Koliform Grubu Bakteri Sayısı (EMS g <sup>-1</sup> )	Fekal Koliform Sayısı (EMS g <sup>-1</sup> )	Stafilokok Sayısı (log kob g <sup>-1</sup> )	Salmonella varlığı (25 g)	Listeria Varlığı (25 g)
1	7.05	6.66	<3	<3	0	Yok	Yok
2	6.41	6.82	<3	<3	2	Yok	Yok
3	6.73	7.04	<3	<3	0	Yok	Yok
4	6.74	7.18	<3	<3	1.81	Yok	Yok
5	7.38	7.93	<3	<3	0	Yok	Yok
6	7.02	7.81	<3	<3	0	Yok	Yok
7	7.41	7.32	<3	<3	6	Yok	Yok
8	6.08	5.64	<3	<3	3.27	Yok	Yok
9	8.25	8.67	<3	<3	6.83	Yok	Yok
10	6.44	2.26	<3	<3	0	Yok	Yok
11	5.14	6.61	<3	<3	1.60	Yok	Yok
12	7.68	7.00	<3	<3	5.75	Yok	Yok
13	7.42	7.75	<3	<3	5.35	Yok	Yok
14	5.93	6.71	<3	<3	2.78	Yok	Yok
15	7.05	7.74	<3	<3	6.00	Yok	Yok
16	6.41	7.11	<3	<3	2.90	Yok	Yok
17	6.73	7.43	<3	<3	0	Yok	Yok
18	6.74	7.44	<3	<3	0	Yok	Yok
19	7.38	8.08	<3	<3	1.60	Yok	Yok
20	7.02	7.72	<3	<3	5.75	Yok	Yok
21	7.42	8.12	<3	<3	5.35	Yok	Yok
22	5.92	6.62	<3	<3	2.78	Yok	Yok
23	6.16	6.86	<3	<3	2.87	Yok	Yok
24	6.27	6.97	<3	<3	0	Yok	Yok
25	7.18	7.88	<3	<3	0	Yok	Yok
26	6.07	6.77	<3	<3	0	Yok	Yok
27	6.20	6.90	<3	<3	6.15	Yok	Yok
28	6.97	7.67	<3	<3	1.84	Yok	Yok
29	7.16	7.86	<3	<3	5.28	Yok	Yok
30	5.95	6.65	<3	<3	0	Yok	Yok
<b>Ortalama</b>	<b>6.74±0.66</b>	<b>7.11±1.10</b>	-	-	<b>2.53±2.02</b>	-	-

Gıdalarda kolaylıkla bulunabilen, mikrobiyolojik kalitenin değerlendirilmesinde indikatör olarak kullanılan bir diğer mikroorganizma grubu da funguslardır. Özellikle çığ süt, maya ve küfler için doğal kaynak olarak kabul edilmektedir. Fakat bu mikroorganizmalar genel olarak ısıya karşı dirençli olmadıklarından, gıda üretim süreçlerinde çığ sütün ısı işlem görmesi ile birlikte maya ve küf sayısının azaldığı kabul edilmektedir (Buehler ve ark., 2018). Ancak yine de şeker içeriği, besinsel değeri ve saklanma koşulları göz önüne alındığında peynir, yoğurt gibi süt ürünleri, maya ve küf kökenli bozulmalara karşı hassas gıdalar arasında sınıflandırılmaktadır (Sömer, 2013). Yoğurt üretiminde fungal kontaminasyon çığ süt örneklerinin toplanmasından, son ürünün elde edilmesine kadar tüm işlem süreci



boyunca, hatta üretimden sonra depolama, taşınma gibi aşamalarda da görülmektedir. Bilhassa üretim ortamının koşulları (yüzeylerin ve kullanılan ekipmanların temizliği, havanın mikrobiyel yükü vb) kontaminasyonunun ana kaynağı olarak kabul edilmektedir (Sömer, 2013; Bakırcı ve ark., 2015; Buehler ve ark., 2018). Kontaminasyonun yaygın olarak görülmesi, maya ve küflerin ürün kaybına yol açması, dahası ortamdaki laktik asit miktarını düşürerek patojen mikroorganizmaların gelişimi için zemin hazırlaması gibi pek çok sebepten ötürü, fungal kontaminasyon gerek ticari olarak endüstriyel skalada üretilen yoğurtlarda gerekse küçük işletmeler ve butik üretimlerde problemlere yol açmaktadır. (Buehler ve ark., 2018; Tavşanlı ve ark., 2020).

TGK Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliğinde yoğurt çeşitleri için maya-küf limitleri belirtilmemiştir. Ancak TGK Fermente Süt Ürünleri Tebliğine göre yoğurt örneklerinde bir parti ürün içerisinde rastgele seçilmiş olan 5 numunede toplam maya-küf sayısı en fazla  $10^2$  kob  $g^{-1}$  olmalıdır. Numunelerden 2 tanesinde bu değer  $10^3$  kob  $g^{-1}$  üzerinde olduğu takdirde ürünün uygunsuz olduğu kabul edilmektedir (Anonim, 2009). Yapmış olduğumuz çalışmada, DRBA Petrilerlerinde gerçekleştirilen sayımlar sonucunda maya-küf sayısının ortalama olarak  $7.11 \pm 1.10$  log kob  $g^{-1}$  olduğu görülmüştür. Çizelge 2’de verilen sonuçlardan da görülebileceği üzere örneklerimizde bulunan maya- küf sayısı TGK Fermente Süt Ürünleri Tebliğinde verilen kabul edilebilir sınırların üzerindedir. Analiz edilen örneklerin tamamı  $10^2$  kob  $g^{-1}$ ’in üzerinde maya-küf içermektedir. Bu bağlamda peskütan örnekleri TGK Mikrobiyolojik Kriterler Tebliğinde maya-küf sayısı belirtilmediği için tüketime uygun değildir denilememekte ise de TGK Süt Ürünleri Tebliğine göre maya-küf sayısı için uygun limitler içerisinde olmadığı saptanmıştır. Benzer veriler Akarca ve Tomar (2019) tarafından yapılan çalışmada da elde edilmiştir. Araştırmacılar, Afyonkarahisar il halk pazarında satılan süzme yoğurtların tamamının maya-küf sayısı bakımından Türk Gıda Kodeksi standartlarına uygun olmadığını bildirmişlerdir (Akarca ve Tomar, 2019). Maya-küf sayısının TGK Fermente Süt Ürünleri Tebliğinde belirtilen sınırların üzerinde olmasının nedeni, peskütan yoğurdu gibi halk pazarlarında satışa sunulan butik üretimlerde koruyucuların kullanılmaması olabileceği gibi üretim tekniği de olabilir. Yoğurtlar ile yapılan çalışmalarda Tavşanlı ve ark. (2020), Balıkesir ilinde halk pazarlarında satılan yoğurt örneklerinin  $3.47 \pm 0.21$  ortalama değeri ile 2.0-5.47 log kob  $g^{-1}$  aralığında maya-küf içerdiğini ve örneklerin %52’sinin kodekse uygun olmadığını bildirmiştir. Erzurum ilinde satışa sunulan yoğurt örneklerinin mikrobiyolojik değerlendirilmesinin yapıldığı bir başka çalışmada ise 40 örneğin ortalama 4.12 değeri ile 1.69-6.68 aralığında maya-küf içerdiği ve örneklerin %70’inin kodekse uygun olmadığı bildirmiştir (Bakırcı ve ark., 2015). Benzer olarak Demirkaya ve Ceylan (2013) Bilecik’te satışa sunulan yoğurtların %33.3’ünün, Durak ve ark. (2008) Konya yöresinde üretilen yoğurtların %80’inin kodekse uygun olmadığını bildirmiştir, Bu açıdan literatür verileri ile kıyaslandığında peskütan örneklerinin açıktan satılan diğer yoğurt türlerinden bazılarında kıyasla yüksek sayıda maya-küf içerebildiği görülmektedir.

Koliform grubu bakteriler gıdaların hijyenik kalitesinin belirlenmesinde kıstas olarak kullanılmaktadırlar. Enterobacteriaceae ailesi içinde yer alan pek çok mikroorganizma cinsini kapsayan koliform grubunun gıdalardaki varlığı, üretim ortamının ya da üretim sonrası taşıma ve depolama ortamının hijyenik koşullar açısından yetersiz olduğunun işareti olarak kabul edilmektedir. TAMB ve maya-küf varlığından farklı olarak gıdalarda koliform grubu mikroorganizmaların özellikle fekal koliformların bulunması patojen mikroorganizmaların varlığını belirlemek için indikatör olarak kullanılmaktadır. Özellikle fekal koliform grubu bakterilerin varlığı enterik gıda kaynaklı patojenlerin olası varlığına işaret etmektedir. Fekal kontaminasyonun göstergesi olarak gıdalarda *E. coli* sayımı sıklıkla kullanılan bir yöntemdir (Ertaş ve ark., 2014; Tavşanlı ve ark., 2020). TGK Fermente Süt Ürünleri Tebliği yoğurt çeşitlerinde EMS yöntemi ile koliform sayımı yapılması gerektiğini ve örneğin 1 gramında  $10^3$ ’den az koliform sayısının tolere edilebilir olduğunu belirtmektedir. Ancak mevcut

literatür verileri incelendiğinde geleneksel yollarla üretilen, üretimi ve satışı sırasında denetimin daha az olduğu yoğurt çeşitlerinde koliform grubu bakterilerin sayısının yüksek olduğu ve ürünlerin bir kısmının kodekse uygun olmadığı gözlemlenmiştir. Çardak (2012), Aydın ilinde açıktan satışa sunulan 25 adet torba yoğurdu ile yaptığı çalışmada örneklerde koliform grubu bakteri ve *E. coli* sayısının TGK'de belirtilen değerlerin çok üzerinde olup 3-1100 EMS g<sup>-1</sup> aralığında olduğunu bildirmiştir. Sömer (2013) çeşitli illerin halk pazarlarından satışa sunulan 32 farklı süzme yoğurt örneği ile yaptığı çalışmada yalnızca 3 adet yoğurt örneğinde koliform grubu bakteri bulunmadığını, diğer örneklerde ise koliform grubu bakteri sayısının TGK tebliğine göre uygun olmadığını bildirmiştir. Çetin ve ark. (2014), Kırklareli ve civarında faaliyet gösteren işletmelerden temin ettikleri 26 yoğurt örneğini mikrobiyolojik kriterler açısından değerlendirdikleri çalışmalarının sonucunda; inceledikleri örneklerden 3 tanesinin koliform grubu, 5 tanesinin ise *E. coli* sayısı açısından uygun olmadığını bildirmiştir. Benzer olarak Ertaş ve ark. (2014) 100 adet manda yoğurdu örneğinden %18'inin, Akarca ve Tomar (2019) 50 adet süzme yoğurt örneğinden %38'inin toplam koliform grubu bakteri sayısı bakımından, Tavşanlı ve ark. (2020) 50 adet yoğurt örneğinin %10'unun koliform, %8'inin ise *E. coli* sayısı bakımından kodekse uygun olmadığını bildirmişlerdir. Çalışmamızda peskütan örneklerinde EMS yöntemi ile hem koliform grubu hem de *E. coli* sayısı belirlenmiş ve örneklerin hiçbirinde koliform grubu mikroorganizmaya rastlanmamıştır (Çizelge 2). Örneklerimizde koliform grubu bakterilerin bulunmaması peskütan üretim ve depolama koşullarının mikrobiyolojik açıdan uygunluğuna yorumlanmış ve örneklerde fekal kontaminasyonun olmadığı sonucuna varılmıştır. Çalışmamıza paralel olarak Demirkaya ve Ceylan (2013) Bilecik ilinde satışa sunulan 30 yoğurt örneğinden yalnızca 1 tanesinde fekal kontaminasyon tespit ettiklerini, geri kalan örneklerin hijyenik üretim koşullarına uygun üretildiğini düşündüklerini ifade etmiştir.

Gıdaların tüketilmesi sonucu oluşabilen bakteriyel enfeksiyonların dışında görülen en önemli sorunlardan bir tanesi de gıda zehirlenmeleridir. Mikroorganizmalardan kaynaklı gıda zehirlenmeleri arasında stafilokok zehirlenmeleri en sık rastlanılan durumlar arasındadır. Bu nedenle gıdaların mikrobiyolojik analizlerinde indikatör olarak kullanılan grupların araştırılmasının yanı sıra örneklerde *S. aureus* araması da önem arz etmektedir. Stafilokok zehirlenmeleri ölümcül değildir, genellikle 1-2 gün içerisinde semptomlar tamamıyla ortadan kalkmaktadır. Ayrıca bütün *S. aureus* suşları gıda zehirlenmelerine sebep olmamakta, yalnızca enterotoksin üretebilen suşlar gastroenterite yol açmaktadır. Bu bağlamda stafilokoklar, gıdalarda bulunmaması tercih edilmekle birlikte sıfır tolerans gösterilen patojenler arasında yer almamaktadırlar. TGK Mikrobiyolojik Kriterler Tebliğinde koagülaz pozitif *S. aureus* için üst limit tüketime hazır gıdalarda 5 numunede en fazla 10<sup>2</sup>, tüketime hazır olmayan gıdalarda ise 10<sup>3</sup> kob g<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. (Anonim, 2011).

TGK Mikrobiyolojik Kriterler Tebliğine göre gıdalarda, 25 g-mL<sup>-1</sup> üründe *Salmonella* spp. ve *L. monocytogenes* bulunmaması gerekmektedir (Anonim, 2011). *Salmonella* türleri dünya çapında halk sağlığı için risk oluşturan en önemli patojenlerden biri olarak kabul edilmekte ve süt ürünleri tüketimi sonucunda görülen enfeksiyonların büyük bir kısmının bu cinse ait bakterilerden kaynaklandığı düşünülmektedir (Savran ve Halkman, 2017). Bir diğer önemli gıda patojeni olan ve listeriozis enfeksiyonlarına yol açan *L. monocytogenes* birçok bakteri türünün aksine buzdolabı sıcaklığı olan 4-10 °C'de canlılığını kaybetmemekte ve bu nedenle gıdalarda bulunması büyük önem taşımaktadır. Günümüzde insanlarda görülen listeriozis enfeksiyonlarının neredeyse tamamının gıda kökenli olduğu bilinmektedir (Gasnov ve ark., 2005). *Salmonella* ve *Listeria* türlerinin varlığı gıdaların asitliği ile ilişkili olarak değişiklik gösterebilmektedir. Bu bağlamda yoğurt çeşitleri, yüksek asidik ortam koşulları nedeni ile patojen gelişimi için uygun olmayan bir ortam olarak kabul edilmektedir. Bununla birlikte, çiğ sütün mikrobiyel yükünün fazla olması, üretim sırasındaki hijyen eksiklikleri, üretim sonrası

paketlenme, taşıma ve depolama gibi aşamalarda aksaklıklar ürünlerde çeşitli patojen mikroorganizmaların gelişimine zemin hazırlamaktadır. *Salmonella* ve *Listeria* gibi önemli gıda patojenlerinin ürünlerde bulunabildiği yapılan çalışmalar ile gösterilmiştir (Gasnov ve ark., 2005; Aygun ve Pehlivanlar, 2006; Kılıç Altun ve ark., 2017; Savran ve Halkman, 2017).

Çalışmamızda peskütan örneklerinde *S. aureus*, *Salmonella* spp. ve *L. monocytogenes* varlığı araştırılmış ve örneklerin hiçbirinde bu üç önemli mikroorganizma türüne rastlanmamıştır. Bununla birlikte *S. aureus* arama çalışmalarında 19 peskütan örneğinde BPA plaklarında şüpheli *Staphylococcus* spp. kolonileri gözlenmiş ancak yapılan koagülaz testi sonucunda pozitif sonuç gözlemlenmediği için *S. aureus* sayısı sıfır olarak kabul edilmiştir. *Staphylococcus* spp. gözlemlenen 19 örneğin 9 tanesinde sayı oldukça düşük olup  $10^3$ 'ün altındadır. Stafilkoklar için yapılan genel sayım sonuçları Çizelge 2'de gösterilmiştir. Patojen mikroorganizmaların yoğurt örneklerindeki varlığı incelenen numuneye ve üretim şartlarına göre değişiklik göstermektedir. Ertaş ve ark. (2014), 100 adet manda yoğurdunun 7'sinde  $4,9 \pm 0,21 \log \text{ kob } g^{-1}$  düzeyinde *S. aureus* varlığı belirlediklerini, bununla birlikte örneklerde *Salmonella* türlerine rastlamadıklarını bildirmiştir. Akarca ve Tomar (2019) 50 adet süzme yoğurt örneğinde *S. aureus* miktarını ortalama  $2,59 \pm 0,28 \log \text{ kob } g^{-1}$  olarak belirlediklerini, örneklerin %14'ünün *S. aureus* ve %12'sinin ise *Salmonella* spp. bakımından TKG tebliğlerine uygun olmadığını, bununla birlikte örneklerde *Listeria* türlerine rastlamadıklarını bildirmiştir. Tavşanlı ve ark. (2020) ise kendi çalışmalarında *S. aureus*, *Salmonella* spp. ve *L. monocytogenes* türüne rastlamadıklarını bildirmiştir. Aygun ve Pehlivanlar (2006) Antakya yöresinde süt ürünlerinde *Listeria* spp. araması yaptıkları çalışma sonucunda, marketlerde açıktan satılan 15 yoğurt örneğinde *Listeria* türlerinin bulunmadığını bildirmiştir. Bununla birlikte, Kılıç Altun ve ark. (2017) klasik ve moleküler yöntemler ile Şanlıurfa ilinde halk pazarlarında satışa sunulan yoğurt örneklerinde *Listeria* spp. araması yaptıkları çalışma sonucunda 62 örnekten 2 tanesinde *L. monocytogenes* tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Savran ve Halkman (2017) yapmış oldukları çalışmada yoğurt fermantasyon ortamında *Salmonella enteritidis*'in canlılığını koruduğunu bildirmiştir.

## SONUÇ

Ülkemizde geleneksel yöntemler ile üretilen ve halk pazarlarında satışa sunulan pek çok yoğurt çeşidi yoğun olarak tüketilmektedir. Geleneksel yöntemler ile üretilerek satışa sunulan yoğurtların mikrobiyolojik kalitesi, yoğurt yapımında kullanılan sütün elde edildiği hayvanların beslenmesinden ve sağlığından, sağım, depolama, ürünün elde edilme koşulları ve satışa sunulma biçimine kadar her aşamada değişebilmektedir. Bu bağlamda, ev yapımı yoğurtların mikrobiyel florası bölgelere bağlı olarak ciddi farklılıklar gösterebilmektedir. Üstelik bu ürünlerin denetimi konusunda uygulanan yasal düzenlemeler de oldukça esnekler. Bu nedenle özellikle bölgesel olarak bu tip ürünlerin mikrobiyel kalitelerinin değerlendirilmesi hem halk sağlığı hem de literatüre katkı açısından önem arz etmektedir.

Sivas bölgesinde üretilerek satışa sunulan peskütan yoğurtlarının mikrobiyel kalitesinin değerlendirildiği bu çalışma sonucunda, ürünlerin *S. aureus*, *Listeria monocytogenes* ve *Salmonella* spp. gibi önemli gıda patojenlerini içermediği, ürünlerde koliform grubu bakterilerin yer almadığı ve fekal kontaminasyonun olmadığı gözlemlenmiştir. Bu bağlamda ürünlerin tüketimi güvenli bulunmuş olmakla birlikte, genel mikrobiyel kalitenin değerlendirilmesinde esas alınan TAMB sayısının yüksek olması ve maya-küf sayılarının TKG Fermente Süt Ürünleri Tebliğinde verilen limitlerin üzerinde saptanması peskütan yoğurdunda üretim sırasında veya ürünün tüketiciye ulaşıncaya kadarki depolanması, taşınması gibi aşamalarda hijyen koşullarının yeterince sağlanmadığına işaret etmektedir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Fonu tarafından desteklenen SBF-032 kodlu projede ile desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Akarca G, Tomar O, 2019. Afyonkarahisar İli Semt Pazarlarında Satılan Süzme (Kese) Yoğurtların Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri. Akademik Gıda, 17(2): 212–216.
- Anonim, 2009. Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği, Tebliğ No 2009/25. Resmi Gazete 27143,
- Anonim, 2011. Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği, Resmi Gazete 28157 (3. Mükerrer).
- Anonim, 2018. Ulusal Süt Konseyi Dünya ve Türkiye’de Süt Sektör İstatistikleri 2018 Süt Raporu, [https://ulusalsutkonseyi.org.tr/wp-content/uploads/Sut\\_Raporu\\_2018\\_Web\\_Kapakli.pdf](https://ulusalsutkonseyi.org.tr/wp-content/uploads/Sut_Raporu_2018_Web_Kapakli.pdf) (Erişim Tarihi: 18.02.2020).
- Aygun O, Pehlivanlar S, 2006. *Listeria* spp. in the raw milk and dairy products in Antakya, Turkey, Food Control, 17:676-679.
- Bakırcı İ, Sahan Tohma G, Kavaz Yüksel A, 2015. Erzurum Piyasasında Satışa Sunulan Yoğurtların Fiziksel, Kimyasal, Mikrobiyolojik ve Duyusal Özelliklerinin İncelenmesi. Akademik Gıda, 13(2): 127–134.
- Besse NG, Lombard B, Guillier L, François D, Romero K, Pierru S, Bouhier L, Rollier P, 2019. Validation of standard method EN ISO 11290 - Part 1 - Detection of *Listeria monocytogenes* in food, International Journal of Food Microbiology, 288: 13–21.
- Beykaya M, Özbey A, Yıldırım Z, 2017. Sivas İlindeki Bazı Süt İşletmelerine Gelen Sütlerin Fiziksel, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özelliklerinin Belirlenmesi, Türk Tarım - Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi 5(4): 338–396.
- Brooks JC, Martinez B, Stratton J, Bianchini A, Krokstrom R, Hutkins R, 2012. Survey of raw milk cheeses for microbiological quality and prevalence of foodborne pathogens, Food Microbiology, 31(2):154-158.
- Buehler AJ, Martin NH, Boor KJ, Wiedmann M, 2018. Evaluation of biopreservatives in Greek yogurt to inhibit yeast and mold spoilage and development of a yogurt spoilage predictive model. Journal of Dairy Science, 101(12): 10759–10774.
- Çardak AD, 2012. Microbiological and chemical quality of Çökelek cheese, Lor cheese and Torba (strained) yoghurt, African Journal of Microbiology Research, 6(45):7278-7284.
- Çetin B, Atik A, Karasu S, 2014. Kırklareli’nde Üretilen Yoğurt ve Ayrarların Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Kalitesi. Akademik Gıda, 12(2): 57–60.
- De Buyser ML, Lombard B, Schulten SM, In’t Veld PH, Scotter SL, Rollier P, Lahellec C, 2003. Validation of EN ISO standard methods 6888 Part 1 and Part 2: 1999—Enumeration of coagulase-positive Staphylococci in foods, International Journal of Food Microbiology, 83:185– 194.
- Demirkaya AK, Ceylan ZG, 2013. Bilecik’te Tüketime Sunulan Yoğurtların Kimyasal ve Mikrobiyolojik Kalitesinin Araştırılması. Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi, 8(3): 202–209.
- Durak Y, Keleş F, Uysal A, Aladağ MO, 2008. Konya Yöresi Taze Ev Yapımı Yoğurtların Mikrobiyolojik Özelliklerinin Araştırılması. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 22 (44): 113–117.



- EC, 2005. European Commission Regulation No. 2073/2005 of 15 November 2005 on microbiological criteria for foodstuffs. Off. J. Eur. Union L 338, 1–26. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/eur61603.pdf> (Erişim Tarihi: 17.02.2020).
- Ertaş N, Al S, Karadal F, Gönülalan Z, 2014. Kayseri İlinde Satışa Sunulan Manda Yoğurtlarının Mikrobiyolojik Kalitesi. İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 40 (1): 83–89.
- Fisberg M, Machado R, 2015. History of yogurt and current patterns of consumption. Nutrition Reviews, 73(S1): 4–7.
- Gasanov U, Hughes D, Hansbro PM, 2005. Methods for the isolation and identification of *Listeria* spp. and *Listeria monocytogenes*: a review, *FEMS Microbiology Reviews*, 29:851-875.
- Gezginc Y, Akbay C, 2015. An Analysis of Household's Yogurt Consumption in Turkey. Journal of Food and Nutrition Research, 3(4): 285-289.
- Halkman AK, 2005. Merck Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları. Başak Matbaacılık ve Tanıtım Hizmetleri Ltd. Şti, s.73–89, Ankara-Türkiye.
- ISO 11290-1, 2017. International Standard Organization 11290-1:2017. Microbiology of the food chain, Horizontal method for the detection and enumeration of *Listeria monocytogenes* and *Listeria* spp., Part 1: Detection method, Geneva-Switzerland.
- ISO 21527-1, 2008. International Standard Organization 21527-1:2008. Microbiology of food and animal feeding stuffs, Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds, Part 1: Colony count technique in products with water activity greater than 0.95, Geneva-Switzerland.
- ISO 4831, 2006. International Standard Organization 4831-1:2006. Microbiology of the food chain, Horizontal method for the detection and enumeration of coliforms - Most probable number technique, Geneva-Switzerland.
- ISO 4833-1, 2013. International Standard Organization 4833-1:2013. Microbiology of the food chain, Horizontal method for the enumeration of microorganisms, Part 1: Colony count at 30 degrees C by the pour plate technique, Geneva-Switzerland.
- ISO 6579-1, 2017. International Standard Organization 6579-1:2017. Microbiology of the food chain - Horizontal method for the detection, enumeration and serotyping of *Salmonella* - Part 1: Detection of *Salmonella* spp., Geneva-Switzerland.
- ISO 6881-1, 1999. International Standard Organization 6881-1:1999. Microbiology of food and animal feeding stuffs, Horizontal method for the enumeration of coagulase positive Staphylococci (*Staphylococcus aureus* and other species), Part 1: Technique using Baird-Parker agar medium, Geneva-Switzerland.
- ISO 6887-1, 2017. International Standard Organization 6887-1:2017. Microbiology of the food chain, Preparation of test samples, initial suspension and decimal dilutions for microbiological examination, Part 1: General rules for the preparation of the initial suspension and decimal dilutions, Geneva-Switzerland.
- ISO 7251, 2005. International Standard Organization 7251:2005. Microbiology of food and animal feeding stuffs, Horizontal method for the detection and enumeration of presumptive *Escherichia coli* - Most probable number technique, Geneva-Switzerland.
- Kılıç Altun S, Yiğın A, Demirci M, 2017. Şanlıurfa İlinde Satışa Sunulan Yoğurtlarda *Listeria* spp. Varlığının Real-Time PCR ile Araştırılması, Erciyes Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi, 14(2):81-86.
- Kızılaslan N, Solak İ, 2016. Yoğurt ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri. Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, 12: 52–59.
- Köse Ş, 2018. Kış Yoğurdu. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8(2): 115-121.



- Mooijman KA, Pielaat A, Kuijpers AFA, 2019. Validation of EN ISO 6579-1 - Microbiology of the food chain – Horizontal method for the detection, enumeration and serotyping of *Salmonella* - Part 1: detection of *Salmonella* spp., International Journal of Food Microbiology, 288:3-12.
- Öney Tan A, 2011. Yoghurt in the Turkish Kitchen. Cured, Fermented and Smoked Foods. Proceedings of the Oxford Symposium on Food and Cookery 2010. Prospect Books, s. 322–331, Devon, Büyük Britanya.
- Özbek FŞ, Fidan H, 2010. Türkiye ve Avrupa Birliği'nde Gıda Standartları. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 24(1): 92–100.
- Parseelan A, Muthu S, Kannan P, Ayyasamy E, Narayanan R, 2019. Aerobic Plate Count of Milk and Dairy Products Marketed in Different Zones of Chennai, International Journal of Livestock Research, 9(3): 97–102.
- Savran D, Halkman AK, 2017. Yoğurt Fermantasyonu Sırasında *Salmonella enteritidis*'in Farklı İnokülasyon Koşullarında Canlı Kalma Durumunun Araştırılması, Gıda, 42(1): 1-7
- Sömer VF, 2013. Dayanıklı Yoğurtların Mikrobiyolojik, Fizikokimyasal Özelliklerinin ve Biyojen Amin İçeriklerinin Belirlenmesi, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Tavşanlı H, Gökmen M, Önen A, 2020. Balıkesir ilinde semt pazarlarında satışa sunulan yoğurtların fiziko-kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesinin araştırılması. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22(1): 318-326.
- Törnük F, Sağdıç O, Yetim H, 2010. Geleneksel Bir Koyulaştırılmış Yoğurt: Peskütan. 1. Uluslararası Adriyatik'ten Kafkaslara Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, 15-17 Nisan 2010, Tekirdağ.
- Yeni F, Acar S, Polat ÖG, Soyer Y, Alpas H, 2014. Rapid and standardized methods for detection of foodborne pathogens and mycotoxins on fresh produce. Food Control, 40: 359–367.

**Kavut Ununun Besinsel Bileşimi ve Antioksidan Kapasitesinin Belirlenmesi**Yağmur ERİM KÖSE<sup>1\*</sup>

**ÖZET:** Van yöresi başta olmak üzere, Doğu Anadolu Bölgesinde sık tüketilen geleneksel kahvaltılık çeşitlerinden biri de kavuttur. Kavut; kavut unu olarak isimlendirilen ve buğdayın öğütülüp, kavrulmasıyla elde edilen tam buğday ununun, şeker, süt ve yağ ile pişirildikten sonra, isteğe göre bal veya reçelle tatlandırılan lezzetli ve besleyici bir gıdadır. Bu çalışmada; Van yöresindeki farklı üreticilerden 20 adet kavut unu temin edilerek, fizikokimyasal ve enzimatik değişimleri incelenmiş, toplam fenolik madde ve antioksidan aktiviteleri araştırılmıştır. Karbonhidrat içeriği oldukça yüksek bulunan kavut unlarında en yüksek değer %75.49 olarak bulunmuştur. Lipaz enzim aktivitesi ortalama 2.12 U g<sup>-1</sup> olarak hesaplanan çalışmada, enzim aktivitesinin kavurma prosesiyle birlikte tamamen inaktif hale gelemediği ancak büyük oranda kısıtlandığı kanısına varılmıştır. Metanol çözücüsü kullanılarak elde edilen kavut unu ekstraktlarının antioksidan aktiviteleri DPPH ve TEAK yöntemleri kullanılarak belirlenmiştir. Kavut unlarının toplam fenolik madde miktarı 2404.167-2716.667 mgGAE kg<sup>-1</sup> arasında değişmekte olup, antioksidan aktivite değerleri sırasıyla ortalama %42.642 ve 12.972 mmol troloks g<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kavut, antioksidan aktivite, acılaşıma, lipaz enzim aktivitesi

**Determination of Nutritional Composition and Antioxidant Capacity of Kavut Flour**

**ABSTRACT:** Kavut is one of the traditional and frequently consumed breakfast recipes in Eastern Anatolia Region, especially in Van region. It is a delicious and nutritious food that is prepared from roasted whole wheat flour, cooked with sugar, milk and oil, and optionally consumed with honey or jam. In this study, 20 kavut flour samples from different producers in Van region were obtained and physicochemical and enzymatic changes with total phenolics and antioxidant activities investigated. 75.49% of the value was determined in the flour, which has a very high carbohydrate content. The lipase enzyme activity was calculated as 2.12 U g<sup>-1</sup> on average, it was concluded that the enzyme activity did not become completely inactive with the roasting process, but was restricted to a large extent. The antioxidant activity of the methanol extracted kavut flours were determined by DPPH and TEAC methods. The total amount of phenolic contents varies between 2404.167-2716.667 mgGAE kg<sup>-1</sup>, and antioxidant activity values were determined as 42.642% and 12.972 mmol troloks g<sup>-1</sup>, respectively.

**Key Words:** Kavut, antioxidant activity, rancidity, lipase enzyme activity

<sup>1</sup> Yağmur ERİM KÖSE (ORCID ID: 0000-0002-8008-0009), Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Van, Türkiye.

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Yağmur ERİM KÖSE, yagmurerim@yyu.edu.tr

Geliş tarihi / Received: 17-02-2020

Kabul tarihi / Accepted: 18-08-2020

## GİRİŞ

Beslenme en önemli öğünü olarak bilinen kahvaltı, özellikle çocukluk çağı başta olmak üzere tüm yaşlarda sağlığın yaşam boyu korunması için önem arz etmektedir (Ersoy ve Ayaz, 2012; Faydaoğlu ve ark., 2013). Ülkemizde kahvaltı denince akla ilk gelen yöre Doğu Anadolu Bölgesinde yer alan Van ilidir. Bunda Van kahvaltısının kahvaltı çeşitliliğinin oldukça fazla olmasının yanı sıra, bu çeşitlerin yöreye özgü hammadde ve geleneksel üretim prosesleriyle üretilmesinin katkısı oldukça büyüktür. Kavut, kavrulmuş buğdayın öğütülmesi ile elde edilen kavut ununun tereyağı ile tavada karıştırılıp bulamaç haline getirildikten sonra, isteğe göre bal, şeker veya reçelle tüketilen Van kahvaltılık çeşididir (Ocak, 2016). 25.10.2018 tarihi itibari ile mahreç işareti ile tescillenmiş olan Van Kavut' unun üretiminde Van'ın organik madde açısından fakir topraklarında ve sert iklim koşullarında yetiştirilen Tir buğdayından (*Triticum aestivum* Var. *Aestivum* L. ssp. *Leucospermum* Korn.) elde edilen un kullanılmalıdır (Anonim, 2020). Kavut unu elde edilirken buğday tanesi bütün olarak öğütülmektedir. Öğütme işleminde günümüzün modern valsli değirmenlerinden ziyade geleneksel taş değirmenler (el değirmeni) kullanılmaktadır. Bu sayede buğday kabuktan ayrılmamakta ve değirmencilikte yan ürün olarak nitelendirilen bonkalite, kırık buğday, ince kepek, kalın kepek, razmol ve ruşeym gibi ürünler (Ertop ve ark., 2016) kavut ununun içine karışmaktadır.

Bonkalite; buğdayın ince kepek ve endosperm kısımlarından oluşmakta en az %10 protein ve en çok %3 ham selüloz içermektedir (Anonim, 2018). Kepek buğdayın aleuron tabakası ile birlikte unsu endospermi saran bütün dış tabakası iken, razmol kepeğin daha ince öğütülmüş ve aleuronca zengin kısmıdır (Güven, 2012). Buğdayda bulunan K, P, Mg, Ca ve Na gibi minerallerin büyük çoğunluğu aleuron tabakasında bulunmaktadır (Karaoğlu ve Kotancılar, 2006). Ruşeym ise tanenin filizlenerek yeni bir bitkiye hayat veren kısmıdır (Hoseney, 1994).

Genel olarak yağca zengin olan ruşeym; yüksek oranda protein, lif ve mineral madde içermesi, enzim, B ve E grubu vitaminlerce zengin olması nedeniyle buğdayın en değerli kısmı olarak bilinmektedir. Özellikle diğer tahıl ürünlerine kıyasla elzem amino asit içeriği (lisin, metionin, treonin), oleik, linoleik ve linolenik asit gibi doymamış yağ asidi içeriği açısından da zengindir (Brandolini ve Hidalgo, 2012; Mahmoud ve ark., 2015). Ruşeym başta tokoferoller olmak üzere fenolik asit, flavonoid ve karotenoid gibi serbest radikallere karşı koruyucu etkisi olan değerli antioksidan bileşenleri de içermektedir (De Vasconcelos ve ark., 2013). Günümüz değirmencilikinde ruşeym başta olmak üzere diğer değirmencilik yan ürünlerinin de öğütme sırasında parçalanarak una karışması istenmemektedir. Aksi takdirde ihtiva ettikleri hidrolitik ve oksidatif enzimler sebebiyle (lipaz, lipoksigenaz, lipoksidaz, proteaz vb.) unda ransit tat ve aroma oluşmakta, renk değişimi ve besin değerinde azalmalar görülmektedir (Haridas Rao ve ark., 1980; Ünaldı, 2012). Kavut unu ise acılaşmaya ve erken bozulmaya sebebiyet veren kepek ve ruşeym gibi tüm bu yan ürünleri içermesine rağmen raf ömrü oldukça uzundur. Çünkü geleneksel üretim prosesi olan kavurma işlemi sayesinde hidrolitik ve oksidatif enzimlerin aktivitesi sınırlandırılmaktadır. Ayrıca, kavurma prosesiyle lezzetin artırılması, gıdanın organoleptik özelliklerinin iyileştirilmesi tanede nişasta jelatinizasyonu ve protein denatürasyonu ile birlikte sindirilebilirliğin artması da sağlanmaktadır (Güleşçi ve Aygül, 2016).

Ülkemizde üretim prosesi olarak kavurma işleminin kullanıldığı yegane gıdaların başında çerezler gelmektedir. Tüm tane tahıllar, baklagiller, yağlı tohumlar ve sert kabuklu meyveler sıklıkla kavurularak tüketime sunulmaktadır (Sayaslan ve ark., 2016). Kavrulmuş buğday ve mısır tüm tane tahılların kavurulmasıyla elde edilen çerez gıdaların en önemlileri olup, yöresel olarak kavurga ismiyle anılmaktadır. Kavurganın karakteristik özelliklerinin ortaya çıkması, gevrekliğinin artması, renk özelliklerinin iyileştirilerek lezzetin artması kavurma prosesi sayesinde gerçekleşmektedir. Ayrıca kavurma ile beraber

kavurganın ortalama kimyasal bileşimiyle birlikte, antioksidan kapasitesi ve fenolik madde içeriğinin de etkilendiği de düşünülmektedir (Güleşi ve Aygöl, 2016). Erim Köse ve Nayman (2019), tarafından yapılan bir çalışmada, Van ilinden temin edilen çedeneli buğday kavurgasının ortalama kimyasal bileşimi ve antioksidan kapasitesi araştırılmıştır. Kavurganın yüksek oranda karbonhidrat, protein ve düşük oranda yağ içerdiği saptanırken, TFM değeri ile DPPH inhibisyonu arasında yüksek bir korelasyon bulunmuştur. DPPH değeri %87.31, TEAK değeri 17.314 mmol troloks g<sup>-1</sup> olarak ifade edilmiştir. Oğuz (2008), tarafından Sivas ve Karaman illerinden temin edilmiş buğday kavurgalarının antioksidan kapasiteleri TEAK yöntemine göre ortalama 3,3 µmol troloks esdegeri g<sup>-1</sup>, FRAP yöntemine göre ise 5,7 µmol troloks esdegeri g<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Kavurgaların ortalama fenolik madde içerikleri ise 81,3 mg gallik asit eşdeğeri 100 g<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir. Bu değerlerin diğer çerez türlerine kıyasla kavrulmuş leblebi ve kızartılmış mısıra yakın, kavrulmuş mısırdan ise düşük olduğu ifade edilmiştir. Akarçay (2014), buğday kavurgasının düşük oranda nem ve yağ, yüksek oranda protein ve karbonhidrat içerdiğini belirterek, toplam diyet lif oranını %16.5, dirençli nişasta oranını ise %10.9 olarak ifade etmiştir. Bir üretim metodundan ziyade değirmencilik atıklarında etkili bir stabilizasyon sağlamak için de kavurma prosesinden yararlanılmaktadır. Zou ve ark. (2018), 180 °C' de 5, 10 ve 20 dakika boyunca ham ruşeymleri kavurarak stabilize etmişlerdir. Kavrulan ruşeymlerden ekstrakte edilen yağların yağ asidi bileşiminde önemli bir değişiklik olmadığını ancak toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite değerlerinin artan kavurma süresi ile beraber arttığını bildirmişlerdir. Yapılan bir başka çalışmada ise 180 °C' de 20 dakika boyunca kavruan ruşeymin yüksek antioksidan aktivite gösterdiği, artan kavurma süresinin ise fenolik bileşikler azaltıcı yönde etkisi olduğu saptanmıştır (Zou ve ark., 2015). Pirinç sanayiinin değerli bir atığı olarak bilinen pirinç kepeği Thanonkaew ve ark. (2012), tarafından 150 °C 'de 10 dakika boyunca kavruarak stabilize edilmiştir. Stabilize edilmiş örneklerden ekstrakte edilen yağların asitlik ve peroksit değerlerinde anlamlı bir azalma saptanırken, yüksek antioksidan aktivite gösterdiği rapor edilmiştir.

Kavut unu ile ilgili yapılan çalışmalar literatürde oldukça kısıtlı sayıda olup, var olan çalışmalar kavut ununun kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin incelenmesi (Çetinkaya, 2019) veya kavut için en iyi formülasyon ve üretim prosesinin belirlenmesine (Karaoğlu ve Kotancılar, 2006) yöneliktir. Bu çalışmada ise taze kavut ununun ortalama kimyasal bileşimi ortaya konarak, lipaz enzim aktivitesi ölçülmüş, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite değerleri belirlenmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Materyal

Kavut unları taze olarak Van kahvaltıcılar çarşısında hizmet veren kahvaltı dükkânlarından temin edilmiştir. Sac tavalarda üzerinde yaklaşık 2 dakika boyunca 250 °C' de kavruan temizlenmiş buğdaylar, taş değirmende öğütülerek 200' er gramlık polietilen poşetlere doldurulmuştur. 20 adet örnek laboratuvara getirilerek, analiz boyunca +4 C' de 1 hafta boyunca depolanmıştır. Ayrıca kullanılan diğer tüm kimyasal maddelerin analitik saflıkta ve nitelikte olmasına özen gösterilmiştir.

### Kavut Ununun Genel Kimyasal Bileşiminin Belirlenmesi

Kavut unu örnekleri sabit tartıma gelinceye kadar etüvde kurutulmuş, nem tayini gerçekleştirilmiştir (Yöntem 44-15.02, AACC, 1999). Toplam azot miktarı Kjeldahl yöntemiyle belirlenmiş ve belirlenen değer 5.7 faktörü ile çarpılarak % protein olarak ifade edilmiştir (Yöntem 46-12.01, AACC, 1999). Yağ tayini Soxhlet ekstraksiyonu yöntemi kullanılarak AACC (30-25.01)' e göre hesaplanmıştır (AACC, 1999).

Kavut ununun kül içeriği 600 °C' de sabit ağırlığa ulaşıncaya kadar kül fırınında yakma yöntemiyle belirlenmiştir (Yöntem 08-0.01, AACC, 1999).

Toplam karbonhidrat içeriği ise;

%Toplam Karbonhidrat = 100 –%(Nem+Protein+Yağ+Kül) şeklinde hesaplanmıştır (Sayaslan ve ark., 2016).

### Lipaz Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi

Homojenize edilmiş 2 g kavut unu iki ayrı santrifüj tüpüne alınarak, üzerlerine 1.5 mL zeytin yağı ilave edilmiş ve etkin bir şekilde karıştırılmıştır. Karıştırma sonunda tüplerden biri 45 °C’ de 4 saat inkübasyona (Nüve EN400, Türkiye) bırakılmıştır. Diğer tüpteki örnek 30 mL hegzan ile ekstrakte edilmiş ve çözücü hızla uzaklaştırılmıştır (IKA RV 10 rotary evaporatör, Germany). Ekstraksiyon sonrası kalıntının üzerine 4 mL izooktan konularak çözündürülmüş ve pH’ sı 6.1’ e ayarlanmış bakır asetattan 2 mL (%5) ilave edilmiştir. 1000 x g’de 3 dakika gerçekleşen santrifüj sonunda (Hettich Zentrifugen Universal 32 R, Germany), üstte kalan mavi-yeşil renkli organik fazın absorbansı derhal 715 nm’ de okunmuştur (UV Mini-1240, Shimadzu, Japan). İnkübasyona bırakılan diğer örneğe de aynı işlemler uygulanarak absorbans değeri elde edilmiştir. Lipaz enzim aktivitesi değeri U g<sup>-1</sup> değeri olarak, aşağıda verilen formüle göre hesaplanmıştır (Xu ve ark., 2013).

$$LA = 1000 \frac{(4 + v)(Af - Ai)}{\varepsilon \cdot t \cdot l \cdot s}$$

LA = lipaz enzim aktivitesi (U g<sup>-1</sup>)

1000 = çevirme faktörü (mol L<sup>-1</sup> den µmol mL<sup>-1</sup>,ye)

4 = kullanılan izooktanın hacmi (mL)

v = kullanılan zeytinyağının hacmi (mL)

Af=inkübe edilen örneğin 715 nm’ de okunan absorbans değeri

Ai = inkübe edilmeyen örneğin 715 nm’ de okunan absorbans değeri

ε = oleik asite ait 715 nm’ de okunan molar absorbans katsayısı (M<sup>-1</sup>·cm<sup>-1</sup>)

t = inkübasyon süresi (saat)

l = küvet kalınlığı (1 cm )

s = örnek ağırlığı (g)

### Toplam Fenolik Madde Ve Antioksidan Aktivite Tayini İçin Ekstraktların Hazırlanması

Soğuk ekstraksiyon yöntemi ile yağı uzaklaştırılmış kavut unu örneklerinden 2.5 g alınarak son hacim 25 mL ye tamamlanmıştır. Öncelikle 2.5 g yağsız örnek 10 mL metanol ile orbital çalkalayıcıda 250 rpm’de 2 saat boyunca çalkalanmış ve hemen ardından 10000 rpm’de 10 dakika boyunca santrifüjlenmiştir. Son hacim 25 mL ye tamamlanincaya kadar bu işleme devam edilmiştir. Elde edilen ekstrakt azot gazı altında kapatılarak -25°C’de analiz edilinceye kadar saklanmıştır (Bakkalbaşı, 2009).



### Toplam Fenolik Madde Tayini

Kavut ununun metanol ekstraktlarında toplam fenolik madde tayini Folin & Ciocalteu's yöntemine göre yapılmıştır.

Bu yönteme göre deney tüplerine öncelikle 150 µL ekstrakt konulmuş ve üzerine 3 mL Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (%2) ilave edilmiştir. Ultra saf su ve 1:1 oranında seyreltilmiş Folin-Ciocalteu's ayırıcından 150 µL eklenen tüpler vorteks ile hızlıca karıştırılarak oda sıcaklığında ve karanlıkta 45 dakika boyunca bekletilmiştir. Süre sonunda spektrofotometrede 765 nm'de (UV Mini-1240, Shimadzu, Japan) okuma yapılmıştır. Toplam fenolik madde derişimi gallik asit ile oluşturulan kalibrasyon grafiğinden hesaplanmış ve sonuçlar, gallik asit eşdeğeri olarak ifade edilmiştir (Bae ve Suh, 2007).

### Antioksidan Aktivitenin Belirlenmesi

Kavut unu örneklerinde antioksidan aktivite ölçümü DPPH radikali temizleme özelliği ve Troloks eşdeğeri antioksidan kapasitesinin (TEAK) belirlenmesi olmak üzere iki farklı yöntemle gerçekleştirilmiştir.

### DPPH radikali temizleme özelliği

Brand-Williams ve ark. (1995)'nin uyguladığı yönteme göre yapılmıştır. Bu yönteme göre; hazırlanan ekstraktlardan 100 µL tüplere konulmuş ve üzerlerine 2.4 mL DPPH çözeltisi eklenerek, 30 dakika boyunca karanlıkta bekletilmiştir. Örneklerin absorbansı 520 nm'de metanole karşı okunarak (UV Mini-1240, Shimadzu, Japan) , DPPH radikalinin % inhibisyon oranı aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır (Dudonne ve ark., 2009).

$$\% \text{İnhibisyon} = (\text{Abs kontrol} - \text{Abs örnek}) / \text{Abs kontrol} \times 100$$

### Troloks eşdeğeri antioksidan kapasitesinin (TEAK) belirlenmesi

TEAK analizi Kırca ve Özkan, (2007)' in uyguladığı yönteme göre yapılmıştır. Deney tüpüne % 80' lik etanol ile seyreltilerek hazırlanan ABTS•+ radikal çözeltisinden 2970 µL alınmış ve üzerine kavut unu ekstraktından 30 µL eklenmiştir. Bu karışım vorteksle hızlıca karıştırılmış ve 6 dakika sonunda spektrofotometrede (UV Mini-1240, Shimadzu, Japan) 734 nm'de okuma yapılmıştır. Sonuçların hesaplanmasında Troloks standart kurvesinden yararlanılmıştır. Sonuçlar mmol Troloks eş. g<sup>-1</sup> KM olarak ifade edilmiştir.

### İstatistiksel Analiz

Araştırmada elde edilen sonuçların istatistiksel değerlendirmesinde; örneklerin ortalama değerleri ve standart hataları IBM SPSS Statistic 20 paket programı kullanılarak hesaplanmıştır. Analizler 3 tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

### BULGULAR VE TARTIŞMA

Kavut ununa ait olan ortalama kimyasal bileşim ve enzim aktivite değerleri Çizelge 1' de gösterilmektedir. Literatürde farklı buğday çeşitlerinden elde edilen tam buğday unlarının nem miktarları %8.83 ile %10.40 arasında değişmekte olup (Prabhasankar ve Haridas Rao, 2001; Van Hung ve ark., 2007; Demir, 2015), kavut ununun nem miktarının daha düşük seviyelerde olduğu görülmektedir. Çünkü kavurma prosesiyle düşük sürelerde yüksek sıcaklık seviyelerine çıkılarak buğday tanesindeki nem seviyesi hızlı ve etkin bir şekilde düşürülmüştür. Kavut ununun kül ve protein oranları Çetinkaya, (2019) ve Karaoğlu ve Kotancılar, (2006) tarafından yapılan kavut unu çalışmalarındaki oranlara oldukça yakın olup, karbonhidrat miktarı ortalama %76.97 olarak hesaplanmıştır. Tam buğday ununa kıyasla yağ miktarı yüksek olan kavut unu yağ ve şeker ile birlikte pişirilerek tüketildiğinde kalorisi yüksek, besleyici bir geleneksel gıda olarak nitelendirilebilir.

**Çizelge 1.** Kavut unu örneklerine ait (n=20) fizikokimyasal ve enzimatik analiz sonuçları

	Nem (%)	Yağ (%)	Protein (%)	Kül (%)	Karbonhidrat (%)	Lipaz Aktivitesi (U g <sup>-1</sup> )
Minimum	6.98	3.77	9.57	1.22	75.49	2.88
Maksimum	7.65	4.02	11.07	1.77	78.46	3.75
Ortalama	7.07±0.05	3,88±0.11	10.17±0.18	1.60±0.05	76.97±0.00	2.12±0.22

Buğday tanesinin tohum kabuğunda lipolitik enzimler, aleuron tabakasında ise yağ molekülleri bulunmaktadır. Tanenin fiziksel yapısı sayesinde birbirleriyle temas halinde bulunmayan bu iki bileşen, değirmende öğütme işlemini takiben bir araya gelerek hızlıca enzimatik hidroliz reaksiyonunu başlatırlar (Şeran, 2011; Yılmaz, 2014). Enzimlerin inaktif hale gelmesinde en etkin yöntemin ısı işlem olduğu bilinmektedir. Kavut unu elde edilirken buğday tanesi yüksek sıcaklıklarda kavrulmayı takiben öğütme işlemine maruz bırakıldığından dolayı, lipolitik enzimlerin öğütme aşamasından önce tamamen inaktif hale gelmiş olması beklenir. Ancak Çizelge 1’ de lipaz enzim aktivitesi değeri ortalama 2.12 U g<sup>-1</sup> olarak belirlenmiş, kavurma prosesinin tamamen inaktivasyon sağlayamadığı görülmüştür. Çünkü, enzimler protein yapılı biyomoleküller olduklarından dolayı düşük nemli ortamlarda ısıl denatürasyona karşı direnç göstermektedirler (Saldamlı, 2007). Bu durumda, kavut unu elde edilirken, buğdayın susuz ortamda yüksek sıcaklığa maruz bırakılması neticesinde lipaz inaktivasyonu tam olarak sağlanamamış, sadece aktivasyonda belirli bir düşüş yaşanmıştır. Literatürde kavut ununun enzim aktivitesini belirlemeye yönelik herhangi bir çalışma olmamakla birlikte, farklı tahıl ürünlerinde lipaz enzimi aktivite ölçümleri yapılmıştır. Örneğin, Rose ve Pike (2006), tarafından buğday tanesinin enzim aktivitesi en yüksek 3.54 U g<sup>-1</sup> olarak belirlenirken, ham buğday kepeğindeki değerler 2.21-9.42 U g<sup>-1</sup> aralığında bulunmuştur. Rose ve ark., (2008), tarafından yapılan bir çalışmada ise, lipaz enzim aktivitesi 4.23 U g<sup>-1</sup> olarak belirlenen ham buğday kepeği, 175 °C’ de 15 dakika boyunca etüvde kuru ısıl işleme maruz bırakılmış ve lipaz enzim aktivitesi 2.22 U g<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Ham buğday ruşeyminin stabilizasyonu için sıcaklık kontrollü kızılötesi kısa dalga radyasyonu uygulanan bir çalışmada; ham ruşeym 70°C’ de 60 dakika, 80°C’ de 45 dakika ve 90° C’ de 20 dakika boyunca stabilize edilmiştir. Susuz ortamda gerçekleşen stabilizasyon sonucu üründe geriye kalan lipaz enzim miktarı sırasıyla, %9.43, 7.72, 18.02 olarak belirlenmiştir (Li ve ark., 2016). Lipaz enzim inaktivasyonunda nemli ısıl işlemin kuru ısıl işleme göre daha etkin sonuç verdiği çalışmalarla kanıtlanmıştır. Sudha ve ark. (2007), kuru ısıl işlemde kaynaklı sorunları yok edebilmek için ham buğday ruşeymini öncelikle otoklavlamış sonrasında nemi oldukça yükselen bu ürünü etüvde, fırında ve mikrodalgada kurutmuştur. Otoklavlandıktan sonra kurutulan tüm örneklerde lipaz enziminin inaktif hale geldiği açıklanmıştır. Başka bir çalışmada ise 240 saniye buhar verilerek stabilize edilen buğday tanesinde lipaz enzim aktivitesi %84.4 oranında azalma göstermiştir (De Almedia ve ark., 2014). Sonuç olarak düşük neme sahip ruşeym örneklerinde lipaz enziminin geri dönüşümsüz olarak inaktif etmenin oldukça zor olduğu saptanmıştır. Tüm bu veriler göz önüne alındığında, kavut ununun ortalama lipaz enzim aktivitesi değerinin kuru ısıl işlem (kavurma) sonucu kabul edilebilir bir değer olduğu anlaşılmaktadır.

**Çizelge 2.** Kavut unu örneklerine ait (n=20) toplam fenolik madde (TFM) ve antioksidan aktivite (DPPH ve TEAK) sonuçları

	TFM (mg kg <sup>-1</sup> )	DPPH (%)	TEAK (mmol trolox g <sup>-1</sup> )
Minimum	2404.167	39.394	10.784
Maksimum	2716.667	45.141	13.529
Ortalama	2595.833	42.642	12.972

Kavut unu örneklerine ait toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite değerleri Çizelge 2’ de gösterilmektedir. Örneklerin ortalama TFM değerleri 2595.833 mgGAE kg<sup>-1</sup> olarak hesaplanmış olup, buğday ve tam buğday unu ile ilgili yapılan çalışmalara kıyasla (Demir, 2015; Oğuz ve Sayaslan 2019)

yüksek değere sahip olduğu görülmektedir. Literatürde uygulanan ısıtma işlemi sonucunda gıdanın TFM değerinin arttığı (Michalczyk ve ark., 2009; Ertekin Filiz, 2015; İzli, 2017), azaldığı (Pradeep, 2014; Zou ve ark., 2015) veya değişmeden kaldığını ifade eden (De Vasconcelos ve ark., 2013; Nordin ve ark., 2014) çalışmalar yer almaktadır. Bu çalışmalarda bazı araştırmacılar gıdalara uygulanan ısıtma işlemlerinin gıdanın hücre duvarında yıkım başlatarak, çözünmez formdaki fenolik bileşenlerin serbest hale geldiğini savunurken, bazıları ısıtma işleminin fenolik bileşenlere zarar vererek miktarlarının azalmasına sebebiyet verdiğini savunmaktadırlar (Meral, 2016). Bu çalışmada uygulanan yüksek sıcaklıktaki ısıtma işlemi ile (kavurma) kavut örneğinin TFM değerinin tam buğday ununa kıyasla yüksek olduğu kanaatine varılmıştır. Bu durum birden çok ihtimali beraberinde getirmektedir. Örneğin; kavurma prosesi sırasında uygulanan yüksek sıcaklıkla birlikte bağlı fenolik bileşenler serbest forma geçerken (İzli, 2017), uygulanan sürenin oldukça kısa tutulması serbest forma geçen fenolik bileşiklerin zarar görebilmesini engellemiş olabilir. Ayrıca kavutunun hammaddesi olan buğdayın türü (Ereke ve ark., 2016) ekstraksiyon için kullanılan yöntem ve çözücü dahi (Zhou ve Yu, 2004) bu sonucu etkilemektedir. Antioksidan aktivite tayini yöntemlerinden biri olan DPPH yönteminde kullanılan DPPH çözültüsü (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) sulu ortamlardan çok organik çözücüler içerisinde çözünebilirken, TEAK yönteminde kullanılan ABTS•+ radikal çözültüsü (2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) organik çözücülerde ve sulu ortamlarda çözünebilmektedir (Şanlıdere Aloğlu, 2010). Çalışmada her iki farklı yöntem de kullanılarak hem hidrofilik hem de lipofilik bileşenlerin radikal giderme aktiviteleri ölçülmüştür. % inhibisyon olarak 42.642 olarak hesaplanan DPPH yöntemiyle antioksidan aktivite, TEAK yönteminde 12.972 mmol troloks g<sup>-1</sup> olarak ifade edilmiştir. Ereke ve ark., (2016), tarafından yapılan bir çalışmada farklı buğday çeşitlerinin antioksidan aktivitesi DPPH yöntemi ile %11.89-26.33 arasında hesaplanmış olup, kavut unundan oldukça düşük olduğu görülmektedir. Yılmaz (2011), tarafından ise tam buğdayın TEAK değeri 11.29 µmol TE g<sup>-1</sup> yağsız örnek KM olarak ifade edilmiştir. Literatürde kavutunun antioksidan kapasitesi ile ilgili mevcut çalışma olmayıp, tam buğday ve tam buğday ununa kıyasla verilen değerlerden kavutunun yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduğunu söylemek mümkündür.

## SONUÇ

Kavutun ana maddesi olan kavutunu farklı üreticilerden temin edilerek ortalama besinsel içeriği ve antioksidan kapasitesi ortaya konulmuştur. Kavutunun yüksek karbonhidrat içeriğinin yanı sıra yüksek oranda protein ihtiva ettiği ayrıca kavurma prosesi ile birlikte lipaz enzim aktivitesinin oldukça düşük değerlerde sınırlandırılarak uzun raf ömrüne sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca literatürde mevcut çalışmalarca daha önce belirlenmeyen fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivitesi araştırılarak, tam buğday unundan yüksek kapasiteye sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Besin değeri oldukça yüksek olan kavutunu özellikle market raflarında bulunabilir hale getirilmeli, geleneksellikten-endüstrileşmeye çalışmalar yapılmalıdır. Ayrıca kavutunun tahıl esaslı farklı gıda maddelerinin hazırlanmasında kullanılabilen olanakları araştırılmalıdır.

## KAYNAKLAR

- AACC, 1999. Approved Methods. 9th Edition. American Association of Cereal Chemists, Saint Paul, Minnesota.
- Akarçay E, 2014. Kavutun Üretilen Mısır, Buğday ve Nohut (Leblebi) Çerezlerinin Beslenme Açısından Önemli Karbonhidrat Fraksiyonlarının Belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Anonim, 2018. Bonkalite Un Nedir? <http://www.temellerun.com/tr/bonkalite-nedir.html> (Erişim tarihi. 14.01.2018).

- Anonim, 2020. Mahreç İşareti-Van Kavut. <https://www.ci.gov.tr/Files/GeographicalSigns/390.pdf>. (Erişim tarihi: 12.06.2020).
- Bakkalbaşı E, 2009. Farklı Ambalaj Materyalleri ve Depo Koşullarının Ceviz İçi Bileşimine Etkisi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, (Basılmış).
- Bae SH, Suh HJ, 2007. Antioxidant activities of five different mulberry cultivars in Korea. *LWT-Food Science and Technology*, 40: 955-962.
- Brandolini A, Hidalgo A, 2012. Wheat Germ: Not Only a By-product. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63 (S1): 71-74.
- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C, 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, 28 (1): 25-30.
- Çetinkaya A, 2019. Chemical And Microbiological Properties of Kavut Flour Produced in Some Regions of Turkey. *International Journal of Food and Nutrition Research*, 2 (17):1-8.
- De Vasconcelos MCBM, Bennett R, Castro CABB, Cardoso P, Saavedra MJ, Rosa EA, 2013. Study of Composition, Stabilization and Processing of Wheat Germ and Maize Industrial By-products. *Industrial Crops and Products*, 42: 292-298.
- De Almeida JL, Pareyt B, Gerits LR, Delcour JA, 2014. Effect of Wheat Grain Steaming and Washing on Lipase Activity in Whole Grain Flour. *Cereal Chemistry*, 91(4):321-326.
- Demir MK, 2015. Bisküvi Üretiminde Tam Buğday Unu Ve Paçalarının Kullanımı. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 21 (2015): 100-107.
- Dudonné S, Vitrac X, Coutiere P, Woillez M, Mérillon JM, 2009. Comparative study of antioxidant properties and total phenolic content of 30 plant extracts of industrial interest using DPPH, ABTS, FRAP, SOD, and ORAC assays. *Journal of agricultural and food chemistry*, 57 (5): 1768-1774.
- Ereku O, Yiğit A, Koca YO, Ellmer F, Wei K, 2016. Bazı Ekmeklik Buğday (*Triticum Aestivum* L.) Çeşitlerinin Kalite Potansiyelleri ve Beslenme Fizyolojisi Açısından Önemi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25 (ÖZEL SAYI-1): 31-36.
- Erim Köse Y, Nayman H, 2019. Geleneksel Bir Çerez Olan Buğday Kavurgasının Antioksidan Aktivitesinin Belirlenmesi. *International Conference on Agriculture and Rural Development III*, 20-22 Aralık 2019, Van.
- Ersoy N, Ayaz A, 2012. Üniversite Öğrencilerinin Kahvaltı Yapma Alışkanlıklarının Saptanması. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 40 (3): 211-217.
- Ertop MH, Kutluk K, Coşkun K, Canlı S, 2016. Gıda Endüstrisi Yan Ürünleri Kullanımıyla Cips Üretimine Yeni Bir Yaklaşım: Zenginleştirilmiş Gluten Cipsi. *Akademik Gıda*, 14 (4): 398-406.
- Ertekin Filiz B, 2015. Elma Cipsinin Bazı Kalite Ve Antioksidan Özelliklerine Kurutma, Ambalajlama Ve Depolamanın Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmış).
- Faydaoğlu E, Energin E, Sürücüoğlu MS, 2013. Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesinde Okuyan Öğrencilerin Kahvaltı Yapma Alışkanlıklarının Saptanması. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 2 (3), 299-311.
- Güven M, 2012. Farklı Buğday Çeşitlerinden Elde Edilen Rüşeym Yağlarının Yağ Asidi Dağılımları ve Antioksidan Aktiviteleri Üzerine Bir Araştırma. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Güleşçi N, Aygül İ, 2016. Beslenmede Yer Alan Antioksidan ve Fenolik Madde İçerik Çerezler. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 5 (1), 109-129.
- Haridas Rao P, Kumar GV, Ranga Rao GCP, Shurpalekar SR, 1980. Studies On Stabilization of Wheat Germ. *Lebensmittel-Wissenschaft u Technologie*, 13: 302-307.
- Hoseney RC, 1994. Principles of Cereal Science and Technology. American Association of Cereal Chemists, ABD.
- İzli G, 2017. Total Phenolics, Antioxidant Capacity, Colour and Drying Characteristics of Date Fruit Dried With Different Methods. *Food Science and Technology (Campinas)*, 37 (1): 139-147.
- Karaoğlu MM, Kotancilar HG, 2006. Kavut, a Traditional Turkish Cereal Product: Production Method and Some Chemical and Sensorial Properties. *International Journal of Food Science and Technology*, 41 (3): 233-241.



- Kırca A, Özkan M, 2007. Değişik Amaçlı Bazı Test ve Analiz Yöntemleri, Bölüm, 11. Gıda Analizleri (Editör: Bekir Cemeroğlu). Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, 34, Ankara. 535.
- Li B, Zhao L, Chen H, Sun D, Deng B, Li J, Liu Y, Wang F, 2016. Inactivation of Lipase and Lipoxygenase of Wheat Germ with Temperature-Controlled Short Wave Infrared Radiation and Its Effect on Storage Stability and Quality of Wheat Germ Oil. *PloS one*, 11 (12): 1-13.
- Mahmoud AA, Mohdaly AA, Elneairy NA, 2015. Wheat Germ: An Overview On Nutritional Value, Antioxidant Potential and Antibacterial Characteristics. *Food and Nutrition Sciences*, 6 (02): 265-277.
- Meral R, 2016. Isıl İşlemin Fenolik Bileşenler Üzerine Etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21 (1):55-67.
- Michalczyk M, Macura R, Matuszak I, 2009. The Effect of Air-Drying, Freeze-Drying And Storage on the Quality and Antioxidant Activity of Some Selected Berries. *Journal of Food Processing and Preservation*, 33 (1): 11-21.
- Nordin NNAM, Karim R, Ghazali HM, Adzahan NM, Sultan MT, 2014. Effects of Various Stabilization Techniques on the Nutritional Quality and Antioxidant Potential of Brewer's Rice. *Journal of Engineering Science and Technology*, 9: 347-363.
- Ocak E, 2016. Van Mutfak Kültürü. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Yayınları No:61*, Van, Türkiye.
- Oğuz A, 2008. Bazı Çerez Gıdaların Antioksidan Kapasiteleri. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış)*.
- Oğuz A, Sayaslan A, 2019. Antioxidant Properties of Roasted Whole-Grain, Oilseed and Nut Snacks and Effect of Roasting Process on These Properties. *Akademik Gıda*, 17(2), 149-156.
- Prabhasankar P, Rao PH, 2001. Effect of Different Milling Methods on Chemical Composition of Whole Wheat Flour. *European Food Research and Technology*, 213 (6): 465-469.
- Pradeep PM, Jayadeep A, Guha M, Singh V, 2014. Hydrothermal and Biotechnological Treatments Onnutraceutical Content and Antioxidant Activity of Rice Bran. *Journal of Cereal Science*, 60: 187-192.
- Rose DJ, Pike OA, 2006. A Simple Method to Measure Lipase Activity in Wheat and Wheat Bran as and Estimation of Storage Quality. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 83(5): 415-419.
- Rose DJ, Ogden LV, Dunn ML, Pike OA, 2008. Enhanced lipid stability in whole wheat flour by lipase inactivation and antioxidant retention. *Cereal chemistry*, 85(2), 218-223.
- Saldamlı İ, 2007. *Gıda Kimyası*. 3. baskı. Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara.
- Sayaslan A, Akarçay E, Tokatlı M, 2016. Kavrulmuş Mısır, Buğday ve Nohut (Leblebi) Çerezlerinin Beslenme Açısından Önemli Karbonhidrat Fraksiyonları. *Academic Food Journal/Akademik Gıda*, 14 (3).
- Sudha ML, Srivastava AK, Leelavathi K, 2007. Studies On Pasting And Structural Characteristics Of Thermally Treated Wheat Germ. *European Food Research and Technology*, 225 (3-4): 351-357.
- Şanlıdere Aloğlu H, 2010. Yoğurttan Biyoaktif Peptit Eldesi Ve Bu Peptitlerin Antimikrobiyal Ve Antioksidan Aktivitelerinin Belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmış)*.
- Şeran EB, 2011. Yağlı Tohumlara Uygulanan Ultrasonik Destekli Ön İşlem İle Soğuk Pres Yağlarında Verim Ve Kalitenin Arttırılması. *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmış)*.
- Thanonkaew A, Wongyai S, McClements DJ, Decker EA, 2012. Effect of Stabilization of Rice Bran by Domestic Heating on Mechanical Extraction Yield, Quality, and Antioxidant Properties of Cold-Pressed Rice Bran Oil (*Oryza Saltiva L.*). *LWT-Food Science and Technology*, 48 (2): 231-236.
- Ünal Z, 2012. Farklı Stabilizasyon ve Depolama Sıcaklıklarının Buğday Ruşeym Yağı Oksidasyonuna Etkisi. *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış)*.
- Van Hung P, Maeda T, Morita N, 2007. Dough and Bread Qualities Of Flours With Whole Waxy Wheat Flour Substitution. *Food Research International*, 40 (2): 273-279.
- Xu B, Zhou SL, Miao WJ, Gao C, Cai MJ, Dong Y, 2013. Study on the stabilization effect of continuous microwave on wheat germ. *Journal of Food Engineering*, 117 (1): 1-7.
- Yılmaz N, 2014. Pirinç Kepeğinin Kısa Dalga Infrared (Kızılötesi) Enerji İle Stabilizasyonu ve Stabilize Kepeğin Gıda Ürünlerinde Değerlendirilmesi. *ÇOMÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmış)*.



- Yılmaz ÖM, 2011. Türkiye’de Yetiştirilen Başlıca Buğday Çeşitlerinin Antioksidan Aktivitelerinin ve Fenolik Asit Dağılımlarının Belirlenmesi Ve Ekmegin Nar Kabuğu Ekstraktı, le Zenginleştirilmesi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmış).
- Zhou K, Yu L. 2004. Effects of Extraction Solvent on Wheat Bran Antioxidant Activity Estimation. *LWT-Food Science and Technology*, 37(7): 717-721.
- Zou Y, Yang M, Zhang G, He H, Yang T, 2015. Antioxidant Activities and Phenolic Compositions of Wheat Germ as Affected By The Roasting Process. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 92 (9): 1303-1312.
- Zou Y, Gao Y, He H, Yang T, 2018. Effect of Roasting On Physico-Chemical Properties, Antioxidant Capacity, and Oxidative Stability of Wheat Germ Oil. *LWT-Food Science and Technology*, 90: 246-253.

## Hünnap Meyvesinden Üretilen Marmelatların Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi

Benay KAPLAN<sup>1</sup>, Zühal OKCU<sup>2\*</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada hünnap (*Zizyphus jujuba* Mill.) meyvesinin ve bu meyveden üretilen marmelatların 3 ay süreyle depolama boyunca farklı sıcaklıklarda (+4 °C ve +20 °C) fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki değişimleri belirlenmiştir. Üç aylık depolamada 0., 1., 2. ve 3. aylarda suda çözünür kuru madde (SÇKM), titrasyon asitliği, pH, kuru madde, kül, askorbik asit (C vitamini), sakaroz, invert şeker, toplam şeker, renk, toplam fenolik madde, antioksidan kapasitesi (ABTS ve DPPH), maya ve küf analizleri yapılmıştır. Depolama süresi boyunca hünnap meyvesinden üretilen marmelat örneklerinde suda çözünür kuru madde, invert şeker, toplam şeker, kül, kuru madde, askorbik asit (C vitamini), L, a, b değerleri, fenolik madde ve antioksidan aktivite miktarlarında azalma gözlenmiştir. Sıcaklık bakımından +20°C'deki depolamadan incelenen parametrelerden suda çözünür kuru madde, pH, toplam şeker, invert şeker, ABTS ve DPPH'ta yüksek değerler bulunurken, +4°C'deki depolamada ise; toplam kuru madde, askorbik asit, sakaroz, L, a ve toplam fenolik madde miktarı bakımından en yüksek değerler elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Antioksidan, Depolama, Hünnap, Marmelat

### Determination of Physical and Chemical Properties of Marmelats Produced From Hunnap (*Zizyphus Jujuba* Mill.) Fruit

**ABSTRACT:** In this study, the changes in the physical and chemical properties of jujube (*Zizyphus jujuba* Mill.) Fruit and marmalade produced from this fruit at different temperatures (+4 C and +20 C) during storage for 3 months were determined. Water soluble dry matter, titratable acidity, pH, dry matter, ash, ascorbic acid (vitamin C), sucrose, invert sugar, total sugar, color in the 0, 1, 2 and 3 months of three months storage, Total phenolic substance, antioxidant capacity (ABTS and DPPH), yeast and mold analyzes were performed. During the storage period, in marmalade samples produced from jujube fruit, a decrease was observed in the amount of water soluble dry matter, invert sugar, total sugar, ash, dry matter, ascorbic acid (vitamin C), L, a, b values, phenolic substance and antioxidant activity amounts. In terms of temperature, high values are found in water soluble dry matter, pH, total sugar, invert sugar, ABTS and DPPH among the parameters examined from storage at + 20°C, while in storage at + 4°C; The highest values were obtained in terms of total dry matter, ascorbic acid, sucrose, L, a and total phenolic substance.

**Keywords:** Jujuba, marmalade, storage, antioxidant

<sup>1</sup>Benay KAPLAN (Orcid ID: 0000-0003-4747-752X), Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane, Türkiye

<sup>2</sup>Zühal OKCU (Orcid ID: 0000-0003-1900-5437), Atatürk Üniversitesi, Turizm Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, Erzurum, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Zühal OKCU, e-mail: zuhalokcu@atauni.edu.tr

## GİRİŞ

İnsanların sağlık bakımından gittikçe bilinçlenmesi onları beslenme bakımından sağlıklı yiyecek tüketimine yöneltmiştir. Bu bakımdan hem doğal hem de sağlık açısından birçok bileşeni içeren meyve ve sebzelere olan talep artmıştır (Scheerens, 2001). Özellikle son zamanlarda suda çözünen vitaminler, mineraller (Yaşa, 2016) ve fenolik bileşikler (Tanmay ve ark., 2011) yönünden zengin olan hünnap meyvesinin üretiminde de artış olmuştur. Sadece besinsel bakımdan değil, aynı zamanda bünyeyi koruması ve kısmen tedavi edici özelliği olması da önemini daha da artırmıştır. (Yaşa, 2016)

Hünnap Adriyatik Denizinden Pasifik Okyanusu'na kadar uzanan alanda yetiştirilmektedir (Sinko, 1971; Reichl, 1991; Karnatovska ve ark., 2007). Dünya'da üretiminin yaklaşık %90'ı Çin'de yapılmaktadır (Li ve ark., 2005; Wang ve ark., 2016). Ülkemizde ise; Akdeniz Bölgesi'nde Burdur, Isparta, Hatay ve Antalya; Ege Bölgesi'nde Çanakkale ve Denizli; İç Anadolu Bölgesi'nde Kayseri; Marmara Bölgesi'nde ise Bursa illerinde hünnap doğal bir yayılım göstermektedir (Karıncalı, 2003). Ülkemizde 2019 yılı verilerine göre 1772 dekar alandan 960 ton civarında 15 ilde üretim yapılırken, en fazla üretim 281 ton ile Amasya ve 204 ton ile Antalya illerindedir (Anonim,2019a).

Hünnap meyvesi (*Zizyphus Jujuba* Mill.); ülkemizde Çiğde, Ünnap (Yaltırık, 1997; Genç, 2005; Yücel, 2005), İğde, Ürnep İrnabi, Annep ve Honaz iğdesi gibi yerel isimlerle anılmaktadır (Karıncalı 2003). Genellikle hünnap yabancı olarak tarla kenarlarında sınır ağacı şeklinde ya da doğada ev bahçelerinde yetişmektedir (Saied ve ark., 2008). Hünnap ağacının gövdesi silindir biçiminde, kabuğu esmer ve dalları dikenlidir. Çiçekleri renkleri beyazdan gri-sarıya kadar değişebilmektedir. Meyveleri sert çekirdekli, eriksi (drupa) tipteyken (Anşin ve Özkan, 1997; Karıncalı, 2003) renkleri olgunlaştıkça kırmızı olup, musilaj ve şeker içermektedir (Tanker ve ark., 2004). Meyveler hızlı olgunlaşmasıyla uzun süre depolanamamakta (Sheng ve ark., 2003; Wang ve ark., 2009) ve ayrıca normal atmosfer koşullarında depolandığında ise; kolay yumuşayan, çürüeyebilen, çabuk yaşlanabilen ve eti hızlıca kahverengileşen bir yapıya sahiptir. (Zhu ve ark., 2009). Hünnap içerdiği diyet lifi (Li ve ark.,2007) ve fruktoz (Gao ve ark., 2012) sayesinde kan şekeri seviyesini düzenlemeye katkıda bulunduğu gibi, ayrıca tok tutup kalori alınımını da kontrol altında tutmaktadır (Gao ve ark.,2013).

Meyve ve sebzeler hem yenilebilirlik hem de lezzetlerinin artırılmasının yanında raf ömrünü de uzatmak için çeşitli metodlarla işlenerek (Oey ve ark., 2008) daha dayanıklı hale getirilirler. Bu yöntemlerden biri de şeker ilave ederek meyve ve sebzelerin dayandırılması işlemidir (Hepsag ve Hayoğlu., 2017). Yüksek oranda ilave edilen şekerle meyveden farklı ürünler elde edildiği gibi (Bingöl, 1993; Cemeroğlu ve ark., 2003), mikroorganizma gelişimi de engellenmiş olmaktadır (Cemeroğlu ve ark., 2001). Marmelat; meyve ve sebzelerin şekerle dayandırıldığı bir işlem olup, meyvenin ezilerek, şeker katılmasıyla hazırlanan bir üründür (Cemeroğlu ve ark., 2013)

Bu çalışmada beslenme değeri bakımından önemli olan hünnap meyvesinin taze olarak tüketilmesinin dışında farklı bir ürün elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla hünnap (*Zizyphus jujuba* Mill) meyvesinden marmelat üretimi yapılarak, farklı sıcaklıklarda ( $4\pm 2^{\circ}\text{C}$  ve  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) ve depolama sürelerinde (0,1,2,3 ay) depolanarak fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmeye çalışılmış ve bulunan sonuçlar doğrultusunda ise değerlendirmelerde bulunulmuştur.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Materyal

Hünnap meyvesi (*Zizyphus jujuba* Mill.) Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nden temin edilmiştir. Marmelat üretiminde kullanılan kristal toz şeker (saf kristal sakaroz, çay şekeri), su ve limon yerel marketten temin edilmiş hiçbir katkı maddesi ilave edilmemiştir.

## Yöntem

Marmelat üretimi geleneksel olarak yapılmıştır. Öncelikle hünnapların sapları ayrılıp, çekirdekleri çıkarılarak ezme haline getirilmiştir. Sonra su (1/4) ve şeker (1:1.5) oranında ilave edilerek kaynatılmış (1 saat) en sonunda limonsuyu (1/3) da ilave edilerek 10 dakika daha kaynatılmıştır. Kavanozlara sıcak dolun yapılarak oda sıcaklığına kadar soğutulmuş ve ( $4\pm 2$  °C ile  $20\pm 2$  °C olmak üzere iki farklı sıcaklık ortamında) 3 ay süre ile ayrı ayrı depolanmışlardır.

Marmelat örneklerinin pH tayini, Titrasyon Asitliği Tayini (% malik asit cinsinden), Suda Çözünür Kuru Madde Tayini (Abbe Refraktometresi- Bausch & Lomb ), Toplam Kuru Madde (KM) Tayini, Kül Tayini (Cemeroğlu,2003), Askorbik Asit Tayini (spektrofotometre Optizen marka), Renk Tayini üç boyutlu renk ölçüm esasına göre çalışan Minolta kolorimetre ile yapılmıştır. Renk yoğunluğu  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  olarak (CR-400 Japan) cihazı ile belirlenmiştir (Cemeroğlu, 2013). Araştırmada Toplam ve İvert Şeker ile Sakaroz Tayini volumetrik Lane-Eynon metodu ile, diğer parametrelerden ABTS, DPPH radikal temizleme aktivitesi ve Toplam Fenolik Madde tayini ise Blois (1958) metodunu modifiye edilerek Altay (2018)'e göre belirlenmiştir.

## İstatistiksel Analiz

İstatistiksel Analizler Tam şansa bağlı deneme planına göre 3 tekrür 3 paralelli olarak SPSS 20.0 paket programında yapılmıştır. Elde edilen veriler varyans analizine tabi tutularak, önemli çıkan ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır (Yıldız ve Bircan, 1994).

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Hünnap meyvesinden geleneksel olarak üretilmiş marmelatlar a ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler Çizelge 1'de verilmiştir.

Hünnaptan üretilen marmelatların SÇKM değerleri üzerine sıcaklık ve depolamanın istatistiksel olarak çok önemli ( $p<0.01$ ), sıcaklık x depolama interaksiyonunun ise önemli ( $p<0.05$ ) etkisinin olduğu belirlenmiştir. Türk Gıda Kodeksi Reçel, Jöle, Marmelat ve Kestane Püresi Tebliğine göre; geleneksel marmelatta refraktometre ile tayin edilen çözünebilir kuru madde içeriğinin %55'den daha düşük olmaması gereklidir (Anonim,2019b). Elde ettiğimiz değerlere göre üretilen marmelatlar, Türk Gıda Kodeksi'ne uygun bulunmuştur. Kızılıcık marmeladı üzerine yapılan bir çalışmada SÇKM değeri %45.0-%53.0 arasında belirlenmiştir (Kökösmanlı, 1996). Yine bir başka çalışmada Şengül vd., (2018), farklı marmelatlarda suda çözünür kuru madde miktarını %55.40 ile 64.80 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Suda çözünür kuru madde miktarı depolama süresi uzadıkça azalma eğilimi göstermiştir. Depolama süresince en düşük suda çözünür kuru madde miktarı %64.17 ile üçüncü ayın sonunda  $4\pm 2$  °C'de depolanan marmelatta görülmüştür (Çizelge.1.).

Marmelatların toplam kuru madde miktarlarının %68.22–70.12 arasında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 1).

Alıç marmeladı üzerine yapılan bir çalışmada toplam kuru madde %59.30 olarak bulunurken (Emrem, 2008), kuşburnu marmelatında %51.6 (Zeytun,2007), kızılıcık marmelatında depolamanın başlangıcında %62.33 (Kökösmanlı ve Keleş 2000) ve erik marmelatında %65.2 olarak tespit edilmiştir (Yurdagül, 2007).

Türk Gıda Kodeksi Reçel, Jöle, Marmelat ve Kestane Püresi Tebliği'ne göre; pH aralığının 2.8-3.5 arasında olması gerektiği belirtilmektedir (Anonim,2019b). Ürettiğimiz marmelatların pH değerleri 3.34-3.42 arasında olduğundan tebliğde belirtilen sınırlar içerisinde belirlenmiştir. Başlangıçta pH yüksek iken 1. ve 2. aylarda düşmüş 3.ayda yine yükselme gözlenmiştir ( $p<0.01$ ). Depolama başlangıcında pH değeri 3.42 olarak bulunmuştur. En düşük pH değeri 1. ay +4°C de (3.34) muhafaza edilen marmelat örneğinde, en yüksek pH değeri ise depolama başlangıcında bulunmuştur (Çizelge.1.).

pH 3.5'un altına düştükçe jel yapısında katılaşma görülürken, belli bir noktadan sonra sinerisis (sulanma ve cıvıma) oluşmaktadır. Jel kıvamına pH'nın etkisi; belirli pH sınırları içerisinde pektin ağını oluşturan liflerin esneklik kazanmasıyla izah edilmektedir. (Üstün ve Tosun, 1998; Cemeroğlu ve ark., 2003).

Güzel (2011)'in mavi yemiş meyvesinden ürettiği reçel ve marmelat örneklerinde marmelatın pH değerleri reçelden daha yüksek bulunmuştur. Karayemiş meyvesinden yapılan marmelat örneklerinin pH değeri 6.60 olarak belirlenirken (Batu 2015), böğürtlen marmelatı üzerine yapılan çalışmada pH değeri 3.3 olarak bulunmuştur (Çevik ve Erhan 2003). Tokbaş (2009) karadut meyvesinde pH değerini 3.56 ile 3.64 arasında değiştiğini tespit etmiştir. Ayrıca 2. aydaki depolamanın en yüksek pH değerini verdiğini belirlemiştir. Şengül ve ark.,(2018) pH değerini çalıştığı farklı meyvelerden elde ettiği marmelatlarla sırasıyla ahlat armutu, çakal eriği, kızılık ve kuşburnuda 4.10, 2.96, 3.22, ve 4.12 olarak tespit etmişlerdir.

Çizelge.1. Hünnap Marmelatlarına Ait Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikler İle Antioksidan Kapasiteleri

Marmelat	Sıcaklık °C	Depolama				Sıcaklık Ortalamaları	Marmelat	Sıcaklık °C	Depolama				Sıcaklık Ortalamaları
		0	1	2	3				0	1	2	3	
SÇKM (%)	4±2	65.00	64.58	64.28	64.17	<b>64.51 b</b>	Sakaroz (g 100g <sup>-1</sup> )	4±2	21.87	21.75	21.71	21.59	<b>21.73 a</b>
	20±2	65.00	64.85	64.75	64.47	<b>64.77 a</b>		20±2	21.87	21.73	21.70	21.57	<b>21.72 a</b>
	<b>Depolama Ort</b>	<b>65.00 a</b>	<b>64.72 b</b>	<b>64.52 c</b>	<b>64.32 d</b>	<b>64.64</b>		<b>Depolama Ort</b>	<b>21.87 a</b>	<b>21.74 b</b>	<b>21.71 b</b>	<b>21.58 c</b>	<b>21.72</b>
Toplam Kuru Madde (%)	4±2	70.12	68.74	68.57	68.37	<b>68.95 a</b>	L *	4±2	45.37	43.21	43.25	42.95	<b>43.70 a</b>
	20±2	70.12	68.61	68.48	68.22	<b>68.86 b</b>		20±2	45.37	43.22	42.86	42.38	<b>43.55 b</b>
	<b>Depolama Ort</b>	<b>70.12 a</b>	<b>68.67 b</b>	<b>68.52 b</b>	<b>68.30 b</b>	<b>68.90</b>		<b>Depolama Ort</b>	<b>45.37 a</b>	<b>43.22 b</b>	<b>43.06 b</b>	<b>42.85 c</b>	<b>43.62</b>
pH	4±2	3.42	3.34	3.34	3.41	<b>3.38 a</b>	a *	4±2	4.47	4.78	4.60	4.49	<b>4.66 a</b>
	20±2	3.42	3.39	3.37	3.41	<b>3.40 a</b>		20±2	4.47	4.68	4.48	4.43	<b>4.59 b</b>
	<b>Depolama Ort</b>	<b>3.42 a</b>	<b>3.36 b</b>	<b>3.35 b</b>	<b>3.41 a</b>	<b>3.39</b>		<b>Depolama Ort</b>	<b>4.47 bc</b>	<b>4.73 a</b>	<b>4.54 b</b>	<b>4.46 bc</b>	<b>4.63</b>
Titrasyon Asitliği (%)	4±2	0.08	0.09	0.09	0.11	<b>0.09 a</b>	b *	4±2	24.68	24.50	24.05	23.97	<b>24.30 a</b>
	20±2	0.08	0.09	0.09	0.11	<b>0.09 a</b>		20±2	24.68	24.27	24.00	23.57	<b>24.13 a</b>
	<b>Depolama Ort</b>	<b>0.08 c</b>	<b>0.09 b</b>	<b>0.09 b</b>	<b>0.11 a</b>	<b>0.09</b>		<b>Depolama Ort</b>	<b>24.68 a</b>	<b>24.38 a</b>	<b>24.03 ab</b>	<b>23.77 b</b>	<b>24.22</b>
Kül (%)	4±2	0.17	0.16	0.16	0.15	<b>0.16 a</b>	Toplam Fenolik (mgGAE 100g <sup>-1</sup> )	4±2	615.91	596.99	587.86	580.44	<b>595.30 a</b>
	20±2	0.17	0.16	0.15	0.15	<b>0.16 a</b>		20±2	615.91	586.65	579.41	559.56	<b>585.38 b</b>
	<b>Depolama Ort</b>	<b>0.17 a</b>	<b>0.16 ab</b>	<b>0.15 b</b>	<b>0.15 b</b>	<b>0.16</b>		<b>Depolama Ort</b>	<b>615.91 a</b>	<b>591.82 b</b>	<b>583.64 c</b>	<b>570.00 d</b>	<b>590.34</b>
Askorbik asit (mg 100g <sup>-1</sup> )	4±2	19.40	17.53	15.76	14.23	<b>16.73 a</b>	ABTS IC <sub>50</sub> (µg ml <sup>-1</sup> )	4±2	6.18	6.37	6.56	6.81	<b>6.48 b</b>
	20±2	19.40	16.47	14.37	12.01	<b>15.56 b</b>		20±2	6.18	6.40	6.79	6.93	<b>6.58 a</b>
	<b>Depolama Ort</b>	<b>19.40 a</b>	<b>17.00 b</b>	<b>15.07 c</b>	<b>13.12 d</b>	<b>16.15</b>		<b>Depolama Ort</b>	<b>6.18 c</b>	<b>6.39 b</b>	<b>6.78 ab</b>	<b>6.87 a</b>	<b>6.53</b>
Toplam Şeker (g 100g <sup>-1</sup> )	4±2	58.48	58.13	58.02	58.87	<b>58.13 a</b>	DPPH IC <sub>50</sub> (µg ml <sup>-1</sup> )	4±2	8.42	8.58	8.67	8.77	<b>8.61 b</b>
	20±2	58.48	58.29	58.01	57.80	<b>58.14 a</b>		20±2	8.42	8.62	8.86	8.98	<b>8.72 a</b>
	<b>Depolama Ort</b>	<b>58.88 a</b>	<b>58.21 b</b>	<b>58.01 bc</b>	<b>57.84 c</b>	<b>58.13</b>		<b>Depolama Ort</b>	<b>8.42 d</b>	<b>8.60 c</b>	<b>8.77 b</b>	<b>8.88 a</b>	<b>8.67</b>
İnvert Şeker (g 100g <sup>-1</sup> )	4±2	36.61	36.38	36.32	36.29	<b>36.40 a</b>							
	20±2	36.61	36.56	36.31	36.22	<b>36.43 a</b>							
	<b>Depolama Ort</b>	<b>36.61 a</b>	<b>36.47 b</b>	<b>36.31 bc</b>	<b>36.25 c</b>	<b>36.41</b>							

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark çok önemlidir (p<0.01).

Marmelatlarda titrasyon asitliği değerlerinin %0.08-0.11 arasında olduğu belirlenmiştir. Depolama süresinin titrasyon asitliği üzerine etkisi çok önemli (p<0.01) bulunmuş, en yüksek değer 3. ayın sonunda en düşük değerin ise başlangıçta olduğu görülmüştür. Marmelat örneklerinin titrasyon asitliği değerleri ilk günden 1. aya kadar artmış 1. ay ve 2. ay arası sabit kalırken, 3. ay tekrar yükseliş göstermiştir. Hünnap meyvesinden üretilen marmelat örneklerinin depolama başlangıcında titrasyon asitliği değerleri 0.08 olarak bulunmuştur. Depolama süresi boyunca en yüksek titrasyon asitliği 0.11 ile +4°C ve +20°C'de muhafaza edilen 3. ay marmelat örneklerinde bulunmuştur (Çizelge.1).

Güzel (2011)'in mavi yemiş meyvesinden ürettiği reçel ve marmelat örneklerinde reçelin titrasyon asitliğini marmelatından daha yüksek bulmuştur. Çevik ve Erhan (2003)'ün yaptıkları bir çalışmada böğürtlen marmelatlarının toplam asitlik değerlerini 0.572 g 100g<sup>-1</sup> olarak, Yurdagül (2007) erik bazlı karışık meyveli marmelatlarında 0.59 ile 0.87 arasında, Şengül ve ark., (2018) titrasyon asitliğini %0.82-1.96 arasında tespit etmişlerdir.

Depolama süresi arttıkça kül değerleri düşmüştür. Gıdalardaki mineral madde ile kül miktarı yakından ilgilidir. Depolamayla kül miktarı kimyasal ve fiziksel yollarla değişebilmektedir. Havadaki



oksijen ile bazı mineraller okside olup daha yüksek değerlik kazanabilmektedir (Cemeroğlu, 1992). Yapılan çalışmada marmelat örneklerinde kül miktarları 0.15-0.17 arasında belirlenmiştir. En yüksek değerler depolama başlangıcında elde edilmiştir. Depolamanın başlangıcında ve 1.ay istatistiksel bakımdan kül miktarı bakımından fark görülmesede 2. ve 3. ay depolamalarda kül miktarı azalmıştır (Çizelge.1).

Özdemir ve ark., (1998) kuşburnu meyvesinden yapmış oldukları marmelatlarda kül miktarını 0.30-0.34 arasında olduğunu belirlemişlerdir. Yurdagül (2007) yaptığı çalışmada erik (%100), erik (%75) kayısı (%25), erik (%50) şeftali (%25), kayısı (%25) ve erik (%75) elma (%25) karışık meyveli marmelat çalışmasında kül değerlerini 0.016 ile 0.029 arasında olduğunu tespit etmişlerdir. Tokbaş (2009) ise kül miktarlarını 0.35 ile 0.44 arasında değiştiğini ve en yüksek kül miktarının 4 .ayda (0.44) olduğunu tespit etmiştir.

Bizim elde ettiğimiz sonuçlar bu değerlere yakındır. Buna göre hünnap ve ürünlerinin diğer meyvelerin mineral madde miktarına yakın olabileceğini söyleyebiliriz.

Marmelat verileri incelendiğinde her iki sıcaklıkta da depolamayla beraber askorbik asit değeri düşmüştür. +4°C'de muhafaza edilen marmelatlarda başlangıçta 19.40 mg 100g<sup>-1</sup> olan bu değer, 1., 2. ve 3. aylarda sırasıyla 17.53,15.76 ve 14.23 olarak tespit edilmiştir. +20°C'de muhafaza edilenlerde ise 1., 2. ve 3. aylarda sırasıyla 16.47,14.37 ve 12.01 olarak tespit edilmiştir. En yüksek değer +4°C'de muhafaza edilen 1. ay depolamasından (17.53) elde edilmiştir. En düşük değer ise +20°C'de muhafaza edilen 3. ay depolamasından (12.01) elde edilmiştir (Çizelge.1).

Sıcaklığın askorbik asit üzerinde etkisinin çok önemli olduğu (p<0.01) belirlenmiştir. Askorbik asidin +4°C'de depolama ile daha iyi korunduğu görülmüştür (Çizelge.1). Sıcaklık arttıkça askorbik asit miktarının azaldığı bilinmektedir.

Özdemir ve ark., (1998) kuşburnu meyvesinden yapmış oldukları marmelatlarda askorbik asit değerlerini 104.59 ile 153.85 mg 100g<sup>-1</sup> arasında olduğunu belirlemişlerdir.

Marmelatta; askorbik asit miktarları üzerine depolamanın etkisinin çok önemli (p<0.01) olduğu görülmektedir. Depolama arttıkça askorbik asit miktarı düşmüştür (Çizelge.1). En dayanıksız vitaminlerden birisi olan askorbik asit çeşitli parçalanma etkenlerine duyarlıdır. Askorbik asitin parçalanmasına etki eden faktörler; su aktivitesi, sıcaklık, ışık, pH, oksijen, şekerler, fenolik bileşikler ve metal iyonlarıdır (Kırca ve Cemeroğlu 2001).

Marmelat örneklerinin toplam şeker miktarları 58.01-58.87 g 100g<sup>-1</sup> arasında olduğu belirlenmiştir. En yüksek toplam şeker miktarı 58.87 ile 4°C'de 3 aylık depolama sonunda görülürken, en düşük toplam şeker miktarı ise 58.01 ile 20°C'de 2. ay sonunda tespit edilmiştir. Kökosmanlı (1996), kızcılık meyvesinden elde ettiği marmelatlarda toplam şeker miktarını 38.91-52.99 g 100g<sup>-1</sup> arasında Özdemir ve ark., (1998) kuşburnu marmelatında 64.17-64.59 g 100g<sup>-1</sup> arasında, Yurdagül (2007) ise marmelat örneklerinde 58.83-64.76 arasında olduğunu belirlemiştir. Şengül ve ark.,(2018) farklı marmelat örneklerinde toplam şeker miktarının 49.24-61.41 arasında değişkenlik gösterdiğini bildirmişlerdir.

Marmelat örneklerinin invert şeker miktarları 36.22 ile 36.61g 100g<sup>-1</sup> arasında değişkenlik göstermiştir. En düşük invert şeker miktarı 36.22 g 100g<sup>-1</sup> ile 3. ay +20°C'de muhafaza edilen marmelat örneğinde bulunmuştur (Çizelge.1). Kökosmanlı (1996) kızcılık meyvelerinden elde ettiği marmelatlarda indirgen şeker miktarının 15.04 ila 30.23 g 100g<sup>-1</sup> arasında bulmuştur. Özdemir ve ark., (1998) kuşburnu marmelatında 4.86-24.35 g 100g<sup>-1</sup> arasında, Yurdagül (2007) ise marmelat örneklerinde invert şeker miktarını 19.56-21.89 arasında olduğunu belirlemiştir. Yaptığımız araştırmada invert şeker miktarı daha önce yapılan çalışmalardan yüksek çıkmıştır. Bunun sebebinin kullanılan meyve çeşidi, meyvenin yetiştirildiği iklim koşulları, kültürel önlemler ve yetiştirme tekniği, olgunlaşma farklılığı,

depolama, marmelat üretimindeki değişiklikler ve özütlemeye kullanılan metotların farklılığı gibi unsurlardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Örneklerin sakaroz miktarları 21.57 ile 21.87 g 100g<sup>-1</sup> arasında değişkenlik göstermiştir (Çizelge 1.). Başlangıçta 21.87 g 100g<sup>-1</sup> olan sakaroz miktarı depolama süresinin artmasıyla birlikte azalmıştır. Özdemir ve ark., (1998) sakaroz miktarını 37.83-56.76 g 100g<sup>-1</sup> arasında, Yurdagül (2007) marmelat örneklerinde 39.41-49.86 g 100g<sup>-1</sup> arasında, Şengül ve ark.,(2018) ise sakaroz miktarını 4.3- 29.00g 100g<sup>-1</sup> arasında değişkenlik gösterdiğini bildirmişlerdir.

Marmelat örneklerinin L\* değerleri 42.38-45.37 aralığında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 1.). Ölçülen renge göre 0 ile 100 arasında değişim gösteren L\* değeri parlaklık değerini göstermektedir. Düşük L\* değeri koyu rengi verirken, yüksek L\* değeri açık renk olduğunu göstermektedir (Sernikli,2015). Bizim bulduğumuz değerlerde de marmelatın daha koyu olduğu görülmektedir. Proses esnasında ısı işlem istenilen düzeyde kontrol altında tutulmadığından marmelatların yapısı gereği reçelden daha fazla ısı işleme tabi tutulduğu ve dolayısıyla esmerleştiği söylenebilir.

Marmelatta en yüksek L\* değeri başlangıçta her iki sıcaklıkta da aynı olurken, en düşük değer +20°C'de 3. ayın sonunda görülmüştür (Çizelge 1.).

Rengin bir kriteri olan a\* değeri reçel ve marmelatlarda kırmızı ve yeşil rengin ölçüsünü belirlemede kullanılmaktadır. Marmelat örneklerinin a\* değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişimi Çizelge 1.'de verilmiştir.

Meyve ve sebzelerde kırmızı rengin yoğunluğunu a\* değeri vermektedir (Aksu,1996). Meyvelerde antosiyanin kırmızı rengi verirken, bu pigmentlerin bozulmasında en etkili faktör sıcaklıktır.

Depolama süresinin a\* değeri üzerine etkisi önemli (p<0.05) bulunmuştur. Depolama süresi arttıkça a\* değerinin arttığı görülmektedir. Depolama süresi boyunca en yüksek renk a\* değeri 4.78 ile +4°C'de 1.ay'da belirlenmiştir. Bu değeri 4.68 ile +20 °C'de 1.ay muhafaza edilen marmelat örneği takip etmiştir. En düşük a\* değeri ise 4.43 ile 3. ay +20°C'de muhafaza edilen marmelat örneklerinde bulunmuştur (Çizelge 1.).

Renk ölçümünün bir diğer kriteri olan b\* değeri reçel ve marmelatlarda sarı ve mavi rengin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Marmelatın b\* değerleri üzerine etkisinin çok önemli (p<0.01) ve depolamanın ise önemli (p<0.05) etki ettiği görülmektedir.

Başlangıçta b\* değerleri marmelatta 24.68 bulunmuştur. Depolama süresi boyunca en düşük renk b\* değeri +20°C'de 23.57 olarak ölçülmüştür (Çizelge 1.). Marmelatlarda görülen renkteki değişimlerin; hünnapta bulunan ve ısıya hassas olan bileşiklerde (protein, karbonhidrat, vitamin gibi) oluşan değişikliklerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çalışmamızda marmelat örneklerinin toplam fenolik madde miktarları 559.56 ile 615.91 mg GAE 100g<sup>-1</sup> arasında olduğu tespit edilmiştir. Depolama süresinin artmasıyla toplam fenolik madde miktarının düştüğü belirlenmiştir. Marmelatta +4°C'de 3 ayın sonunda başlangıca göre %5.76, +20°C'de %9.15 azalma görülmüştür. (Çizelge 1.). Eser (2010) 5 farklı kızılçık meyvesiyle üretilen kızılçık marmelatlarını farklı sıcaklıklarda (4±2°C ve 20±2°C) 2 ay süreyle depolamış, sonuçta 4±2°C'de depolanan marmelatların 20±2°C'de depolananlardan daha yüksek antosiyanin ve fenolik madde içerdiğini belirlemiştir. Araştırmamızda elde ettiğimiz sonuçlarda da 4±2°C'de depolananların, 20±2°C'de depolananlardan daha yüksek fenolik madde içerdiği görülmüştür.

Reçel ve marmelat ürünlerinde toplam fenolik madde miktarındaki azalmaya ön işlemler, ürün işlenirken yapılan parçalama, ısı işleme kadar oluşan meyvedeki enzimatik faaliyetler, pişirirken uygulanan ısı işlemler, depolandığı sıcaklık ve süre gibi birçok faktörün sebep olabileceği düşünülmektedir. Bu gibi ürünlerde; ısıtmada hızlı, depolamada yavaş ilerleyen oksidasyon

reaksiyonlarıyla toplam fenolik madde miktarlarında en belirgin şekilde değişimlerin olduğu belirtilmektedir (Sağlam, 2007).

Tokbaş, (2009) karadut meyvesinden yapılan marmelatlarda başlangıçta toplam fenolik madde miktarını 2104.65-2156.99  $\mu\text{gGAE g}^{-1}$  olarak tespit etmiş, bu değerlerin depolamayla gittikçe azaldığını belirtmişlerdir. Esin (2011) farklı türlerde Frenk üzümü (kırmızı, siyah, Ojebyn) meyvelerinden üretilen reçel ve marmelatlar üzerine yapılan başka bir çalışmada, 6 ay depolama sonucunda toplam fenolik madde miktarının 405.74-657.51  $\mu\text{gGAE g}^{-1}$ ; ortalama TEAC değerlerinin 9.47-19.07  $\mu\text{molTE g}^{-1}$ ; ortalama FRAP değerlerinin 7.97-17.44  $\mu\text{molTE g}^{-1}$  olduğunu belirlemiştir.

Kaya ve ark., (2016) Trabzon hurması ve kayısı karışımı marmelat örneklerinde en düşük toplam fenolik madde miktarını 181.28  $\text{mgGAE kg}^{-1}$ , en yüksek ise 314.06  $\text{mgGAE kg}^{-1}$  olarak tespit etmişlerdir. Şengül ve ark.,(2018) farklı marmelat örneklerinde yaptıkları çalışmada toplam fenolik madde miktarını 64.67 ile 581.89  $\mu\text{gGAE g}^{-1}$  arasında değişkenlik gösterdiğini bildirmişlerdir.

Marmelat örneklerinin ABTS değerleri üzerine depolamanın etkisinin çok önemli ( $p<0.01$ ) olduğu tespit edilmiştir (Ek-1). ABTS değerleri üzerine depolama süresince meydana gelen değişim Çizelge 1'de verilmiştir. En yüksek antioksidan aktivite başlangıçta bulunmuştur. Depolama süresi arttıkça ABTS değerleri yükselmiştir (Çizelge 1).  $\text{IC}_{50}$  değeri ne kadar düşükse, antioksidan aktivite o kadar yüksek, bu değer yüksek olması halinde ise aktivite o kadar düşüktür (Cemeroğlu ve ark., 2009). Meyve ve sebzelerin kalitesi açısından antioksidan içeriği önemli bir parametredir (Zavala ve ark.,2004). Toprak stres koşulları, bitkinin/meyvenin yetiştiği iklim ve uzun süre saklanan gıdalarda saklama koşulları bu aktiviteyi etkileyebilmekte hatta aynı meyvenin çeşitleri arasında bile bu farklılık görülebilmektedir (Kan,2009).

Marmelatın DPPH değerlerine depolama süresinin etkisi önemli ( $p<0.01$ ) olarak belirlenmiştir. En yüksek DPPH değeri 3.ayın sonunda bulunurken, başlangıçtaki değer en düşüktür. DPPH değerleri 8.42 ile 8.98 arasında bulunmuştur. 3. ay sonunda  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilen marmelat örnekleri 8.98 ile en yüksek değeri vermiştir.

Çalışmamızda marmelatla en yüksek antioksidan aktivite başlangıçta belirlenmiştir. Depolama süresine bağlı olarak antioksidan aktivitesi düşmüştür. Vitaminler ve fenolik maddeler antioksidan aktivitesini belirleyen maddelerdir. Bunların miktarlarındaki azalma antioksidan aktivitesini düşürebilir. Yine C vitamini ve antosiyanin gibi maddeler yüksek sıcaklıklardan fazla etkilenen maddelerdir. Bunların parçalanmasıyla önemli kayıplar ve dolayısıyla antioksidan kapasitesinde azalmalar görülebilmektedir (Tokbaş, 2009).

Şengül ve ark.,(2018) yaptıkları çalışmada marmelatlarda DPPH (%inhibisyon) değerlerinin 2.45 ile 3.72 arasında olduğunu bildirmiştir.

Örnekler mikrobiyolojik açıdan değerlendirildiğinde; depolama süresince tespit edilen küf sayısının Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği'nde reçel, marmelat ve püreler için min  $10^2$ - max  $10^3$  kob  $\text{g}^{-1}$  olarak belirtilen limit değerlerinin altında olduğu tespit edilmiştir (Anonim, 2019c). Mayalara ait bir üreme ise gözlenmemiştir.

## SONUÇ

Geleneksel olarak üretilen marmelatlardan elde edilen bulgular değerlendirildiğinde, marmelatların Türk Gıda Kodeksi Reçel, Jöle, Marmelat ve Tatlandırılmış Kestane Püresi Tebliği ve genel kalite kabul kriterlerinin belirlediği sınırlar içerisinde olduğu tespit edilmiştir. Depolama süresi arttıkça toplam kuru madde, suda çözünür kuru madde, kül, askorbik asit, invert şeker, toplam şeker, sakaroz, L, a, b, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite azalmıştır. Düşük sıcaklıkta depolamanın

askorbik asit, toplam fenolik madde ve antioksidan içeriğinin korunması açısından daha iyi olduğu belirlenmiştir.

Sağlıklı beslenme açısından beslenme üzerine birçok faydası olan ve çok eskiden beri alternatif Çin tıbbında birçok hastalığın tedavisinde kullanılan hünnabın günlük diyetlere eklenmesinin faydalı olabileceği düşünülmektedir. Ancak hızlı sürede olgunlaşması ve yapısının kolayca çürüyüp bozulması taze tüketimini olumsuz etkilemektedir. Bu bakımdan meyvelerin marmelata işlenerek raf ömrünün artırılması ile endüstriyel açıdan alternatif tüketime değer kazandırabileceği düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Aksu M.D., Nas S, 1996. Dut Pekmezi Üretim Tekniği ve Çeşitli Fiziksel-Kimyasal Özellikleri. Gıda Teknolojisi Derneği Dergisi, 21(2), 83-88.
- Altay A, 2018. Antioxidant And Cytotoxic Properties of *Salvia Fruticosa M.* And Its Effects on Gene Expressions of Some Cyp450 And Antioxidant Enzymes In Ht-29 Cell Line, Middle East Technical University, The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Phd, Department of Biochemistry 131s.
- Anonim, 2019a. Bitkisel ve Hayvansal Üretim İstatistikleri. T.C. Başbakanlık Türkiye İstatistik Kurumu. [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr)
- Anonim, 2019b. Türk Gıda Kodeksi Reçel, Jöle, Marmelat ve Tatlandırılmış Kestane Püresi Tebliği (Tebliğno:2006/55), <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2006/12/20061230-41.htm> (Erişim Tarihi:24.07.2019)
- Anonim, 2019c. Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/12/20111229m3-6.htm> (Erişim Tarihi:24.07.2019)
- Anşin R, Özkan Z.C, 1997. Tohumlu Bitkiler: (Spermatophyta) Odunsu Taksonlar. s:465-466. Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, Trabzon. 512 s.
- Batu H. S, 2015. Karayemiş Meyvesinin Reçel ile Marmelata İşlenebilirliğinin ve Bazı Parametrelerin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Tunceli Üniveristesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tunceli, 83s
- Bingöl S, 1993. Meyve İşleme Sanayinde Girdi Sorunları ve Verimlilik. Milli Produktivite Yayınları No: 485, Ankara.
- Blois M.S, 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature. 181:1199–1200.
- Cemeroğlu B, 1992. Meyve ve Sebze İşleme Endüstrisinde Temel Analiz Metotları. Biltav Yayınları, Ankara.
- Cemeroğlu B, Yemenicioğlu A, Özkan M, 2001. Fenolik Bileşikler, Meyve ve Sebzelerin Bileşimi, Soğukta Depolanmaları, Gıda Teknolojileri Dergisi Yayınları No:24, Ankara.
- Cemeroğlu B, Karadeniz F, Özkan M, 2003. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi II. Gıda Teknolojisi Dergisi Yayınları, No:28, Ankara, 690s.
- Cemeroğlu B, Karadeniz F, Özkan M, 2009. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Dergisi Yayınları No:34, Ankara.
- Cemeroğlu B.S, 2013. Gıda Analizleri, 3. Baskı, Ankara, 480s
- Çevik İ, Erhan M, 2003. Bazı Üzüm Meyve Çeşitlerinin Teknolojik Özellikleri Üzerine Araştırma, Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi, Sayı 3.
- Emrem Ö, 2008. Alıç Meyvesinden (*Crataegus Oxyacantha*) Pekmez ve Marmelat Üretimi Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar, 111 s.
- Eser Z, 2010. Kızılcık Meyvesi ve Marmelatının Bazı Kimyasal, Fiziksel Özellikleri ile Antioksidan Aktivitesi ve Antosiyanin Profilinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 104s.
- Esin Y, 2011. Frenk Üzümünden (*Ribes Spp.*) Üretilen Reçel ve Marmelatın Fitokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat, 72s.
- Gao Q. H, Wu C. S, Wang, M, Xu B. N, Du L. J, 2012, Effect of drying of jujubes (*Ziziphus jujuba* Mill.) on the contents of sugars, organic acids,  $\alpha$ -tocopherol,  $\beta$ -carotene and phenolic compounds. J. Agric. Food Chem. 2012, 60, 9642–9648.



- Gao Q-H, Wu C-S, Wang M, 2013, The Jujube (*Ziziphus Jujuba* Mill.) Fruit: A Review of Current Knowledge of Fruit Composition and Health Benefits, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61, 3351–3363
- Genç, M, 2005. Süs Bitkisi Yetiştiriciliği (Temel Üretim Teknikleri) 1. Cilt. Süleyman Demirel Üniversitesi, 369s
- Güzel E.K, 2011. Maviyemişten (*Vaccinium Sp.*) Üretilen Reçel ile Marmelatın Fitokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat, 68s
- Hepsag F, Hayoğlu İ, 2017. Akdeniz Bölgesinde Satışı Yapılan Bazı Reçellerin Hidroksimetil Furfural Miktarlarının HPLC ile Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi, *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri*, Cilt 7 Sayı 2/2.
- Li J. W, Ding S. D, Ding X. L, 2005. Comparison of antioxidant capacities of extracts from five cultivars of Chinese jujube. *Process Biochemistry*, 40(11), 3607-3613.
- Li J, Fan L, Ding S, Ding X, 2007. Nutritional Composition of Five Cultivars of Chinese Jujube. *Food Chem.*, 103, 454–460.
- Kan T, 2009. Kayısıda (*Prunus armeniaca* L.) Kükürtleme Uygulamasının Bazı Antioksidant Madde İçerikleri Üzerine Etkileri. Doktora Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, 137s.
- Karınca M, 2003. *Ziziphus jujuba* Mill. (Hünnap) Bitkisinin Morfolojik, Anatomik, Ekolojik ve Polen Özelliklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 45s.
- Karnatovska M, Brindza J, Grygorieva O, Derevjanko V, Kochanova Z, & Birova D, 2007. Jujube Fruit (*Zizyphus Jujuba* Mill.) Variability Determination. In 1st International Scientific Conference On Medicinal, Aromatic and Spice Plants. In Book of Scientific Papers and Abstracts (P.219).
- Kaya C, Yücel E.E, Bayram M, Meşe C, Aybakan E, Gökgez G, Sözer T.T, 2016. Trabzon Hurması (*Diospyros kaki* L.) Bazlı Karışık Meyveli Geleneksel Marmelat Üretimi Üzerine Bir Araştırma. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fak. Dergisi*, 47(2):107-116
- Kırca A, Cemeroglu M, 2001. Askorbik Asitin Degradasyon Mekanizması. *Gıda*, 26 (4), 233-242.
- Kim D. O, Padilla-Zakour O.I, 2004. Jam Processing Effect On Phenolics and Antioxidant Capacity in Anthocyanin-Rich Fruits: Cherry, Plum, and Raspberry. *Journal of Food Science*, 69, (9), 395-400.
- Kökosmanlı M, 1996. Erzurum’da Yetiştirilen Kızılcık Meyvesinin Marmelat ve Nektara İşlenerek Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Kökosmanlı M, Keleş F, 2000. Erzurum’ da yetiştirilen kızılcık meyvesinin marmelat ve pulpa işlenerek değerlendirilmesi. *Gıda* 25(4): 289-298.
- Oey I, Lille M, Van Loey A. and Hendrickx M, 2008. Effect of High Pressure Processing on Colour, Texture and Flavour of Fruit and Vegetable-Based Food Products A Review. *Trends in Food Science & Technology*, 19, 320-328.
- Özdemir F, Topuz A, Karkacı M, 1998. Kuşburnu Pulpunun Marmelata İşlenmesinde Pişirme Yöntemi ve Formülasyonunun Marmelat Kalitesine Etkisi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*. Cilt:4, Sayı:1-2, s:577-580.
- Rababah T.M, Al-u’datt M, Almajwal A, Brewer S, Feng H, Al-Mahasneh M, Ereifej K, and Yang W, 2012. Evaluation of the Nutraceutical, Physicochemical and Sensory Properties of Raisin Jam, *Journal of Food Science*, Vol. 77, Nr. 6.
- Reichl L, 1991. Uncommon Fruits Worthy of Attention. A Gardener’s Guide. Addisonwesley, Reading, MA., 125-127p.
- Sağlam S, 2007. Antosiyanince Zengin Dut, Kiraz ve Gilaburu Meyvelerindeki Fenolikler ve Antioksidan Kapasitesi Üzerine Reçel Yapım İşleminin Etkisi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 43s.
- Saied A.S, Gebauer J, Hammer K, Buerkert A, 2008. *Ziziphus spina-christi* (L.) Willd.: a Multipurpose Fruit Tree. *Genet. Resour. Crop Evol.* 55:929-937.
- Scheerens J.C, 2001. Phytochemicals and The Consumers: Factors Affecting Fruit and Vegetable Consumption and The Potential For Increasing Small Fruit In The Diet. *Horttech* 11:547-556.



- Scibisz I, Mitek M, 2008. Effect Of Processing and Storage Conditions on Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity of Highbush Blueberry Jams. Department of Food Technology, University of Life Sciences, Warsaw, Poland.
- Sernikli C, 2015, Karadut (*Morus Nigra*) Suyunda Toplam Fenolik Madde ve Suda Çözünen Vitaminlerin Isıl Parçalanma Kinetiği, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 83s.
- Sheng J, Yunbo L, Shen L, 2003. Storage of Chinese winter jujube fruit, Acta Hort. 620:203-208.
- Sinko L. T, 1971. Jujube, One of The Most Valuable Subtropical Fruit Crop in South of The Soviet Union. Trudy Gosudarstvennogo Nikitskogo Botanicheskogo Sada., 52x, 31-53.
- Şengül M, Topdaş E.F, Doğan H, Serencam H,2018. Artvin İlinde Geleneksel Olarak Üretilen Farklı Marmelat Çeşitlerinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri, Antioksidan Aktiviteleri ve Fenolik Profilleri. Akademik Gıda 16(1) 51-59.
- Tanker N, Koyuncu M, Maksut C, 2004. Farmasötik Botanik s:267-268 Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları No:88, Ankara, 447 S.
- Tanmay K.K, Shweta W, Prerna N, Awasthi O.P, Charanjit K, 2011. Nutraceutical Composition of *Zizyphus mauritiana* Lamk (Indian ber): Effect of Enzyme-Assisted Processing. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 62 (3): 276-279
- Tokbaş H,2009. Karadut Meyvesinin Reçel ile Marmelata İşlenmesi ve Ürünlerin Antioksidan Özelliklerinin Belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilimdalı Yüksek Lisans Tezi.Tokat.
- Üstün S, Tosun İ, 1998. Çeşitli Reçellerin Bilesimi Üzerine Bir Araştırma. Gıda,23(2):125-131.
- Wang Q, Lai T, Qin G, Tian S, 2009. Response of jujube fruits to exogenous oxalic acid treatment based on proteomic analysis. Plant and cell physiology, 50(2), 230-242.
- Wang C, Cao and J, Jiang W, 2016. Effect Of The Drying Method on Browning of Flesh, Antioxidant Compounds and Antioxidant Capacity of Chinese Jujube (*Zizyphus Jujuba* Mill.) Fruit, Current Topics In Nutraceutical Research Vol. 14, No. 2, Pp. 161-170.
- Yaltrık F, 1997. Orman ve Park Ağaçlarımız. Geniş Yapraklılar, Atlas Dergisi.16-111.İstanbul
- Yaşa F, 2016.Türkiye’de Yetiştirilen Hünnap Meyvesinin Bileşimi ve Meyvenin Kurutulması Sırasında Bileşiminde Meydana Gelen Değişimler, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 57s
- Yıldız N, Bircan H, 1994. Araştırma Deneme Metotları. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı Yayın No: 697, II. Baskı, Erzurum, 277s.
- Yurdagül E, 2017.Erik Bazlı Karışık Meyveli Geleneksel Marmelat Üretimi Üzerine Bir Araştırma. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilimdalı Yüksek Lisans Tezi, Adana
- Yücel E, 2005. Ağaçlar ve Çalılar. İnsancıl Sahaf Yayınevi, 301s,Eskişehir.
- Zavala F. A. Y, Wang S. Y, Wang C. Y, Aguilar G. A.G, 2004. Effect Of Storage Temperatures On Antioxidant Capacity and Aroma Compounds In Strawberry Fruit. Lebensm- Wiss.U- Technol. 37: 687-695
- Zeytun E, 2007. Kuşburnu Marmelatı İlavesiyle Üretilen Probiyotik Biyoyoğurdun Depolama Süresince Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Zhu S, Sun L, Zhou J, 2009. Effects of Nitric Oxide Fumigation on Phenolic Metabolism of Postharvest Chinese Winter Jujube (*Zizyphus Jujuba* Mill. Cv. Dongzao) İn Relation To Fruit Quality. LWT-Food Science and Technology, 42(5), 1009-1014
- Zor M, 2007. Depolamanın Ayva Reçelinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleriyle Antioksidan Aktivitesi Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum64 s.

## Ardıl Baraj Yıkılmasının Mansapta Bulunan Elastik Yapı Üzerindeki Etkisinin Yapı-Sıvı Etkileşim Yöntemi ile İncelenmesi

Ali Ersin DİNÇER<sup>1\*</sup>, Abdullah DEMİR<sup>1</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada yazarlar tarafından geliştirilen bir yapı-sıvı etkileşim yöntemi idealize edilmiş ardıl baraj yıkılması problemi için test edilmiştir. Bu doğrultuda geliştirilen yöntemde, sıvı kısım yumuşatılmış tanecik hidrodinamiği (smoothed particle hydrodynamics - SPH) ile, katı kısım ise sonlu elemanlar (finite element – FE) yöntemi ile modellenmiş ve katı ile sıvı arasındaki akupaj, kontak mekanik kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Aynı geometrideki ardıl barajlar aralarında mesafe bırakmaksızın yerleştirilmiştir. En yüksek konumdaki barajın doluluk oranındaki değişim dikkate alınmıştır. Yıkılan barajların mansaptaki elastik bir yapıya etkisi hem yapının deformasyonu yönünden hem de akışkandaki basınç dağılımları yönünden test edilmiştir. Ayrıca serbest akışkan yüzeyi profilleri ve su hızı profilleri de çalışmada sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Yumuşatılmış Tanecik Hidrodinamiği, Kontak Mekanik, Yapı-Sıvı Etkileşimi, Ardıl baraj yıkılması.

## Investigation of the Effect of Sequential Dam-Break Problem on the Elastic Structure Located Downstream with a Fluid-Structure Interaction Method

**ABSTRACT:** In the present study, a fluid-structure interaction (FSI) method developed by the authors is tested for an idealized sequential dam-break problem. In the proposed method, fluid part is modelled by smoothed particle hydrodynamics (SPH) and structure part is modelled by finite element method (FEM) and the coupling between fluid and structural domains are implemented by contact mechanics. Reservoirs having same geometry are positioned without interspace. The change in capacity usage of the most higher dam is investigated. The effect of dam-break flow on an elastic structure located at the downstream is tested in terms of the deformation of the structure and the pressure distributions of the fluid. In addition, free-surface profiles and velocity distribution of fluid are presented.

**Keywords:** Smoothed particle hydrodynamics, Contact Mechanics, Fluid-Structure Interaction, Sequential dam break.

<sup>1</sup>Ali Ersin Dinçer (Orcid ID: 0000-0002-4662-894X) Abdullah Demir (Orcid ID: 0000-0002-6392-648X), Abdullah Gül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kayseri, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: A. Ersin Dinçer, e-mail: ersin.dincer@agu.edu.tr

Geliş tarihi / Received: 25-12-2019

Kabul tarihi / Accepted: 22-06-2020

## GİRİŞ

Barajların sağladığı yararların yanı sıra, yıkılma potansiyellerinden dolayı can ve mal kaybına uğratma riski de vardır. Barajların işletmesinden sorumlu uzmanlar, olası problemleri engellemek için barajları doğru analiz etmeleri gereklidir. Günümüze kadar farklı sebeplerle meydana gelen en büyük baraj felaketleri olarak, South Fork (1889), Tigra (1917), Panshet (1961), Vajont (1963), Banqiao ve Shimantan (1975), Machchu-2 (1979), Köprü (2012), Dakrong 3 (2012), Tokwe Mukorsi (2014) ve Germano maden (2015) baraj yıkılmaları gösterilebilir. Gelişen bilim ve teknoloji sayesinde can kayıpları ciddi miktarda azaltılmıştır. Erken uyarı sistemlerinin doğru bir şekilde uygulanması ve baraj yıkılması sonrası suyun davranışının deneysel ve matematiksel yöntemlerle modellenmesi baraj felaketlerinden dolayı oluşacak zararları azaltmaya yardımcı olmaktadır. Literatürde, baraj yıkılması problemlerinin gerek deneysel olarak gerekse de sayısal modellenmesine birçok bilim insanı tarafından ilgi gösterilmiş ve önemli çalışmalar sunulmuştur. Adami ve ark. (2012) statik ve hareketli duvarlarında sınır koşulları için yeni bir formülasyon geliştirmiştir. Lobovský ve ark. (2014) çalışmasında baraj yıkılma problemini deneysel olarak ayrıntılı bir şekilde irdelemiştir. Dinçer ve ark. (2016) Bunlara ek olarak ardıl baraj yıkılması Demir ve Dinçer 2017 yılındaki çalışmalarında incelenmiştir. Baraj yıkılması sonrası gerçekleşen durumlar için yapılan çalışmalar da mevcuttur. (Dinçer, ve ark., 2016; Demir ve ark., 2019)

Bu çalışmada, ardıl baraj yıkılmasının mansapta bulunan elastik bir yapıya olan etkisini sayısal olarak modellemek için yumuşatılmış tanecik hidrodinamiği (SPH) ve sonlu elemanlar yöntemi (FEM) tabanlı yapı-sıvı etkileşim (FSI) yöntemi kullanılmıştır ve kontak mekanik ile akupaj sağlanmıştır. Literatürde SPH-FEM akupajı ile ilgili sınırlı sayıda çalışma vardır. İlk çalışma, Attaway ve ark. (1994) tarafından gerçekleştirilen yapı-yapı çarpışma modeli ile ilgilidir. Daha sonra De Vuyst ve ark. (2005) bu yöntemi yapı-sıvı etkileşimine uygulamışlardır. Aynı yaklaşım Fernandez-Mendez ve ark. (2005) ve Zhang ve ark. (2010) tarafından da çalışmalarında kullanılmıştır. Hu ve ark. (2014) ise SPH-FEM akupaj yöntemini geliştirerek yeni bir arama algoritması geliştirmiştir. Serbest yüzey ve elastik yapı içeren şiddetli yapı-sıvı etkileşimi modelleri Fourey ve ark. (2010) ve Groenenboom ve Cartwright (2010) tarafından SPH-FEM akupaj yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Fourey ve ark. (2017) çalışmalarında yapı-sıvı etkileşimini, SPH ile elde edilen yapının üzerinde oluşacak kuvvetleri FE yöntemine ileterek ve FEM ile bulunan yeni yapı pozisyonunu SPH yönteminde sınır koşulu olarak uygulayarak sağlamışlardır. Long ve ark. (2017) SPH-FEM akupaj yöntemine hayalet parçacık metodunu entegre ederek karmaşık geometrilerde yapı-sıvı etkileşimi problemlerini çözmüşlerdir. Hayalet parçacık metodunun en önemli dezavantajı hesaplama süresinin uzunluğudur.

Araştırmacılar önceki çalışmalarında akupajın kontak mekanik yöntemi ile sağlandığı yeni bir SPH-FEM yöntemi geliştirip, bu yöntemi farklı deneyler ile doğrulamışlardır (Dinçer ve ark., 2019; Demir ve ark. 2019). Araştırmacıların bu çalışmalarında geliştirilen SPH-FEM akupaj yöntemleri benzer olsa da temelde SPH parçacıklarının yapıdan uzaklaştırılma şekli farklıdır. İlk çalışmada SPH parçacıkları yapıdan deplasman tabanlı ötelenmiş (Dinçer., 2019), ikinci çalışmada ise kuvvet tabanlı ötelenmiştir (Demir ve ark., 2019). Geliştirilen yöntemler yapı-sıvı etkileşiminde kontak mekaniğin akupaj tekniği olarak kullanılması açısından yenilikçi yöntemlerdir. Kontak mekanik daha çok yapı-yapı etkileşimlerinde kullanılmış olup geliştirilen yöntemler ile ilk olarak yapı-sıvı etkileşiminde kullanılmıştır. Sıvı kısmın modellenmesi için kullanılan birçok farklı parçacık tabanlı yöntem vardır (MPS, SPH vs.). Kullanılan yöntemi diğer hibrit yöntemlerden farklı kılan yönü kullanılan farklı yöntemlerin akupajının sağlanma şeklidir. Literatürde önerilen çoğu yöntemde sıvı ve yapı ayrı olarak çözülmekte ve iki taraflı akupaj uygulanmaktadır. Bu tip yöntemlerde iterasyon sayısı artmaktadır. Buna

karşın geliştirilen yöntemlerde yapı ile etkileşim halindeki sıvı parçacıkları yapı ile beraber tek bir hareket denklem seti içinde çözülmektedir. Bu çalışmada deplasman tabanlı SPH-FEM akupaj yöntemi ardıl baraj yıkılması durumu için test edilmiştir.

Bir sonraki kısımda, modelde kullanılan SPH denklemleri verilmiştir. Daha sonraki kısımda ise akupaj yönteminden bahsedilmiş olup, SPH-FEM denklemleri ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Sonraki bölümde sayısal model düzeneği gösterilmiştir ve sayısal modelde kullanılan parametreler tanımlanmıştır. Daha sonra elde edilen sonuçlar sunulmuştur ve yorumlanmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Yapı-sıvı etkileşimi için bu çalışmada kullanılan yöntem, yapı ve sıvının aynı anda çözülmesine olanak sağlar. Sıvı kısım SPH ile katı kısım ise FE yöntemi ile modellenmiştir. İki kısım arasındaki etkileşim için ise kontak mekanik kullanılmıştır. Ayrıca, problem sınır koşulları SPH parçacıklarıyla sağlanarak da modellenmiştir. Özetle, bu ikinci yöntemde, sıvı kısım SPH ile katı kısım ise SPH'nin sınır parçacıkları olan ve sanal parçacıklar olarak isimlendirilen yöntem ile sınır koşulu olarak modellenmiştir.

### SPH Yöntemi

SPH denklemleri hidrodinamik problemleri için geliştirilmiş olup, yoğunluk ve hız gibi değişkenler, kısmi diferansiyel denklemleri ile tanımlanır. SPH'nin formülleştirilmesinde iki önemli adım vardır. Birincisi integral gösterimi ya da kernel yaklaşımı, ikincisi ise parçacık yaklaşımıdır (Liu ve Liu, 2003). Aşağıda SPH yönteminde kullanılan genel formül verilmiştir. Ayrıntılı bilgiye Dinçer ve ark. (2018)'nin çalışmalarından ulaşılabilir.

$$f(x) = \int f(\mathbf{r}') \delta(\mathbf{r} - \mathbf{r}') d\mathbf{r}' \quad (1)$$

Yukarıdaki eşitlikte  $f$ , bir pozisyon vektörünün ( $\mathbf{r}$ ), fonksiyonu iken  $\delta(\mathbf{r} - \mathbf{r}')$  ise dirac delta fonksiyonudur (Liu ve Liu, 2003). Bu integral gösterimi, dirac delta fonksiyonunu kernel fonksiyonu olarak değiştirerek ( $\mathbf{W}(\mathbf{r} - \mathbf{r}', h) = \mathbf{W}_{ij}$ ) ve bazı dönüşümler yapılarak aşağıdaki toplam şeklinde ifade edilebilir (Liu ve Liu, 2003; Dinçer, 2017).

$$f(x) = \sum \frac{m_j}{\rho_j} f_j \mathbf{W}_{ij} \quad (2)$$

Denk. (2)'de  $m_j$  ilgili parçacığın çevresindeki herhangi bir parçacığın kütlesi ve  $\rho_j$  ilgili parçacığın çevresindeki herhangi bir parçacığın yoğunluğudur. Bu çalışmada aşağıda formülü verilen kübik kernel fonksiyonu kullanılmıştır.

$$W(R) = \alpha_d \begin{cases} \frac{2}{3} - R^2 + \frac{1}{2} R^3 & 0 \leq R < 1 \\ \frac{1}{6} (2 - R)^3 & 1 \leq R < 2 \\ 0 & R \geq 2 \end{cases} \quad (3)$$

Denk. (3)'te iki boyut için ampirik katsayı,  $\alpha_d = 15/7\pi h^2$  alınır (Liu ve Liu, 2003),  $h$  değeri kernel fonksiyonun yumuşatma uzunluğudur (smoothing length) ve bu çalışmada başlangıçtaki iki parçacık arasındaki mesafenin 1.33 katı olarak alınmıştır.  $R$  iki parçacık arasındaki göreceli mesafedir.

Sırasıyla kütle ve momentumun korunumu parçacık biçiminde aşağıdaki şekillerde yazılabilir (Monaghan, 1992).

$$\frac{d\rho_i}{dt} = \sum_j m_j (\mathbf{u}_i - \mathbf{u}_j) \nabla_i \mathbf{W}_{ij} \quad (4)$$

$$\frac{d\mathbf{u}_i}{dt} = - \sum_j m_j \left( \frac{P_i}{\rho_i^2} + \frac{P_j}{\rho_j^2} + \pi_{ij} \right) \nabla_i \mathbf{W}_{ij} + \mathbf{g} \quad (5)$$

$$\frac{d\mathbf{r}_i}{dt} = \mathbf{u}_i + 0.05 \sum_j m_j \left( \frac{\mathbf{u}_i - \mathbf{u}_j}{\bar{\rho}_i} \right) \mathbf{W}_{ij} \quad (6)$$

Bu eşitliklerde  $\mathbf{u}$  parçacıkların hızı,  $P$  parçacıkların basıncı,  $\mathbf{g}$  yerçekimi ivmesi,  $\pi_{ij}$  ise viskozite etkisini gösteren ampirik bir terimdir ve eşitliği aşağıda gösterilmiştir.

$$\pi_{ij} = - \frac{\phi \mu_{ij} \bar{c}_{ij} - \varphi_{ij}^2}{\bar{\rho}_{ij}} \quad (7)$$

$$\mu_{ij} = \frac{h \mathbf{V}_{ij} \cdot \mathbf{r}_{ij}}{\|\mathbf{r}_{ij}\|^2 + 0.001h^2} \quad (8)$$

Denk. (7)'de  $\phi$  ve  $\varphi$  ampirik katsayılar olup sırasıyla 1 ve 0.2 olarak alınmıştır (Monaghan, 1992). Yapay viskozite,  $\pi_{ij}$ , sıvı parçacıkların birbiri içine girmesini engellemek için gereklidir.

Hesaplamalı akışkan dinamiği problemlerinde, akışkan genel olarak sıkıştırılmaz kabul edilir ve Poisson denklemleri çözülerek akışkanın basıncı hesaplanır. Hesaplama hızını arttırmak için, akışkanı az miktarda sıkıştırılabilir kabul ederek, Poisson denklemleri kullanılmadan, basınç aşağıdaki formülden hesaplanır (Monaghan, 1994).

$$P = P_0 \left( \left( \frac{\rho}{\rho_0} \right)^7 - 1 \right) \quad (9)$$

Denk. (9)'da  $P_0$  başlangıçtaki basınç olup, hidrostatik basınç olarak akışkana dağıtılmıştır,  $\rho_0$  ise başlangıç yoğunluğu olup suyun yoğunluğu olan  $1000 \text{ kg/m}^3$  alınmıştır.

Dinamik çözümde zaman diskritizasyonu için Leap-Frog algoritması kullanılmıştır (Liu ve Liu, 2003). Zaman adımı Courant durumu (CFL) ile kontrol edilir (Anderson, 1995; Hirsch, 1988).

Suyun serbest yüzeyinin basıncı sıfır olmalıdır ve serbest yüzey takibi SPH tarafından herhangi bir işleme gerek olmadan kendiliğinden yapılır. Duvar sınır koşulu için ise çalışmada iki farklı sınır yöntemi kullanılmıştır. İlk yöntemde sınır durumu yapı elemanlarıyla tanımlanmış olup, SPH-FEM akupajı ile çözüm yapılmıştır. İkinci yöntemde ise SPH parçacıkları kullanılarak çözüm yapılmıştır. İki yöntemden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.”

SPH yöntemiyle duvar sınır koşulunu modellemek için ayna parçacık yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde, sınıra yakın parçacıkların sınıra göre ayna görüntüsü alınır ve bu görüntüye göre ayna parçacıkları olarak adlandırdığımız sınır parçacıkları oluşturulur. Dolayısı ile sıvı parçacığı sınıra yaklaştıkça, ayna parçacığı da ters taraftan sınıra yaklaşır ve sıvı parçacığının sınıra girişi önlenir. Bu yöntemde kernel tamamlandığı için kernel kesme hatası azdır.

Diğer sınır yöntemi olan SPH-FEM akupajı sonraki kısımlarda anlatılmıştır.

### Akupaj Yöntemi

Giriş kısmında da bahsedildiği gibi literatürde çeşitli akupaj yöntemleri vardır. Bu çalışmada iki farklı alanın aynı anda çözülmesine olanak sağlayan kontak mekanik kullanılmıştır. Akupajda yapı modeli için kullanılan FEM yöntemi konvansiyonel bir yöntemdir. Bu çalışmada uygulanan kuvvetler altında kullanılan malzemeler doğrusal elastik davranış gösterse de tüm doğrusal olmayan etkiler (geometrik ve malzeme) hesaba katılmıştır. Ağ tabanlı bir yöntem olan FEM ile parçacık tabanlı bir yöntem olan SPH, kontak mekanik kullanılarak etkileşim içine sokulmuştur. Bathe ve Chaudhary (1985) tarafından iki boyutta iki yapının çizgi-çizgi etkileşimi için tanımlanan potansiyel, SPH-FEM akupajı



için nokta-çizgi etkileşim formuna dönüştürülmüştür. Denklemın derıvasıyonu için yazarların önceki çalışması takip edilebilir (Dinçer ve ark. 2019).

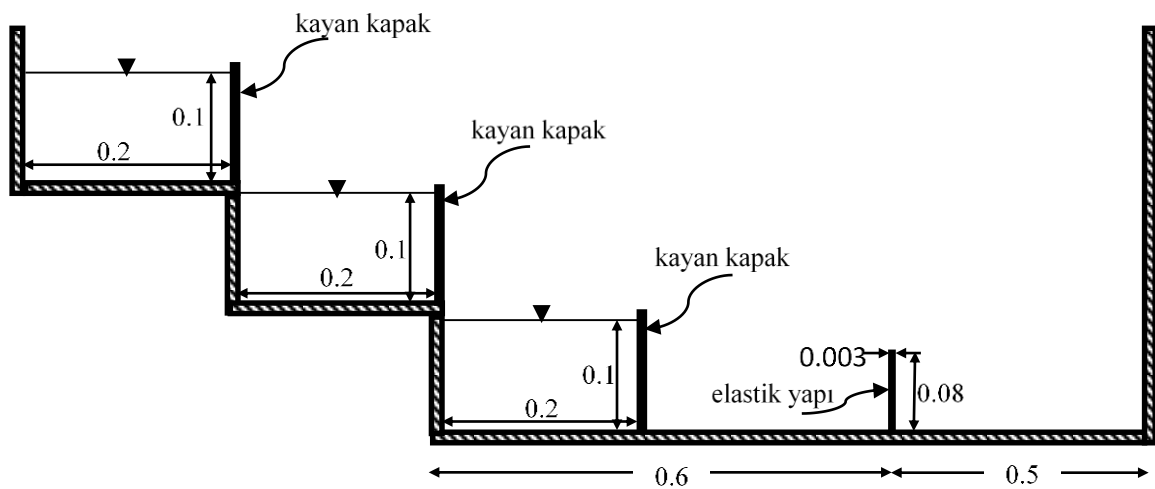
$$\begin{bmatrix} [{}^{t+\delta t}K_{solid}^{(i-1)} & \underline{0} \\ \underline{0} & \frac{2}{\Delta t^2} {}^{t+\delta t}M_p^{(i-1)} \\ [{}^{t+\delta t}K_c^{(i-1)}]^T & \underline{0} \end{bmatrix} [{}^{t+\delta t}K_c^{(i-1)}] \begin{bmatrix} \Delta \vec{U}_{solid}^{(i)} \\ \Delta \vec{U}_p^{(i)} \\ \Delta \vec{\lambda}^{(i)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} {}^{t+\delta t}\vec{R} \\ \underline{0} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} {}^{t+\delta t}\vec{F}^{(i-1)} \\ \underline{0} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} {}^{t+\delta t}\vec{R}_c^{(i-1)} \\ {}^{t+\delta t}\vec{\Delta}_c^{(i-1)} \end{bmatrix} \quad (10)$$

Denk. (10)'da  $\Delta \vec{U}_{solid}^{(i)}$  ve  $\Delta \vec{U}_p^{(i)}$  sırasıyla yapının ve su parçacıklarının artımsal deplasmanıdır. Bu denklemde  $[{}^{t+\delta t}K_{solid}^{(i-1)}]$  yapının rijitlik matrisi,  $[{}^{t+\delta t}K_c^{(i-1)}]$  kontak rijitlik matrisi,  $\Delta \vec{U}^{(i)}$  artımsal deplasman vektörü,  $\Delta \vec{\lambda}^{(i)}$  artımsal kontak kuvvet vektörü,  ${}^{t+\delta t}\vec{R}$  uygulanan toplam harici yük vektörü,  ${}^{t+\delta t}\vec{F}^{(i-1)}$  eşlenik düğüm noktası kuvvet vektörü,  ${}^{t+\delta t}\vec{R}_c^{(i-1)}$  kontak kuvvet vektörü,  ${}^{t+\delta t}\vec{\Delta}_c^{(i-1)}$  parçacıkların hedef yüzeye girme miktarları vektörü.

Denk. (10)'a yapının kütle katılımı ve sönümlenme matrisi eklenerek Wilson teta ( $\theta = 1.42$ ) yöntemi ve Rayleigh damping (sönümlenme) yöntemi kullanılarak çözüldüğünde SPH parçacıklarında ve yapıda oluşan deplasmanlar bulunur.

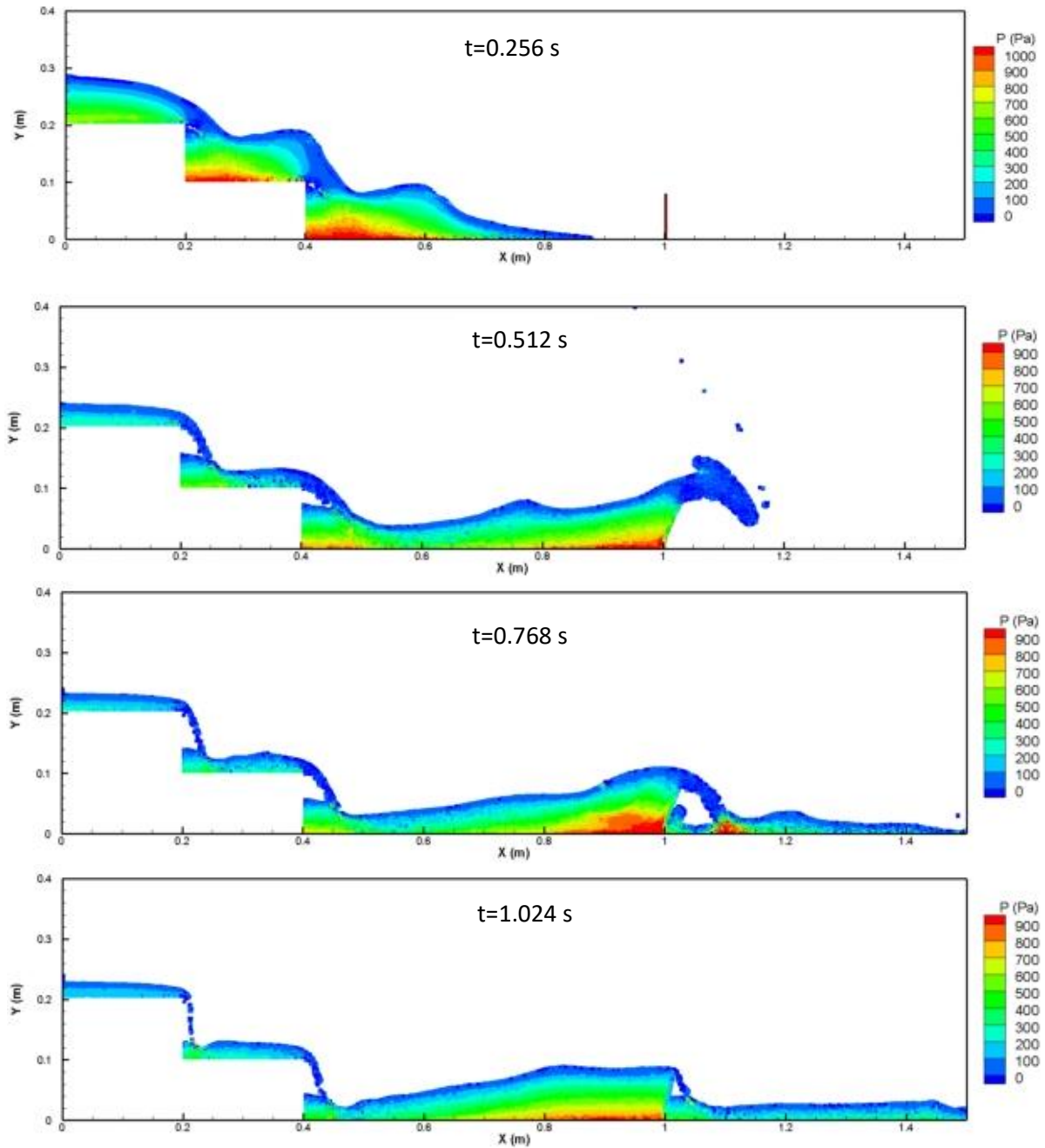
## BULGULAR VE TARTIŞMA

Geliştirilen FSI yöntemi, Şekil 1'de gösterilen sayısal model ile test edilmiştir. Genişliği 0.2 m, yüksekliği 0.1 m olan su kolonları içeren üç idealize edilmiş baraj şekilde gösterildiği gibi ardıl olarak yerleştirilmiştir. Kayan kapaklar aynı anda kaldırılarak suyun hareketi sağlanmıştır. Sayısal yöntemde, kayan kapağın anlık olarak kaldırıldığı varsayılmıştır. Modelde sıvı olarak yoğunluğu 1000 kg/m<sup>3</sup> ve dinamik viskozitesi 1x10<sup>-3</sup> Pas olan su kullanılmıştır. Su, alt barajın mansabından 0.4 m uzaklıkta olan elastik yapıya çarpıp, yapıyı deforme eder. Yapının elastisite modülü ortalama 10 MPa, genişliği 3 mm ve uzunluğu 8 cm'dir. Sayısal modelde, farklı zamanlarda gözlemlenen su serbest yüzeyleri ve basınçları ve yapının deformasyonu ölçülmüştür.

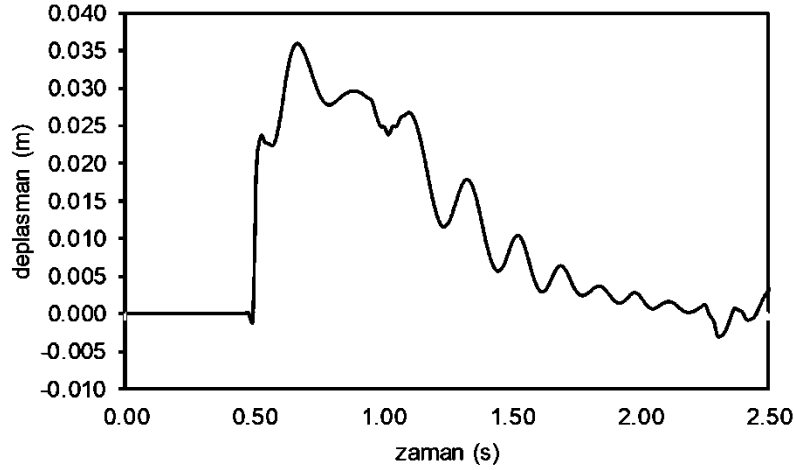


Şekil 1. Sayısal model düzeneği (bütün birimler m cinsindedir)

Şekil 2’de üç idealize edilmiş barajın anlık yıkılması sebebiyle oluşan su yüzü profilleri ve yapı deformasyonları verilmiştir. Su yüzü profilleri her  $t = 0.256$  s’de gösterilmiştir. Şekilde su yüzeyinde oluşan basınç dağılımı gösterilmiştir. Şekil 3’te ise suyun çarpmasıyla yapının sol üst köşesinde meydana gelen zamana bağlı deplasman grafiği verilmiştir. Yapının üst köşesinin deplasmanı önce negatif yönde bir deplasman yapıp daha sonra pozitif yönde hareketine devam etmiştir. Bunun sebebi suyun yapıya ilk başta alt tarafından vurması olup, alt taraftan darbe alan yapının alt bölgesi pozitif yönde deplasman yaparken, üst tarafı ise negatif yönde deplasman yapmaktadır. Yapıya çarpan su kütlesi arttıkça, yapının tamamı pozitif yönde deplasman yapmıştır. Görüleceği üzere üç ardıl barajın yıkılması durumunda elastik yapının üst köşesi 3.5 cm deplasman yapmıştır. Bu deplasman yapının boyunun %44’üne tekabül etmektedir.



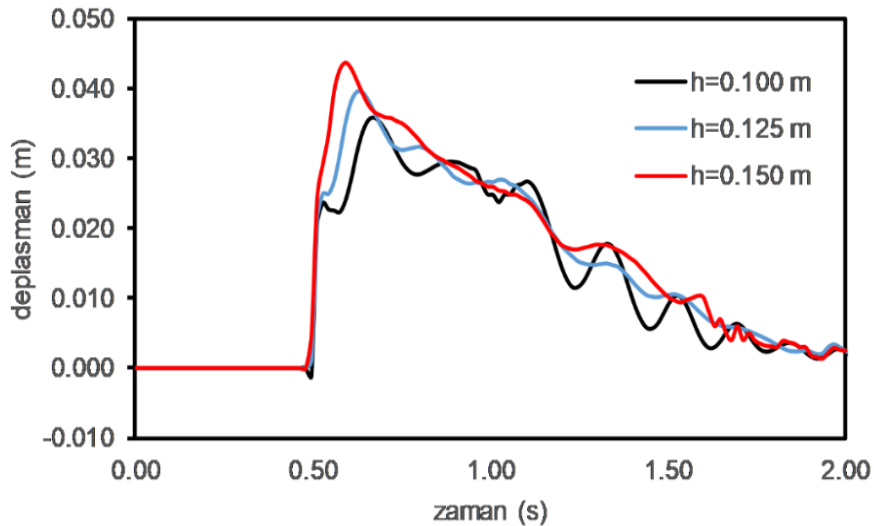
Şekil 2. Su serbest yüzeyleri



Şekil 3. Yapının sol üst köşesinin yaptığı deplasman

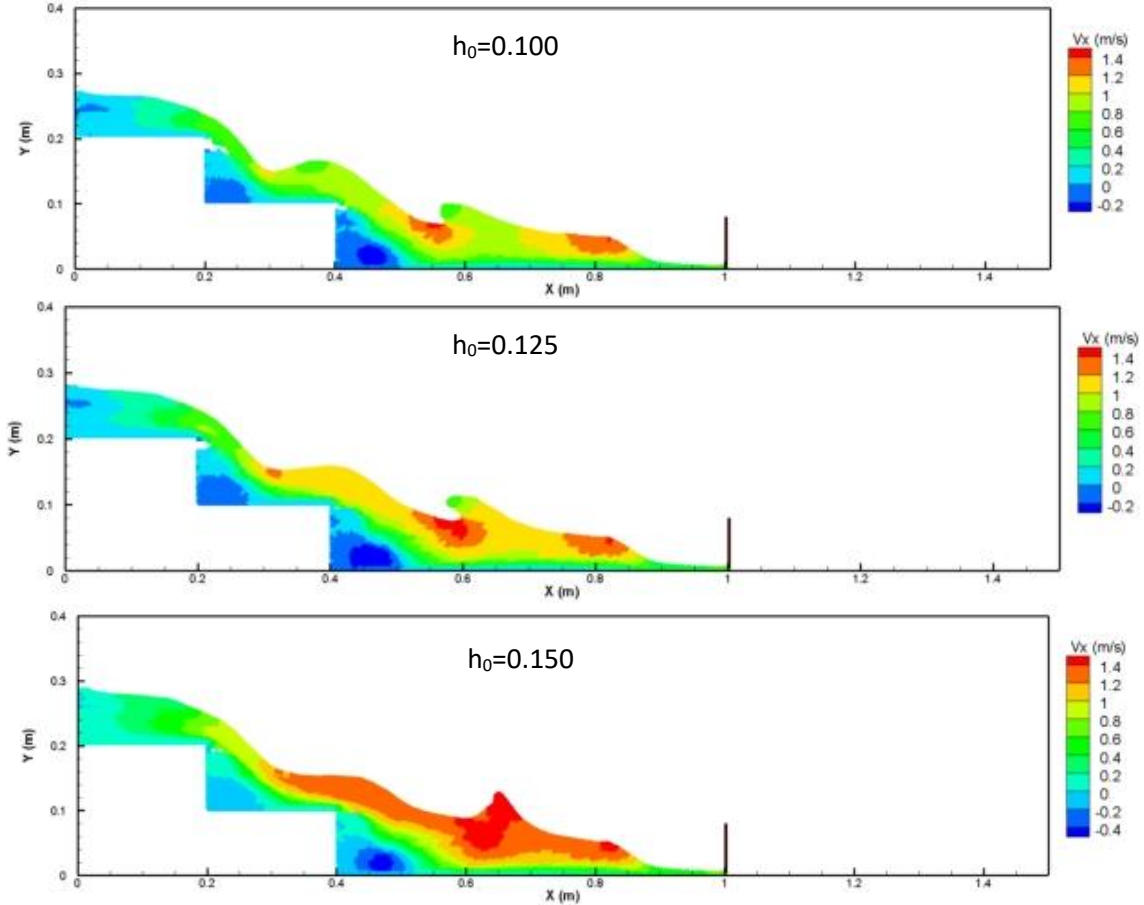
Barajdaki su yüksekliğinin mansaptaki yapının deformasyonuna etkisini görmek için, en üstteki barajın su seviyesi değiştirilmiştir. En üstteki barajın su yüksekliğinin 0.100 m, 0.125 m ve 0.150 m olduğu durumlar için Şekil 4'te yapının üst köşesinde oluşan deplasmanlar verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere, üst barajdaki su seviyesinin %25 arttığı durumda yapıdaki deplasman yaklaşık %10 artarken, su seviyesi %50 arttığı zaman, yapı deplasmanı %19.5 artmıştır. Bu durum sistemin enerjisi ile açıklanabilir. En üstteki barajdaki su seviyesi %25 arttırılırsa, sistemdeki toplam enerji %8.3 arttırılmış olur. Benzer olarak en üstteki barajdaki su seviyesi %50 arttırıldığı zaman, ardıl barajlardaki toplam enerji yaklaşık %16.7 arttırılmış olur. Görüleceği üzere yapının deplasmanı, enerji artışından daha fazla artış göstermektedir.

Su kütleleri, üç farklı su seviyesi için de aynı anda elastik yapıya ulaşırlar. Yapının en yüksek deplasman değerine ulaşma süresinin, üst barajdaki su seviyesiyle ters orantılı olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca su seviyesi 0.100 m ve 0.125 m iken, yapının deplasmanı artmaya başlayıp, sonra bu artış azalıp son olarak da tekrar deplasman yaparak pik değerine ulaşır. Üst barajdaki su 0.150 m iken deplasmandaki bu duraklama gözlemlenmez. Bunun sebebi üst barajdaki suyun, yapıya hızlı bir şekilde ulaşmasıdır. Alt barajdan gelen su, yapıda deplasman oluşturmaya devam ederken, üst barajdaki hızlı bir şekilde yapıya ulaşır, yapıda daha fazla deplasman yaratmıştır.



Şekil 2. En üstteki barajdaki farklı su yükseklikleri için hesaplanan yapının deplasmanı

Üç farklı üst baraj su seviyesi için, suyun yapıya tam ulaştığı andaki serbest su yüzeyi profilleri ve su hızı profilleri Şekil 5'te verilmiştir. Üst barajdaki su seviyesi arttıkça, su yüzeyinde gözlemlenen yatay hızlar da beklenildiği üzere artmaktadır. Barajların menbasında eksi hızlar gözlemlenmektedir, yani vorteks oluşumu modelde yakalanmıştır.



Şekil 3. Farklı su seviyeleri için su yüzü profilleri

## SONUÇ

Bu çalışmada, literatürde fazla incelenmeyen ardıl baraj yıkılması problemi sayısal olarak araştırılmıştır. İncelenen ardıl baraj yıkılması problemi araştırmacılar tarafından geliştirilen akupajın kontak mekanik ile sağlandığı SPH-FEM yapı-sıvı etkileşimi yöntemi ile modellenmiştir. Çalışmada üç ardıl baraj kullanılmış olup, en üstteki barajın su seviyesi değiştirilerek, mansaba yerleştirilen elastik bir yapının deplasmanları ölçülmüştür. Yapıdaki deplasmanın oransal olarak, enerji artma oranından daha fazla arttığı gözlemlenmiştir. Enerji ile deplasman arasındaki ilişkinin doğrusal olmamasının sebeplerinden biri yapının yaptığı yüksek deplasmanlardan dolayı yapıdaki doğrusal olmayan etkilerin olması diğeri yapıdaki şekil değişiminden dolayı su akış yönünün değişmiş olmasıdır. Yapı ve sıvının birbirlerinden etkilenerken gerçekleştirdikleri davranış değişiklikleri enerji deplasman ilişkisinin doğrusallığını bozmuştur.

Türkiye'de birçok ardıl baraj bulunmakta olup, bu barajların olası yıkılma simülasyonları yapılmalı ve gerekli önlemler alınmalıdır. Bu çalışmada geliştirilen FSI yönteminin kapasitesi incelenmiş ve ardıl baraj problemlerine uygulanabilirliği teorik olarak test edilmiştir. Geliştirilen FSI yöntemi kullanılarak, gerçek ölçekli barajlar için çalışmalar yapılması planlanmaktadır. Ayrıca baraj yıkılması sonrası oluşan sediment akışının ve sedimentli akışın mansaptaki baraj gövdesine ya da elastik yapılara vereceği zararların incelenmesi planlanmaktadır.

**KAYNAKLAR**

- Adami S, Hu XY, Adams NA, 2012. A Generalized Wall Boundary Condition for Smoothed Particle Hydrodynamics. *Journal of Computational Physics*, 231 (21): 7057–75.
- Anderson JD, (1995). *Computational fluid dynamics: the basics with applications*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Mc Graw-Hill.
- Attaway S, Heinstein M, Swegle J, 1994. Coupling of smooth particle hydrodynamics with the finite element method. *Nuclear Engineering and Design*, 150 (2-3): 199-205.
- Bathe K, Chaudhary A, 1985. A solution method for planar and axisymmetric contact problems. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 21: 65-88.
- DeVuyst T, Vignjevic R, Campbell JC, 2005. Coupling between meshless and finite element methods. *International Journal of Impact Engineering*, 31(8): 1054–1064.
- Demir A, Dinçer AE, Bozkuş Z, Tijsseling AS, 2019. Numerical and experimental investigation of damping in a dam-break problem with fluid-structure interaction, *Journal of Zhejiang University*, 20 (4):, 258-271.
- Demir A, Dinçer AE, 2017. MPS ve FEM Tabanlı Akışkan-Yapı Etkileşimi Modelinin Çoruh Nehri Üzerindeki Ardıl Baraj-Yıkılma Problemine Uygulanması. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 90(312): 1–6.
- Dinçer AE, Bozkuş Z, Şahin AN, 2016. Effect of Downstream Channel Slope on Numerical Modelling of Dam Break Induced Flows. In *Sustainable Hydraulics in the Era of Global Change - Proceedings of the 4th European Congress of the International Association of Hydroenvironment Engineering and Research*, Belgium, July 27-29, 2016.
- Dinçer AE, 2017. Numerical investigation of free surface and pipe flow problems by smoothed particle hydrodynamics, METU, PhD Thesis (printed).
- Dinçer AE, Demir A, Bozkuş Z, Tijsseling AS, 2019. Fully Coupled Smoothed Particle Hydrodynamics-Finite Element Approach for Fluid-Structure Interaction Problems with Large Deflections, *ASME Journal of Fluids Engineering*, 141(8): 081402-081415.
- Fernandez-Mendez S, Bonet J, Huert, A, 2005. Continuous blending of SPH with finite elements. *Computers and Structures*, 83: 1448-1458.
- Fourey G, Hermange C, LeTouzé D, Oger G, 2017. An efficient FSI coupling strategy between Smoothed Particle Hydrodynamics and Finite Element methods, *Computer Physics Communications*, 217: 66-81.
- Fourey G, Oger G, Touzé DL, Alessandrini B, 2010. Violent Fluid-Structure Interaction simulations using a coupled SPH/FEM method, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 10: 012041.
- Groenenboom PHL, Cartwright BK, 2010. Hydrodynamics and fluid-structure interaction by coupled SPH-FE method, *Journal of Hydraulic Research*, 48: 61-73.
- Hirsch C, 1988. *Numerical Computation of Internal and External Flows*. Volume 1, Wiley-Interscience publication.
- Hu D, Long T, Xiao Y, Han X, Gu Y, 2014. Fluid–structure interaction analysis by coupled FE–SPH model based on a novel searching algorithm. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 276: 266-286.
- Liu GR, Liu MB, 2003. *Smoothed particle hydrodynamics: A mesh-free particle method*. World Scientific, Singapore.
- Lobovský L, Botia-Vera E, Castellana F, Mas-Soler J, Souto-Iglesias A, 2014. Experimental investigation of dynamic pressure loads during dam break. *Journal of Fluids and Structures*, 48: 407-434.
- Long T, Hu D, Wan D, Zhuang C, Yang G, 2017. An arbitrary boundary with ghost particles incorporated in coupled FEM–SPH model for FSI problems, *Journal of Computational Physics*, 350: 166-183.
- Monaghan J, 1992. Smoothed Particle Hydrodynamics. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 30 (1): 543-574.
- Monaghan, J, 1994. Simulating Free Surface Flows with SPH. *Journal of Computational Physics*, 110(2): 399-406.
- Zhang Z, Qiang H, Gao W, 2010. Coupling of smoothed particle hydrodynamics and finite element method for impact dynamics simulation. *Engineering Structures*, 33: 255-264.



## CCTV Kamera Verileri Kullanılarak Atıksu Sistemlerinde Meydana Gelen Arızaların ve Etkili Faktörlerin İncelenmesi

Cansu ORHAN<sup>1</sup>, Mahmut FIRAT<sup>2\*</sup>

**ÖZET:** Atıksu sistemlerinde zamanla çökme, ters eğim, tıkanma, yanlış bina bağlantısı, yağlanma, çatlak vb. arızalar meydana gelmektedir. Bu arızalar, fiziksel, işletme ve çevresel gibi farklı faktörlere bağlı olarak oluşmaktadır. Özellikle eski sistemlerde sürekli meydana gelen arızalar sonucu sokakta sürekli bakım onarım çalışmalarının yapılmasına neden olmaktadır. Bu arızaların sıklığı sistemin işletme maliyetini arttırmakta ve normal işletme koşullarını bozmaktadır. Bu çalışmada, atıksu sistemlerinde kapalı devre televizyon (CCTV) kamera görüntüleri esas alınarak tespit edilen yapısal kusurlar ve bunlara sebep olan faktörlerin incelenmesi amaçlanmıştır. Bunun için Malatya ili merkez ilçeleri olan Yeşilyurt ve Battalgazi ilçelerinde hizmet veren atıksu sistemi uygulama alanı olarak seçilmiştir. Atıksu sistemlerinde bozulmalara sebep olabilecek boru uzunluğu, boru eğimi, yapısal kusur yüzdesi ve doluluk oranı aşımı gibi faktörler belirlenmiş ve bu faktörlere ait veriler saha çalışmaları, kanal görüntüleme ve proje okuma gibi yöntemlerle elde edilmiştir. Saha verileri incelendiğinde, boru eğimi düşük olduğunda hat içinde çökelmeler oluşmakta ve akış kapasitesi zamanla düşmektedir. Sonuç olarak grafik ve Çizelgede verilen sonuçlara göre, yapısal kusur oranının artmasında, işçilik kalitesi (imalat, yatak malzemesi, projeye uygun eğim verilmesi), çevresel etkiler (trafik), fiziksel ve hidrolik faktörlerin etkili olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Atıksu sistemleri, yapısal kusur, CCTV

### Investigation of Faults and Effective Factors in Wastewater Systems Using CCTV Camera Data

**ABSTRACT:** In wastewater systems, the different types of failures such as collapse, reverse slope, clogging, incorrect building connection, lubrication, cracks and so on occur. These failures are caused by different factors such as physical, operational and environmental factors. Failures that occur constantly in older systems, cause continuous maintenance and repair work in the street. The frequency of these failures increases the operating cost of the system and disrupts normal operating conditions. In this study, it is aimed to investigate the structural defects and the factors that cause them in wastewater systems based on closed circuit TV (CCTV) camera images. For this, the wastewater system serving in Yeşilyurt and Battalgazi districts, which are central districts of Malatya province, has been chosen as the application area. Factors such as pipe length, pipe slope, percentage of structural defect and occupancy rate exceeding that could cause deterioration in wastewater systems were determined and data of these factors were obtained by methods such as field studies, CCTV and project reading. When the field data is analyzed, if the pipe slope is low, sedimentation occurs in the line and the flow capacity decreases over time. As a result, according to the results given in the graph and the table, the quality of workmanship (manufacturing, bedding material, slope appropriate to the project), environmental effects (traffic), physical and hydraulic factors have been effective in increasing the structural defect rate.

**Keywords:** Wastewater systems, structural defect, CCTV

<sup>1</sup>Cansu ORHAN (Orcid ID: 0000-0002-0987-1297), Ardahan Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Ardahan, Türkiye

<sup>2</sup> Mahmut FIRAT (Orcid ID: 0000-0002-8010-9289), İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mahmut FIRAT, e-mail: mahmut.firat@inonu.edu.tr

Bu çalışma Cansu ORHAN'ın Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

## GİRİŞ

Artan nüfusa bağlı olarak, sağlıklı, güvenilir ve çevre standartlarına uygun kaliteli bir altyapıya ihtiyaç duyulmaktadır. Sistemde zamanla oluşan kusurlar sebebiyle kanalizasyon sistemleri yetersiz hale gelmekte ve zamanla sorunlar gözlenmektedir. Literatürde atıksu sistemlerinde karşılaşılan hata türleri ve çözüm önerileri ile ilgili yapılmış birçok çalışma mevcuttur. Kim ve ark. (2005) yaptığı çalışmada boru hatlarındaki bozulmaya göre rehabilitasyon için en uygun zamanlama modelini önermişlerdir. Her boru elamanı ve boru çapı için hesaplanan bozulma derecesi ile en uygun rehabilitasyon modeli programlama (IP), kısa yola dayalı, bakım, rehabilitasyon süresi ve maliyetini hesaplamak ve değiştirmek için olasılık sinir ağları modeli kullanılmıştır. Bu çalışmada, optimal rehabilitasyon modeli için en uygun yenileme ve rehabilitasyon süreleri belirlenmiştir. Chughtai ve ark. (2008) tarafından yapılan çalışmada geliştirilen model ile kanalizasyon hatlarında kritik noktaların belirlenmesi, rehabilitasyonda öncelikli bölgelerin ortaya konulması hedeflenmiştir. Geçmişe dönük toplanan verilerle, kanalizasyon için çoklu doğrusal regresyon yöntemi kullanılarak yapısal ve işletme durum değerlendirme modelleri geliştirilmiştir. Shahata ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışmanın amacı, su ve kanalizasyon şebeke rehabilitasyon konusunda en doğru ve optimum rehabilitasyon programına ve süresine karar sağlamak ve karar verme sürecini kolaylaştırmak için bir metodoloji kurmaktır. Çalışmada CCTV verileri kullanılmış ve analitik hiyerarşi süreci (AHP) yönteminden yararlanılmıştır. Bu araştırma çalışmasında, yol ağı, su dağıtım şebekesi, atıksu dağıtım ağı entegre varlık yönetimi için bir karar destek çerçevesi kurulmuştur. Tagherouit ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada, yapısal ve hidrolik etkiler dikkate alınarak kanalizasyon şebekesinin performansının değerlendirilmesi ve kanalizasyon rehabilitasyonu önceliklerinin belirlenmesi için bir model geliştirilmiştir. Ammar ve ark. (2012) tarafından yürütülen çalışmada rehabilitasyon yöntemlerinin belirlenmesi ve parametrelerin tanımlanması, mevcut rehabilitasyon modellerinin sıralanması ve en uygun rehabilitasyon modelinin seçilmesi, belirlenen parametrelerin rehabilitasyon noktalarına etkisinin incelenmesi hedeflenmiştir. Çalışmada bulanık mantık tabanlı kontrol modeli kullanılmaktadır. Çalışma sonucunda mevcut rehabilitasyon teknikleri incelenmiş birbirleri ile kıyaslamaları yapılmış ve uygun bir rehabilitasyon modeli geliştirilerek pratik bir model bulunmaya çalışılmıştır. Hosseini ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmanın amacı, ayrı kanalizasyon sistemlerinin hidrolik performansını, derinlik ve borulardaki akış hızı açısından değerlendirmek, belirsizliklerin analizi ve seçilmesi dahil tüm parametreleri göz önünde bulundurmak. Çalışma sonunda geliştirilen bulanık tabanlı model, belirsizlik içeren parametreler altında ayrı kanalizasyon sistemlerinin hidrolik performans analizi için kullanılmıştır. Ennaouri ve ark. (2013), kanalizasyon borularında genel hidrolik ve yapısal bozulma durumlarını ölçmek için yeni bir model tasarlanmayı hedeflemiştir. Kanalizasyon bozulma durumunu değerlendirmek için tasarlanan bu çalışmada açıklanan model, tespit edilen 15 faktöre dayalı bozulmanın hidrolik ve yapısal bileşenlerini içermektedir. Sonuç olarak, boru bozulma modelinin yanı sıra yapısal ve hidrolik faktörlerin entegre edilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Rokstad ve ark. (2015) tarafından altyapı varlık yönetimi için planlanan kanalizasyon bozulma modelleri uygulanmış ve modellerin hangi ağ oranının bir fonksiyonu olduğu hakkında değerlendirmeler tartışılmıştır. Bunun için CCTV görüntüleri esas alınmış, bir bütün olarak ağ üzerindeki her bir durum analiz edilmiş, kanalizasyon sınıfı oranları tahmin edilmiş, ayrı borular tanımlanmış ve kritik durum sınıfı ortaya konulmuştur. Mounce ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada, birleşik kanalizasyon sistemleri üzerinde yağış verilerini kullanarak su derinliği ve kanal akış oranlarını hesaplamayı ve aşırı yağış durumlarında taşkın ve geri tepmelerin önüne geçmeyi hedeflemiştir. Çalışmada İngiltere'nin kuzeyinde bulunan bir toplama havzası için birleşik kanalizasyon akışlarının yağış miktarı, yağış aralığı, hava durumu verileri, akış derinliği, kanaldaki akış hızı, doluluk

oranı gibi verileri doğrultusunda Yapay Sinir Ağları yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Çalışmada modelin sözde ters kural ile eğitilmiş tahminleri sonucunda 1 saatten fazla süre için tahmin edilemeyen veriler için %5'ten daha az hata ile birleşik kanalizasyon akış derinliğinin tahmin edilebilmesi yeteneğine sahip olduğu gösterilmiştir. Bu arızaların sıklığı sistemin işletme maliyetini arttırmakta ve normal işletme koşullarını bozmaktadır. Bu çalışmada, atıksu sistemlerinde CCTV kamera görüntüleri esas alınarak tespit edilen yapısal kusurlar ve bunlara sebep olan faktörlerin incelenmesi amaçlanmıştır. Bunun için Malatya ili merkez ilçeleri olan Yeşilyurt ve Battalgazi ilçelerinde hizmet veren atıksu sistemi uygulama alanı olarak seçilmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada Malatya ili atıksu sistemi uygulama alanı olarak seçilmiştir (Şekil 1). Çalışmada atıksu sistemlerinde oluşan arıza sayılarına göre arızanın yoğunlukta görüldüğü merkez ilçeler olan Yeşilyurt ve Battalgazi ilçelerinin değerlendirmesi yapılacaktır. Çalışma alanında 2016 yılı Haziran ayı itibariyle sistemde kaydı tutulmaya başlanan yaklaşık 50000 arıza verisi incelenerek merkez ilçelere bağlı mahalleler üzerinde kanal temizleme işlemi yapılarak kamera görüntüleri alınmış olan 19 mahallede arızanın yoğunlukta olduğu tespit edilmişti (Orhan, 2018). Bozulma sürecini etkileyen parametreler için sahada sayısal verilerin araştırılması yapılmıştır. Çalışma alanı için seçilen bölgelerin atıksu projelerinin detaylı analizi yapıldığında sayısal verilerine doğrudan ulaşılabilen parametreler için proje okuma yöntemi kullanılmıştır. Borunun iç yapısıyla ilgili olan ve proje üzerinde bulunmayan parametrelerin verileri için kanal görüntüleme yöntemi kullanılmıştır. Borunun iç yapısıyla ilgili olan ve kamera görüntülerinde iki baca arası uzunlukta görülen, yağ ve gres oranı, boru malzeme hasarı, çökme durumu, bozulma/deformasyon, ağaç ve bitki köklerinin varlığı, hat içinde bulunan mıcır, moloz parçaları, tıkanıklık durumu, bina bağlantı yanlış imalatı için elde edilen verilerin toplamları alınmıştır. Yapısal kusur sayısının sokaktaki toplam hat uzunluğuna bölünmesi ile kritik sokaklara ait yapısal kusur yüzdesi elde edilmiştir.



Şekil 1. Uygulama alanı (Orhan, 2018)

Nüfusun artması ile birlikte sağlıklı, güvenilir ve çevre standartlarına uygun kaliteli altyapı ihtiyacı da artmaktadır. Altyapı sistemlerinde çeşitli faktörlerin de etkisiyle zamanla deformasyon oluşmakta ve sistem yeterli hizmeti sunamamaktadır. Atıksu sistemlerinde işletme ve ilk yatırım maliyetlerini azaltmak için arıza oranının azaltılması oldukça önemlidir. Bu sistemlerde sistemin fiziksel özelliklerinin yanı sıra, çevresel ve hidrolik faktörler de arıza üzerinde etkili olabilmektedir. Özellikle arıza yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerin belirlenmesi ve bunlar üzerinde etkili olan faktörlerin analiz edilmesi Su Kanal İdaresi için maliyetlerin düşürülmesi açısından önem taşımaktadır. Bu nedenle öncelikli olarak arıza üzerinde etkili olan ve sahada verisi toplanan faktörlerin belirlenmesi gerekmektedir. Farklı bölgelerde farklı modelleme yöntemleri kullanılarak atıksu sistemlerinde bozulma faktörü üzerinde yapılan çeşitli çalışmalar analiz edilmiş ve toplamda 226 farklı faktör tespit edilmiştir (Ana ve Bauwens, 2010; Chughtai ve Zayed, 2008; Barreto ve ark., 2010; Shahata ve Zayed, 2010; Mounce ve ark., 2014; Sun ve ark., 2011; Vucijak ve ark., 2011; ; Maurer ve ark., 2012; Carriço ve ark., 2012; Zhou ve ark., 2013; Ennaouri ve Fumba, 2013; Cherqui ve ark., 2015; Rokstad ve Ugarelli, 2015; Choi ve Koo, 2015; Ebrahimian ve ark., 2015; Tscheikner-Gratl ve ark., 2015; Del Giudice ve ark., 2016; Rahmati ve ark., 2016; Zhu ve ark., 2016; Inanloo ve ark., 2016). Bu faktörlerden en yaygın kullanılan parametrelerin boru yaşı, boru çapı, boru uzunluğu ve toprak türü olduğu görülmüştür. Bu kadar farklı nitelikteki parametrelerin incelenmesi ve analizlerde kullanılması oldukça zor olmaktadır. Bu çalışmada Çizelge 1’de verilen faktörler belirlenmiş olup bu faktörlerin seçiminde; faktörlerin çalışmaya uygunluğu, elde edilebilirliği, tutarlılığı, uygulanabilirliği, ilgili olma, güvenilirliği ve karşılaştırılabilirliği gibi ölçütler göz önünde bulundurulmuştur.

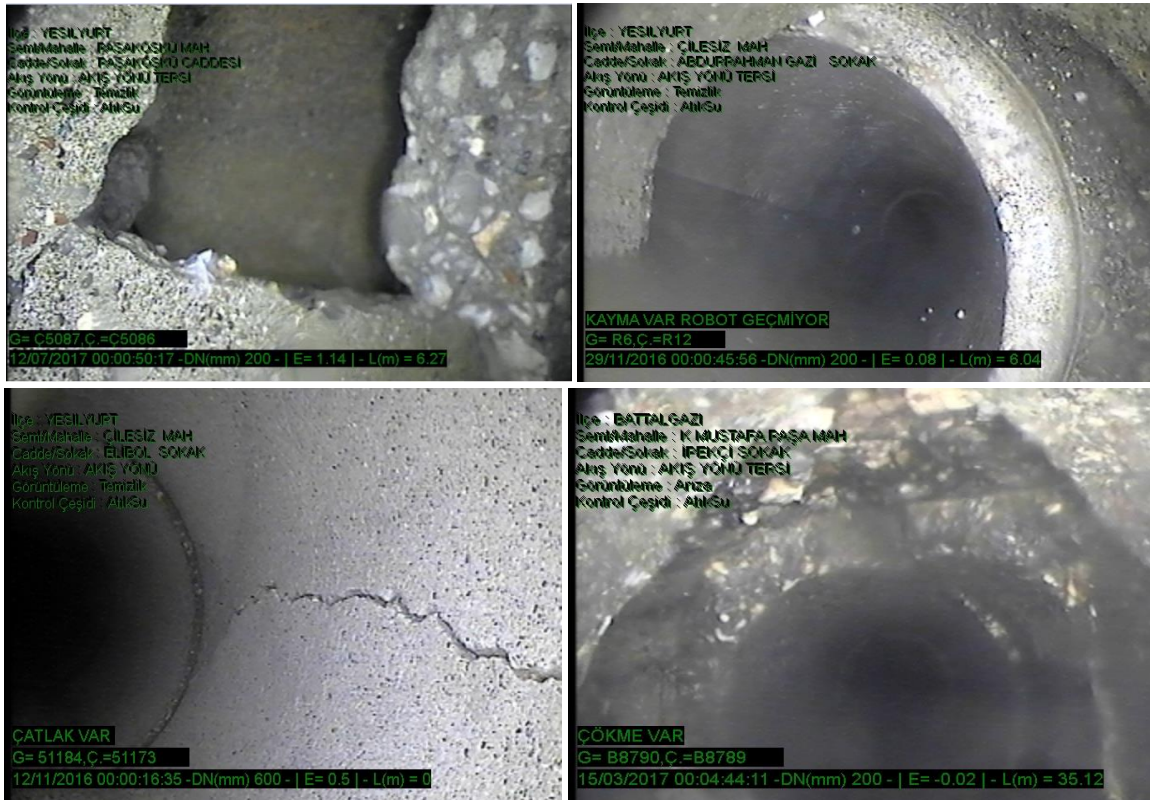
**Çizelge 1.** Belirlenen faktörler (Orhan, 2018)

Faktörler	Açıklama
Boru çapı	İncelenen borunun çapı (mm)
Boru yaşı	Hizmet veren borunun yaşı (yıl)
Boru malzemesi	Beton, KORUGE ve AÇB boru türleri
Boru uzunluğu	İki muayene bacası arası boru uzunluğu(m)
Boru/ Yatak Eğimi	Döşenen borunun eğimi
Ters eğim oranı	Hizmet veren sistemde ters eğime sahip boru oranı
Sokak Ortalama Eğim	Sokak eğimi
Mak Baca Arası Mesafe	İki muayene bacası arasındaki maksimum mesafe (m)
Yapısal Kusur/ Hat Uzunluğu	CCTV kamera ile belirlenen kusurlar (yağ-gres, boru hasarı, çökme durumu, mıcır, bozulma /deformasyon, ağaç ve bitki kökleri, tıkanıklık, bina bağlantı yanlış imalatı)
Bina Bağlantı Sayısı	Ana hat üzerine bağlı olan rabit bağlantı sayısı
Hat Aşırı Yükleme	Kanalizasyon Hatları Üzerinde Doluluk Oranı Aşımı
D<250 mm	250 mm’den daha küçük borular
Zemin özelliği	Zemin karakteristiği
Trafik yoğunluğu	Borunun hizmet verdiği sokaktaki trafik yoğunluğu
Yol genişliği	Borunun bulunduğu sokak genişliği (m) (>20 m, <20 m)
Konut yoğunluğu	Bölgedeki Bina Sayılarının Bölge Alanına Oranı
Bölge Alanı	Çalışılan Bölgenin Alanı
Bağımsız birim sayısı	Hizmet verilen abone sayısını temsil eden daire sayısı
Arıza sıklığı	Birim sokak uzunluğunda arıza sayısı
Boru yenileme maliyeti	1 m Boru için Hesaplanan Maliyet
CCTV metrajı	Temizliği yapılan ve CCTV görüntü alınan sokak metrajı

Bu çalışmada verilerin elde edilmesi kısmında iki farklı sistem kullanılmıştır. Çalışma alanı için seçilen bölgelerin atıksu projelerinin detaylı analizi yapıldığında sayısal verilerine doğrudan ulaşılabilen ve saha ile doğrulanmış faktörler için proje okuma yöntemi kullanılmıştır. Sayısal verileri olmayan ve borunun içyapısıyla ilgili olan parametrelerin verileri için MASKİ Genel Müdürlüğünün sahada uyguladığı CCTV kanal görüntüleri kullanılmıştır (Orhan ve ark., 2019). Kanal görüntüleme kanal içinde devrilmeyi önleyecek aktif devrilme kontrol sistemi içeren, su geçirmez, çelik gövdeden üretilen,



darbelere, erozyona ve kanal içinde karşılaşılabilecek tüm kimyasal maddelere dayanıklı, her iki yönde 360 derece hareket edebilen başlıklı ve kanal içinde herhangi bir madde ile karşılaştığında ilerlemesi mümkün olmadığı durumlarda geriye doğru hareket edebilen mekanizmaya sahip kamera kullanılmaktadır (MASKİ, 2018). Kanal görüntüleme genellikle su kullanımının az olduğu saatlerde hat içindeki atık suyun minimum olduğu yağışın olmadığı günlerde su geçirmeyen kamera ile yapılmaktadır. Görüntüleme öncesi küçük çaplı borularda kombine aracıyla, sediment maddelerin çok olduğu büyük çaplı toplama kanallarında ise vidanjör ile kanal temizliği yapılmakta ve ardından temiz kanalda görüntü alınmaya başlanmaktadır. Ø200 ile Ø1000'lik borular arasında görüntü alabilen aracın uzunluğu 50cm, tekerler dahil toplam genişliği 20cm, ayarlanabilir yüksekliği minimum 15cm, damperin kalktığı yüksekliği 40 cm ve lastiklerin takıldığı yüksekliği ise 60 cm'e kadar ulaşmaktadır (MASKİ, 2018). Kamera görüntüleri ile tespit edilen yapısal kusurlar Şekil 2'de örneklendirilmiştir. Zeminin gevşek olduğu, derin kazılarda toprak basıncının arttığı, trafik yoğunluğunun fazla olduğu durumlarda titreşim ve zemin hareketine bağlı olarak borunun hareket etmesi ile birleşim noktalarında kırılma ve çatlaklara sebep olmaktadır. Ayrıca, bağlantı noktalarındaki işçilik hatası, yüzeysel yüklerin oluşturduğu basınç etkisi, toprak basıncı ile oluşan titreşimlerin etkisi, boruda yaşlanma, boru malzemesinin istenen standartlara uygun olmaması, gibi sebeplerden dolayı borunun belirli bir kısmında çökme gözlenmektedir (Şekil 2). Sokakta diğer alt yapı veya üst yapı imalatları sırasında kum-çakıl veya atık malzemeler atıksu borularına dolarak burada yığılmalara sebep olmakta ve ağırlığı sebebiyle kombine aracı ile hattın yıkanarak temizlenmesi sonucu bir ilerleme göstermeyerek hattın akış kapasitesini azaltmaktadır. Dikkatsiz şekilde yapılan bina bağlantılarının atıksu borusu içinde fazla girintiler yaparak akışı kısıtlamakta ve akışın fazla olduğu veya yabancı malzemenin hat içine atılması durumunda tıkanıklık görülmektedir (Şekil 2). Uygulama alanında seçilen 19 bölgeye ait veriler sahadan temin edilmiş ve Çizelge 2'de verilmiştir (Orhan, 2018; MASKİ, 2018).



Şekil 2. Yapısal Kusurlar, Boru Hasarı ve Çökme (Orhan, 2018; MASKİ, 2018)





Şekil 2. Yapısal Kusurlar, Boru Hasarı ve Çökme (Orhan, 2018; MASKİ, 2018) (devam)

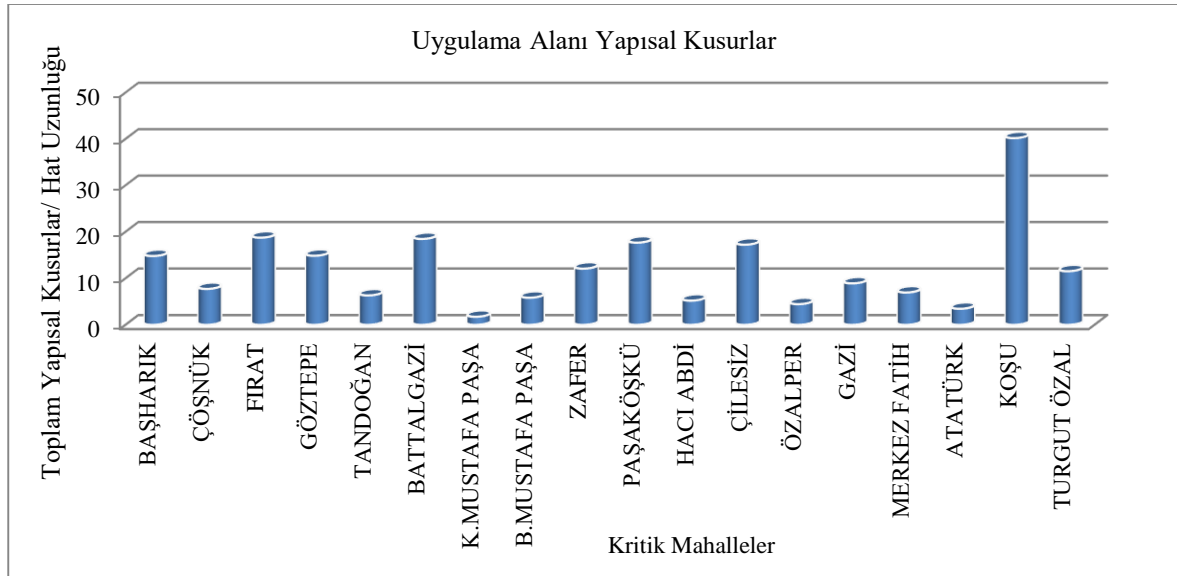
Çizelge 2. Değişkenlere ait sayısal veriler

MAHALLE	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14
BAŞHARIK	0.742	0.730	0.004	65	14.8	0.40	39	21	52	1246	1	2	1	229
ÇÖŞNÜK	1.590	0.047	0.048	75	7.7	0.40	33	20	34	1854	1	3	2	323
FIRAT	0.951	0.078	0.043	72	18.7	0.50	43	16	43	1218	1	2	2	282
GÖZTEPE	2.618	0.212	0.011	169	14.8	0.50	43	25	28	775	2	3	1	264
TANDOĞAN	2.677	0.141	0.033	58	6.3	0.30	13	25	21	492	2	3	2	182
B.GAZİ	1.600	0.001	0.131	58	18.5	0.70	14	20	8	182	2	2	1	97
K.M. PAŞA	0.430	0.001	0.003	47	1.7	0.40	9	10	16	408	2	3	1	88
B.M. PAŞA	4.000	0.001	0.002	23	5.8	0.50	2	10	7	204	2	2	1	43
ZAFER	2.080	0.235	0.010	60	12.1	0.70	34	25	50	975	1	2	1	150
PAŞAKÖŞKÜ	2.940	0.250	0.051	54	17.6	0.70	25	15	15	981	1	3	1	170
HACI ABDİ	0.650	0.265	0.051	56	5.2	0.60	8	15	17	155	2	2	1	20
ÇİLESİZ	0.480	0.037	0.203	65	17.2	0.50	47	8	45	1756	2	3	2	230
ÖZALPER	0.415	0.001	0.013	63	4.4	0.60	20	10	14	323	2	2	1	110
GAZİ	0.440	0.001	0.002	36	8.9	0.50	2	25	4	36	1	1	1	19
M. FATİH	1.420	0.001	0.024	52	6.9	0.60	16	25	23	126	1	1	1	71
ATATÜRK	0.498	0.030	0.002	59	3.4	0.80	15	25	9	180	1	2	1	113
KOŞU	0.907	0.001	0.002	53	40.2	0.80	15	25	19	158	1	2	1	88
T. ÖZAL	2.020	0.229	0.036	60	11.5	0.70	13	15	25	1087	2	3	2	134
SAMANLI	3.285	0.001	0.011	60	6.1	0.60	12	13	9	121	2	2	2	32

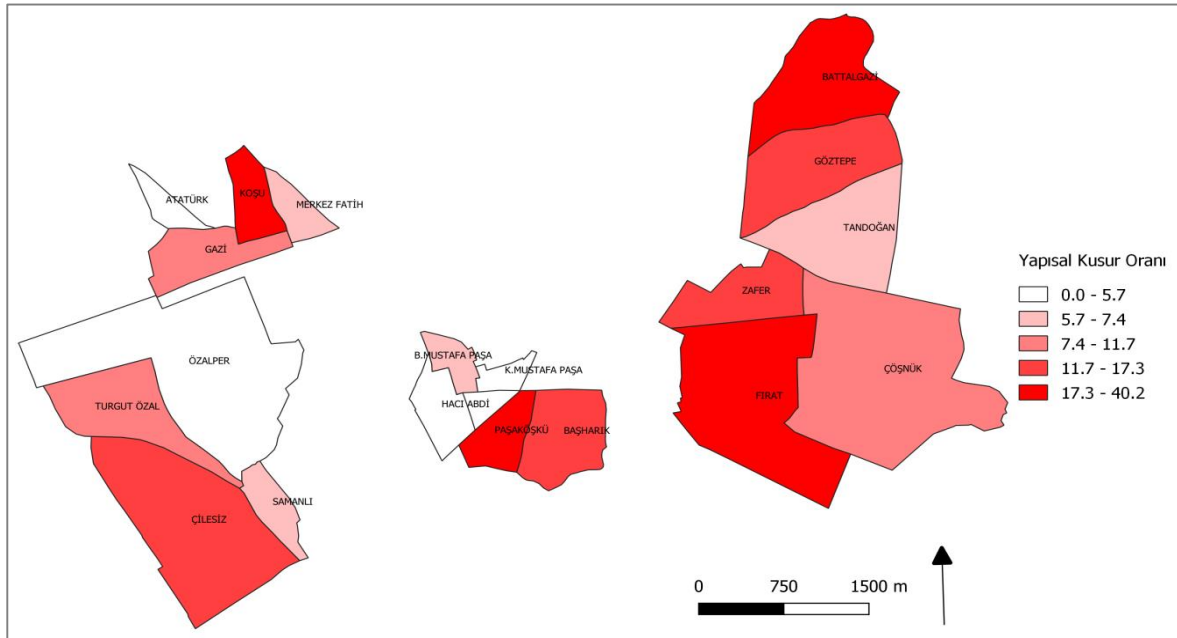
Burada, D1: Boru Eğimi, D2: Ters Eğim Oranı, D3: Ort. Eğim, D4: Mak. Baca Arası Mesafe, D5: Kusur Oranı, D6: Aşırı Yük., D7: D<250 mm Boru Sayısı, D8: Boru Yaşı, D9: Arıza Sayısı, D10: Bağ. Birim Sayısı, D11: Zemin, D12: Trafik, D13: Sokak Sınıfı, D14: Konut Sayısı şeklindedir. Çizelge 2’de, trafik hacmi için düşük, orta ve yüksek şeklinde sınıflandırma yapılırken sırasıyla 1, 2 ve 3 şeklinde numaralandırma yapılmıştır. Sokak sınıfı sınıflandırmasında 20 m değeri eşik kabul edilerek sokaklar 20 metreden büyük ve küçük şeklinde incelenmiş ve büyük sokaklar için 2, küçük sokaklar için 1 numaraları verilmiştir. Kanalizasyon hat tipi ayrık ve birleşik sistemlerden oluşmaktadır. Birleşik sistemlerde arıza potansiyeli daha yüksek olduğu için birleşik sistem için 2, ayrık sistem için mahallelere 1 numaralandırması yapılmıştır. Ortalama ve hareketli zemin çeşidinden oluşmakta olan zemin özelliği parametresi için sırasıyla 1 ve 2 değerleri kullanılmıştır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Uygulama alanında kamera görüntüleri ile sahadan alınan yapısal kusurlar alt değişkenlerine göre ayrı ayrı değerlendirilmiş ve birbiri ile olan ilişkileri analiz edilmiştir. Kamera görüntüleri her bir sokak için detaylı bir şekilde izlenerek yapısal kusurlar belirlenmiştir. Karşılaştırılabilir veri elde etmek için mahallenin genelinde belirlenen toplam yapısal kusur sayısı, ilgili mahalledeki atıksu hat uzunluğuna oranlanarak birim hat uzunluğu başına değer hesaplanmış ve Şekil 3 ve 4'te gösterilmiştir.

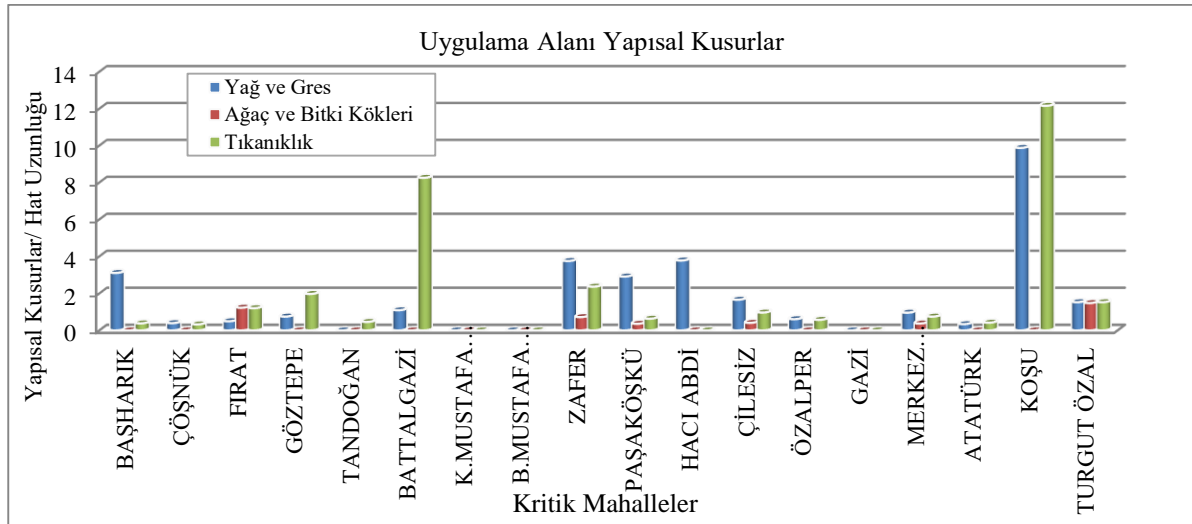


a)

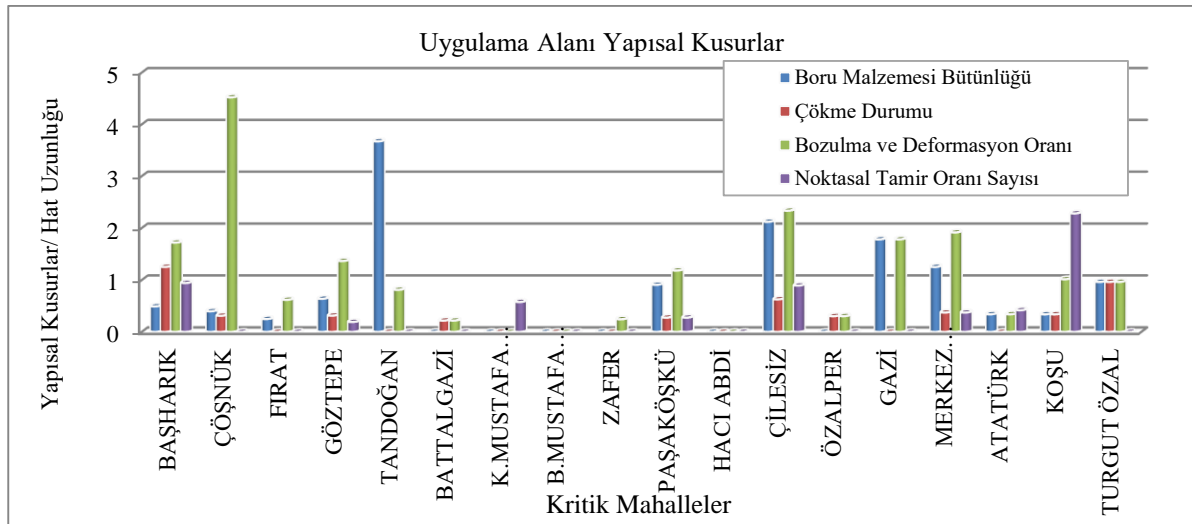


b)

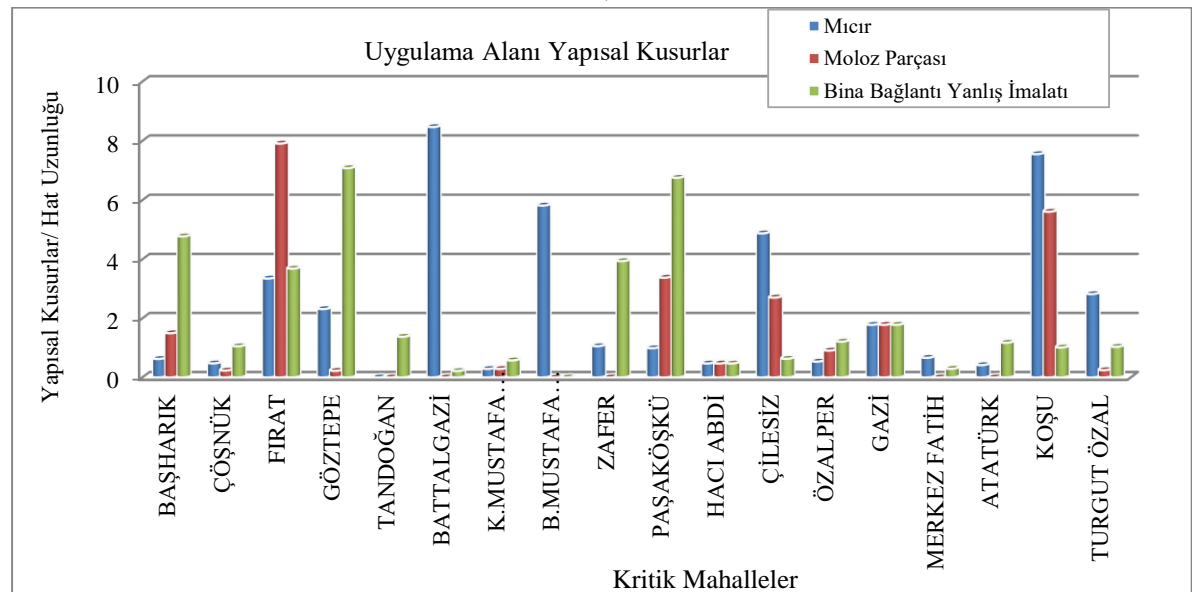
Şekil 3. a) Pilot bölgelerde yapısal kusur oranları b) Yapısal kusur oranının konumsal değişimi (Orhan, 2018; MASKİ, 2018)



a)



b)



c)

Şekil 4. a) Pilot bölgelerde yağ-gres, ağaç kökleri ve tıkanıklık oranlarının değişimi b) Boru malzemesi bütünlüğü ve hasar oranlarının değişimi c) Mıçır, moloz parçası ve yanlış imalat oranlarının değişimi (Orhan, 2018; MASKİ, 2018)

Yapısal kusur yüzdelerine göre, yapısal kusurların en yoğun görüldüğü bölgeler, Koşu, Fırat, Battalgazi, Paşaköşkü ve Çilesiz mahalleleri şeklinde verilebilir. Bu bölgelerde yapısal kusur oranının neden yüksek olduğunu anlamak ve etkili faktörleri değerlendirmek için kusurların alt bileşenlerini incelemek gerekir. Grafikler ve saha verileri incelendiğinde, boru eğimi düşük olduğunda hat içinde çökelmeler oluşmakta ve akış kapasitesi zamanla düşmektedir, eğim büyük olduğunda ise boru tabanında aşınmalar görülmektedir. Bu sebeple mecra çapına bağlı uygun eğimlerin alınması oldukça önemlidir. Diğer taraftan, yağ ve gres yüzdesinin en fazla olduğu yerler genelde şehir merkezinde işyerlerinin yoğunlukta olduğu bölgelerde görünürken, ağaç ve bitki köklerinin en fazla olduğu yerler ise şehrin kırsal sokaklarında olmuştur. Lokanta ve yemekhanelerin bulunduğu sokaklar üzerinde yağ ve gres oranı ile ağaç ve bitki kökü oranlarının paralellik gösterdiği görülmektedir. Yapısal kusur oranının yüksek olduğu Paşaköşkü, Battalgazi ve Koşu bölgeleri için Çizelge 2 verileri değerlendirildiğinde, bu iki bölgede doluluk oranlarının genelde % 70-80 seviyelerinde olduğu, boru yaşının 15-20 yıl civarında olduğu görülmektedir. Bu bölgelerde doluluk oranlarının yüksek olmasına bağlı olarak tıkanıklık oranlarının da yüksek seviyede olduğu (Şekil 4) ilgili grafiklerden anlaşılmaktadır. Bu bölgelerde toplam yapısal kusur oranının yüksek olmasını sağlayan en önemli alt bileşenin Şekil 4'te verilen grafiklerden de görüleceği üzere, tıkanmalara ve geri tepmelere sebep olan Mıdır, Moloz parçası ve Bina Bağlantı Yanlış imalatı alt değişkenleri olduğu söylenebilir. Bina bağlantı yanlış imalatı (Şekil 2) değişkeni üzerinde en önemli faktörün parsel bacası ile sokaktaki hatta yapılan bağlantıdaki yanlış işçilik gösterilebilir. Diğer taraftan mıdır ve moloz parçası alt bileşenin yüksek seviyede olmasında, yol kaplama türü, ilgili sokaktaki alt yapı ve üst yapı faaliyetleri sonucu biriken kum-çakıl malzemenin hat içine dolması etkili olabilmektedir. Bozulma ve çökme alt bileşenlerine ait veriler incelendiğinde (Şekil 4) genel olarak Çilesiz, Tandoğan ve Çöşnük bölgelerinde yoğunluk olduğu, Çizelge 2'deki trafik yoğunlukları ile beraber değerlendirildiğinde bu üç bölgede trafik yoğunluğunun oldukça yüksek seviyede olduğu ve trafik yüküne bağlı olarak çökme ve bozulma oranının artış eğiliminde olduğu söylenebilir. Sonuç olarak grafik ve Çizelgede verilen sonuçlara göre, yapısal kusur oranının artmasında, işçilik kalitesi (imalat, yatak malzemesi, projeye uygun eğim verilmesi), çevresel etkiler (trafik), fiziksel ve hidrolik faktörlerin etkili olduğu görülmüştür.

## SONUÇ

Bu çalışmada, atıksu sistemlerinde CCTV kamera görüntüleri esas alınarak tespit edilen yapısal kusurlar ve bunlara sebep olan faktörlerin incelenmesi amaçlanmıştır. Bunun için Malatya ili merkez ilçeleri olan Yeşilyurt ve Battalgazi ilçelerinde hizmet veren atıksu sistemi uygulama alanı olarak seçilmiştir. Atıksu sistemlerinde bozulmalara sebep olabilecek boru uzunluğu, boru eğimi, yapısal kusur yüzdesi ve doluluk oranı aşımı gibi faktörler belirlenmiştir. Bu faktörlere ait veriler saha çalışmaları, kanal görüntüleme (CCTV) ve proje okuma gibi yöntemlerle elde edilmiştir. Grafikler ve saha verileri incelendiğinde, boru eğimi düşük olduğunda hat içinde çökelmeler oluşmakta ve akış kapasitesi zamanla düşmektedir, eğim büyük olduğunda ise boru tabanında aşınmalar görülmektedir. Yapısal kusur oranının yüksek olduğu bölgeler için saha verileri değerlendirildiğinde, bölgede doluluk oranlarının genelde % 70-80 seviyelerinde olduğu, boru yaşının 15-20 yıl civarında olduğu görülmektedir. Bu bölgelerde doluluk oranlarının yüksek olmasına bağlı olarak tıkanıklık oranlarının da yüksek seviyede olduğu ilgili grafiklerden anlaşılmaktadır. Bu bölgelerde toplam yapısal kusur oranının yüksek olmasını sağlayan en önemli alt bileşenin, tıkanmalara ve geri tepmelere sebep olan Mıdır, Moloz parçası ve Bina bağlantı yanlış imalatı alt değişkenleri olduğu görülmüştür. Bina bağlantı yanlış imalatı değişkeni üzerinde en önemli faktörün parsel bacası ile sokaktaki hatta yapılan bağlantıdaki yanlış işçilik gösterilebilir. Bozulma ve çökme alt bileşenler, trafik yoğunlukları ile beraber değerlendirildiğinde, trafik

yoğunluğunun yüksek seviyede olduğu bölgelerde çökme ve bozulma oranının artış eğiliminde olduğu söylenebilir. Sonuç olarak grafik ve çizelgelerde verilen sonuçlara göre, yapısal kusur oranının artmasında, işçilik kalitesi (imalat, yatak malzemesi, projeye uygun eğitim verilmesi), çevresel etkiler (trafik), fiziksel ve hidrolik faktörlerin etkili olduğu görülmüştür.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, 2018 yılında Cansu ORHAN tarafından tamamlanan Yüksek Lisans Tezinden üretilmiştir. Çalışma, İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi, (İÜ-BAP FYL-2017-582) tarafından desteklenmiştir. Yazarlar, İÜBAP Birimi'ne ve veri ve teknik destekten dolayı MASKİ Genel Müdürlüğüne teşekkür etmektedir.

## KAYNAKLAR

- Ammar MA, Moselhi O, Zayed TM, 2012. Decision support model for selection of rehabilitation methods of water mains. *Structure and Infrastructure Engineering*, 8: 847–855.
- Ana EV, Bauwens W, 2010. Modeling the structural deterioration of urban drainage pipes: the state-of-the-art in statistical methods. *Urban Water Journal*, 7: 47–59.
- Barreto W, Vojinovic Z, Price R, Solomatine D, 2010. Multiobjective Evolutionary Approach to Rehabilitation of Urban Drainage Systems, *Journal of Water Resources Planning and Management*, 136: 547–554.
- Carriço N, Covas DIC, Céu Almeida M, Leitão JP, Alegre H, 2012. Prioritization of rehabilitation interventions for urban water assets using multiple criteria decision-aid methods. *Water Science and Technology*, 66: 1007–1014.
- Cherqui F, Belmeziti A, Granger D, Sourdril A, Le Gauffre P, 2015. Assessing urban potential flooding risk and identifying effective risk-reduction measures. *Science of the Total Environment*, 514: 418–425.
- Choi T, Koo J, 2015. A water supply risk assessment model for water distribution network. *Desalination and Water Treatment*, 54: 1410–1420.
- Chughtai F, Zayed T, 2008. Infrastructure Condition Prediction Models for Sustainable Sewer Pipelines. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 22: 333–341.
- Del Giudice G, Padulano R, Siciliano D, 2016. Multivariate probability distribution for sewer system vulnerability assessment under data-limited conditions. *Water Science and Technology*, 73: 751–760.
- Ebrahimian A, Ardeshir A, Zahedi Rad I, Ghodsypour SH, 2015. Urban stormwater construction method selection using a hybrid multi-criteria approach. *Automation in Construction*, 58: 118–128.
- Ennaouri I, Fuamba M, 2013. New Integrated Condition-Assessment Model for Combined Storm-Sewer Systems. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 139: 53–64.
- Hosseini SM, Ghasemi A, 2012. Hydraulic performance analysis of sewer systems with uncertain parameters. *Journal of Hydroinformatics*, 14: 682.
- Inanloo B, Tansel B, Shams K, Jin X, Gan A, 2016. A decision aid GIS-based risk assessment and vulnerability analysis approach for transportation and pipeline networks. *Safety Science*, 84: 57–66.
- Kim ES, Baek CW, Kim JH, 2005. Estimate of pipe deterioration and optimal scheduling of rehabilitation. *Water Science and Technology: Water Supply*, 5: 39–46.
- MASKİ (2018). Malatya Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi.
- Maurer M, Scheidegger A, Herlyn A, 2013. Quantifying costs and lengths of urban drainage systems with a simple static sewer infrastructure model. *Urban Water Journal*, 10: 268–280.
- Mounce SR, Shepherd W, Sailor G, Shucksmith J, Saul AJ, 2014. Predicting combined sewer overflows chamber depth using artificial neural networks with rainfall radar data. *Water Science and Technology*, 69: 1326–1333.
- Rahmati O, Haghizadeh A, Stefanidis S, 2016. Assessing the Accuracy of GIS-Based Analytical Hierarchy Process for Watershed Prioritization; Gorganrood River Basin, Iran. *Water Resources Management*, 30: 1131–1150.



- Orhan C, 2018. Atıksu Sistemlerinde Rehabilitasyon için Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Rokstad M M, Ugarelli RM, 2015. Evaluating the role of deterioration models for condition assessment of sewers. *Journal of Hydroinformatics*, 17: 789–804.
- Shahata K, Zayed T, 2010. Integrated decision-support framework for municipal infrastructure asset. *ASCE Pipelines Proceedings*, 514: 1492–1502.
- Sun S, Djordjević S, Khu ST, 2011. A general framework for flood risk-based storm sewer network design. *Urban Water Journal*, 8: 13–27.
- Tagherout W, Ben Bennis S, Bengassem J, 2011. A Fuzzy Expert System for Prioritizing Rehabilitation of Sewer Networks. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 26: 146–152.
- Tscheikner-Gratl F, Sitzenfrei R, Rauch W, Kleidorfer M, 2016. Integrated rehabilitation planning of urban infrastructure systems using a street section priority model. *Urban Water Journal*, 13: 28-40.
- Vucijak B, Ceric A, 2011. Multicriteria prioritization of wastewater projects on example of bihac municipality. *Annals of DAAAM and Proceedings of the International DAAAM Symposium*, 22: 933–935.
- Zhou Q, Panduro TE, Thorsen BJ, Arnbjerg-Nielsen K, 2013. Adaption to extreme rainfall with open urban drainage system: An integrated hydrological cost-benefit analysis. *Environmental Management*, 51:586–601.
- Zhu Z, Chen Z, Chen X, He P, 2016. Approach for evaluating inundation risks in urban drainage systems. *Science of the Total Environment*, 553: 1–12.

## Kısmen Elastik Zemin Üzerindeki Kiriş Titreşiminin Yarı Analitik ve Nümerik Yöntemler ile İncelenmesi

Hakan ERDOĞAN<sup>1\*</sup>, Safa BOZKURT COŞKUN<sup>1</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada kısmen elastik zemin üzerindeki bir kirişin serbest titreşim problemi incelenmiştir. Kiriş modeli olarak Euler kirişi modeli, zemin modeli olarak da en yaygın kullanılan zemin modeli olan Winkler modeli kullanılmıştır. Elastik zemin üzerindeki kirişlerin titreşim problemi ile ilgili çeşitli araştırmalar literatürde mevcut olmakla birlikte, kısmen elastik zemin problemi için analitik çözümler mevcut olmayıp ve diğer yöntemlerle yapılan çalışmalarda oldukça sınırlıdır. Bu amaçla problemin varyasyonel iterasyon metodu ile önce yarı analitik çözümü yapılmış daha sonra da SAP 2000 yazılımı ile sonlu eleman analizleri gerçekleştirilmiştir. Farklı sınır koşulları altında kısmen elastik zemin üzerindeki kirişlerin analizi gerçekleştirilmiş, elastik zeminle desteklenen bölgenin değişimine bağlı olarak ilk dört serbest titreşim frekansı elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kısmen elastik zemin, Kiriş, Titreşim, Varyasyonel iterasyon metodu, Sonlu eleman yöntemi.

### Semi Analytical and Numerical Investigation of Vibration of Beams Partially Supported by Elastic Foundation

**ABSTRACT:** In this study vibration of a beam partially supported by an elastic foundation is investigated. Euler beam model and Winkler foundation as the most widely used foundation model are selected. There are numerous studies in the literature about the vibration of beams on elastic foundations. However, limited studies exist in the literature about the vibration of beams on partially supported by foundation while no analytical solution is available. To this aim a semi-analytical solution is obtained using variational iteration method and then finite element solutions are computed via SAP 2000 software. Free vibration frequencies of a beam on partially supported by foundation are calculated according to different combinations of boundary conditions and first four free vibration frequencies with the varying foundation region are computed.

**Keywords:** Partial elastic foundation, Beam, Vibration, Variational iteration method, Finite element method.

<sup>1</sup>Hakan ERDOĞAN (Orcid ID: 0000-0002-7241-7652), Safa Bozkurt COŞKUN (Orcid ID: 0000-0002-1962-7722), Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Hakan ERDOĞAN, e-mail: hakan.erdogan@kocaeli.edu.tr

## GİRİŞ

Elastik zemin üzerindeki kiriş problemi inşaat, makine ve havacılık mühendisliği alanında çalışan araştırmacıların ilgisini çekmiştir ve çekmeye devam etmektedir. Konu hakkında çok sayıda çalışma yapılmış olmakla birlikte, kısmen elastik zemin üzerindeki kirişler hakkında yapılmış olan araştırmalar oldukça sınırlıdır.

Doyle ve Pavlovic (1982), kısmen veya tamamen elastik zemin üzerindeki kirişlerin doğal titreşim frekanslarını elde etmişlerdir. Eisenberger ve ark. (1985), elastik zemin üzerindeki sürekli kirişlerin dinamik analizi için genelleştirilmiş bir çözüm geliştirmişlerdir. Laura ve Cortinez (1987), kısmen elastik zemin üzerindeki kirişlerin doğal titreşim frekanslarını elde etmek için Rayleigh-Schmidt yaklaşımını kullanmışlardır. Kukla (1991), kademeli değişen bir Winkler zemini üzerindeki kirişin analizini gerçekleştirmiştir. Thambiratnam ve Zhuge (1996), elastik zemin üzerindeki kirişlerin dinamik analizi için bir sonlu eleman yöntemi geliştirmişlerdir. Motaghian ve ark. (2011), kısmen elastik zemin üzerindeki kirişlerin titreşimi için analitik çözüm elde etmiştir. Öztürk ve Coşkun (2013), farklı mesnet koşullarına sahip elastik zemin üzerindeki kirişlerin serbest titreşimlerinin analitik çözümlerini incelemiştir. Cazzani (2013), elastik zemin üzerindeki kirişlerin dinamiğini incelemiştir. Çinçin (2018) ve Çinçin ve Coşkun (2019), kısmen elastik zemin üzerindeki kirişlerin titreşimini Adomian ayrıştırma yöntemi ile incelemiştir. Coşkun ve ark. (2014), elastik zemin üzerindeki üniform olmayan Euler kirişlerinin serbest titreşimlerini incelemiştir.

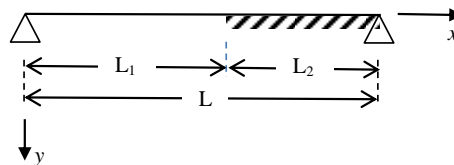
Varyasyonel iterasyon yöntemi adı/kısmi doğrusal/doğrusal olmayan deterministik/stokastik diferansiyel denklemlerin çözümünde başarılı bir şekilde kullanılmış olan bir analitik tahmin yöntemidir (He, 1999; He, 2007). Literatürde kiriş titreşim problemleri için varyasyonel iterasyon metodunu içeren analitik yöntemler de önerilmiştir (Ozturk 2009; Coşkun ve ark. 2011). Varyasyonel teoriye bağlı olarak yarı analitik bir çözüme ulaşılmasını sağlayan yöntem bu çalışmada da başarıyla kullanılmıştır.

Bu çalışmada kısmi Winkler zemini üzerindeki üniform Euler kirişinin titreşim problemi önce varyasyonel iterasyon metodu ile çözülmüş, sonrasında da aynı problem için SAP 2000 yazılımı yardımıyla sonlu eleman çözümü elde edilmiştir. Kirişin zeminle desteklenen kısmının değişimine bağlı olarak serbest titreşim frekansları elde edilmiş, farklı sınır koşulları olan kirişlerin davranışları da incelenmiştir. Zemin yatak katsayısının değişimi de dikkate alınarak farklı Winkler zeminleri için çözümler tekrarlanmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Kısmen Elastik Zemin Üzerindeki Kiriş

Şekil 1’de kısmen elastik zemin üzerindeki basit mesnetli kiriş görülmektedir. Bu kirişin titreşimi (1) ve (2) numaralı denklemlerle ifade edilmektedir.



Şekil 1. Kısmen elastik zemin üzerindeki kiriş

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} \left[ EI(x) \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \right] + \rho A \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + ky = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} \left[ EI(x) \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \right] + \rho A \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0 \quad (2)$$

Denklem (1), Şekil 1’de görülmekte olan kirişin elastik zemin üzerinde olan bölümünün titreşimini, denklem (2) ise elastik zeminin olmadığı kısımdaki titreşimi ifade etmektedir. Bu denklemlerde  $EI(x)$  kirişin eğilme rijitliğini,  $A$  enkesit alanını,  $\rho$  yoğunluğunu,  $k$  elastik zeminin yatak katsayısını ve  $y$  ise düşey yerdeğiştirmeyi göstermektedir. Eğer kiriş kesiti üniform ise Denklem (1) ve (2) aşağıdaki formu alır.

$$EI \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + \rho A \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + ky = 0 \quad (3)$$

$$EI \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + \rho A \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0 \quad (4)$$

Yerdeğiştirme  $y(x,t)$  değişkenlere ayırma tekniği ile aşağıdaki formda varsayılacak olursa;

$$y(x, t) = w(x) e^{i\omega t} \quad (5)$$

Denklem (3) ve (4) mod şekillerini verecek olan aşağıdaki denklemlere dönüşürler. Denklem (6)’daki  $\beta^4$  terimi, kirişin elastik zemin üzerindeki kısmı için denklem (7) ve kirişin elastik zeminle desteklenmeyen kısmı için Denklem (8)’deki şekilde ifade edilmektedir.

$$\frac{d^4 w}{dx^4} - \beta^4 w = 0 \quad (6)$$

$$\beta^4 = \frac{\rho A \omega^2 - k}{EI} \quad (7)$$

$$\beta^4 = \frac{\rho A \omega^2}{EI} \quad (8)$$

Farklı mesnetlenme durumlarına göre kiriş için sınır koşulları aşağıdaki gibi alınacaktır.

- Basit mesnet  $w = 0$   $d^2 w / dx^2 = 0$  (9)

- Ankastre mesnet  $w = 0$   $dw / dx = 0$  (10)

- Serbest uç  $d^2 w / dx^2 = 0$   $d^3 w / dx^3 = 0$  (11)

Ek olarak Şekil 1’de  $x=L_1$  noktasında sağlanması gereken süreklilik koşulları da Denklem (9)-(11) arasında verilmekte olan sınır koşullarına eklenmelidir. Bu koşullar sürekliliğin sağlanması gerek noktada yer değiştirmelerin eşitliği, eğimlerin eşitliği, momentlerin eşitliği ve kesme kuvvetlerinin eşitliğinin sağlanmasıdır.

### Varyasyonel İterasyon Metodu (VİM)

Genel formu aşağıdaki gibi verilmekte olan bir diferansiyel denklemi VİM ile ele alalım. (He 1999;He 2007)

$$Lu + Nu = g(x) \quad (12)$$

Burada  $L$  doğrusal operatör,  $N$  doğrusal olmayan operatör ve  $g(x)$  ise homojen olmayan kaynak fonksiyonudur. VİM’e göre bir doğru fonksiyonel aşağıdaki gibi oluşturulabilir:

$$u_{n+1} = u_n + \int_0^x \lambda(\xi) \{Lu_n(\xi) + N\tilde{u}_n(\xi) - g(\xi)\} d\xi \quad (13)$$

burada  $\lambda$  genel Lagrange çarpanıdır ve optimal olarak varyasyonel teori ile elde edilir,  $n$  indisi çözümün mertebesini ve  $\tilde{u}$  ise kısıtlı varyasyonu temsil etmektedir  $\delta \tilde{u} = 0$ . Yöntemin detayları için He (1999) tarafından sunulan uygulamalar incelenebilir.

### Problemnin Vim Formülasyonu

Denklem (6)'da verilen dördüncü mertbe türev doğrusal operatör olarak seçilecek olursa, genel Lagrange çarpanı aşağıdaki şekilde elde edilecektir.

$$\lambda(\xi) = \frac{1}{6}(\xi - x)^3 \quad (14)$$

Böylece,  $w$  için  $n$ . mertbe çözüm aşağıdaki doğru fonksiyonel yardımı ile elde edilebilecektir.

$$w_n(x) = w_{n-1}(x) + \int_0^x \lambda(\xi) \left\{ \frac{d^4 w_{n-1}(\xi)}{d\xi^4} - \beta^4 w_{n-1}(\xi) \right\} d\xi \quad (15)$$

Doğrusal operatör olarak dördüncü mertbe türev seçildiğinden kirişin elastik zemin üzerinde olan ve olmayan iki ayrı bölümünün her birisi için doğrusal operatörün çözümü olan üçüncü mertbe bir polinom başlangıç tahmini olarak seçilecektir. O halde kirişin iki ayrı kısmı için başlangıç tahminleri aşağıdaki gibi olacaktır.

$$w_0^{(1)} = A^{(1)}x^3 + B^{(1)}x^2 + C^{(1)}x + D^{(1)} \quad (16)$$

$$w_0^{(2)} = A^{(2)}x^3 + B^{(2)}x^2 + C^{(2)}x + D^{(2)} \quad (17)$$

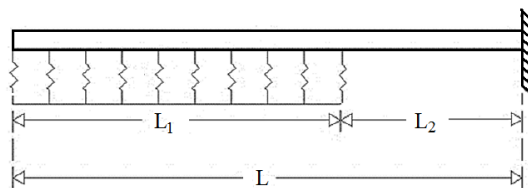
Denklem (16) ve (17)'ye her iki uçtaki mesnetlere ait dört sınır koşulu ve elastik zeminin başladığı noktaya ait dört süreklilik koşulunun uygulanması ile toplam sekiz adet denklem elde edilecektir. Denklem (16) ve (17) toplam sekiz bilinmeyen içermektedir. Sekiz bilinmeyen içeren sekiz denklemi matris formda gösterecek olursak:

$$[K]_{8 \times 8} \{\Lambda\}_{8 \times 1} = \{0\}_{8 \times 1} \quad (18)$$

Burada  $[K]$  matrisi  $\beta$  terimlerini içermektedir ve titreşim frekansının bir fonksiyonudur ve bilinmeyenler vektörü  $\{\Lambda\}$  ise Denklem (16) ve (17)'de verilmekte olan başlangıç tahminlerindeki sekiz bilinmeyen katsayıyı içermektedir. Denklem (18)'in bayağı (aşikar) çözümü kirişin deforme olmamış halidir. O halde Denklem (18)'in bayağı olmayan çözümü bize aradığımız titreşim frekanslarını verecektir. Bunun için katsayı matrisinin determinanı sifira eşit olmalıdır. Elde edilecek denklemin reel kökleri kirişin farklı modlardaki titreşim frekanslarını verecektir. Mertebesi daha yüksek bir çözüm üst modlarda daha hassas sonuçlar verecektir. Varyasyonel teoriden yola çıkılarak elde edilecek olan bu çözümler problemin yarı analitik çözümleri olarak nitelendirilebilirler.

### BULGULAR VE TARTIŞMA

Thambiratnam ve Zhuge (1996), Şekil 2'de görülmekte olan kirişi çalışmışlardır. Problemden  $EI = 408.4 \text{ kNm}^2$ ,  $\rho A = 30.394 \text{ N s}^2/\text{m}^2$ ,  $L = 4.0 \text{ m}$  varsayılmış olup boyutsuz elastik zemin açıklığı  $\mu = L_1/L$  olarak tanımlanmıştır.



Şekil 2. Kısmen elastik zemin üzerindeki konsol kiriş (Thambiratnam ve Zhuge, 1996)

$\mu = 0$  elastik zeminin olmadığı durumu,  $\mu = 1$  ise kirişin tamamen elastik zemin üzerinde olduğu durumu ifade etmektedir. Kısmen elastik zemin durumu,  $\mu$  değeri 0 ile 1 arasında değişirken gerçekleşmektedir.



Çizelge 1 ile 4 arasında Şekil 2’de görülmekte olan kirişin ilk dört doğal titreşim frekansının VİM ile hesaplanmış değerleriyle birlikte aynı problem için yapılmış olan sonlu eleman çözümü de verilmektedir. Sonlu eleman çözümü SAP 2000 yazılımı ile 200 çubuk eleman kullanılarak elde edilmiştir. Sonuçlar, Çinçin ve Coşkun (2019) tarafından Adomian ayrıştırma yöntemi (ADM) ile elde edilen çözümlerle karşılaştırılmıştır.

Çizelge 1’den Çizelge 4’e kadar olan sonuçlar değerlendirildiğinde bu çalışmada VİM ile elde edilen değerlerin, ADM ile elde edilen değerlerle aynı hassasiyette olduğu görülmektedir. Çinçin ve Coşkun (2019), ADM ile elde ettikleri çözümlerin Thambiratnam ve Zhuge (1996) tarafından elde edilmiş olan çözümlerle mükemmel bir uyum içerisinde olduğunu belirtmiştir. Dolayısıyla VİM ile elde edilen sonuçların da Thambiratnam ve Zhuge (1996) tarafından elde edilen sonuçlarla mükemmel bir uyum sağladığını söyleyebiliriz. SAP 2000 ile elde edilen sonlu eleman sonuçlarının da yarı analitik çözümlerle neredeyse aynı olduğunu söylemek mümkündür. En büyük fark  $K = 5000$  olduğu durumda ortaya çıkmıştır ve değişim ondalık üçüncü basamakta başlamakta olduğundan bağıl hatanın  $10^{-5}$  mertebesinde olduğu söylenebilir.

**Çizelge 1.** Kısmen elastik zemin üzerindeki konsol kirişin birinci doğal titreşim frekansı (Hz)

$\mu$	K = 10			K = 100			K = 1000			K = 5000		
	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000
0.0	1.87510	1.87510	1.87508	1.87510	1.87510	1.87508	1.87510	1.87510	1.87508	1.87510	1.87510	1.87508
0.1	1.99429	1.99429	1.99430	2.59291	2.59291	2.59288	3.75894	3.75894	3.75896	4.10512	4.10512	4.10532
0.2	2.06920	2.06920	2.06921	2.88233	2.88233	2.88230	4.16202	4.16202	4.16208	4.59659	4.59659	4.59684
0.3	2.11673	2.11673	2.11671	3.05320	3.05320	3.05317	4.54667	4.54667	4.54672	5.20803	5.20803	5.20822
0.4	2.14571	2.14571	2.14573	3.15692	3.15692	3.15691	4.95621	4.95621	4.95624	5.88048	5.88048	5.88064
0.5	2.16203	2.16203	2.16203	3.21434	3.21434	3.21433	5.34608	5.34608	5.34607	6.63783	6.63783	6.63796
0.6	2.17013	2.17013	2.17013	3.24166	3.24166	3.24165	5.57991	5.57991	5.57991	7.48144	7.48144	7.48151
0.7	2.17345	2.17345	2.17341	3.25226	3.25226	3.25225	5.63163	5.63163	5.63162	8.23318	8.23318	8.23316
0.8	2.17444	2.17444	2.17442	3.25529	3.25529	3.25528	5.63970	5.63970	5.63970	8.41189	8.41189	8.41189
0.9	2.17459	2.17459	2.17461	3.25576	3.25576	3.25574	5.64068	5.64068	5.64067	8.41411	8.41411	8.41411
1.0	2.17460	2.17460	2.17461	3.25578	3.25578	3.25579	5.64071	5.64071	5.64072	8.41416	8.41416	8.41416

**Çizelge 2.** Kısmen elastik zemin üzerindeki konsol kirişin ikinci doğal titreşim frekansı (Hz)

$\mu$	K = 10			K = 100			K = 1000			K = 5000		
	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000
0.0	4.69409	4.69409	4.69401	4.69409	4.69409	4.69401	4.69409	4.69409	4.69401	4.69409	4.69409	4.69401
0.1	4.69991	4.69991	4.69982	4.75464	4.75464	4.75456	5.40242	5.40242	5.40235	6.82338	6.82338	6.82340
0.2	4.70093	4.70093	4.70084	4.76774	4.76774	4.76766	5.69360	5.69360	5.69354	7.51073	7.51073	7.51075
0.3	4.70121	4.70121	4.70110	4.76942	4.76942	4.76933	5.78156	5.78156	5.78152	8.07869	8.07869	8.07866
0.4	4.70331	4.70331	4.70320	4.78631	4.78631	4.78624	5.79110	5.79110	5.79109	8.37590	8.37590	8.37587
0.5	4.70754	4.70754	4.70746	4.82369	4.82369	4.82362	5.80649	5.80649	5.80648	8.42430	8.42430	8.42429
0.6	4.71237	4.71237	4.71226	4.86757	4.86757	4.86749	5.92610	5.92610	5.92607	8.42777	8.42777	8.42777
0.7	4.71598	4.71598	4.71590	4.90036	4.90036	4.90028	6.10456	6.10456	6.10450	8.43251	8.43251	8.43252
0.8	4.71768	4.71768	4.71758	4.91553	4.91553	4.91545	6.18977	6.18977	6.18971	8.56410	8.56410	8.56406
0.9	4.71806	4.71806	4.71796	4.91894	4.91894	4.91885	6.20749	6.20749	6.20743	8.60459	8.60459	8.60457
1.0	4.71808	4.71808	4.71799	4.91910	4.91910	4.91902	6.20825	6.20825	6.20821	8.60606	8.60606	8.60605

Bundan sonraki kısımda aynı kiriş farklı mesnet koşulları ile incelenecektir. İncelenecek diğer kirişler Şekil 3’de görülmektedir.

Çinçin ve Coşkun (2019), Şekil 3’de görülmekte olan AA, MA ve MM kirişler için ADM ile çözüm elde etmiştir. Bu çalışmada elde edilen VİM sonuçları ADM çözümleri ile Çizelge 5-16 arasında karşılaştırılmıştır.

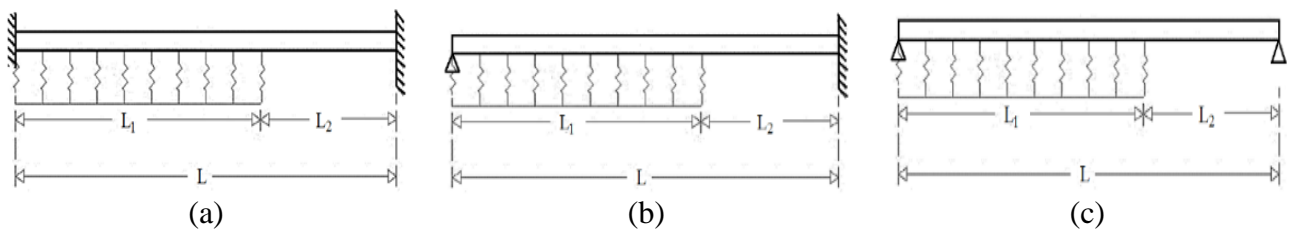
Çizelge 5-16 arasında verilen sonuçlar incelendiğinde AA, MA ve MM kirişleri için VİM ile elde edilen sonuçlar ADM çözümleri ile tam bir uyum içerisindedir. Verilen ondalık hassasiyetinde tüm sonuçlar aynı şekilde elde edilmiştir. SAP2000 çözümleri de yarı analitik çözümlerle mükemmel bir uyum içerisindedir.

**Çizelge 3.** Kısmen elastik zemin üzerindeki konsol kirişin üçüncü doğal titreşim frekansı (Hz)

$\mu$	K = 10			K = 100			K = 1000			K = 5000		
	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000
0.0	7.85476	7.85476	7.85450	7.85476	7.85476	7.85450	7.85476	7.85476	7.85450	7.85476	7.85476	7.85450
0.1	7.85563	7.85563	7.85537	7.86358	7.86358	7.86333	7.95345	7.95345	7.95322	8.58015	8.58015	8.57996
0.2	7.85572	7.85572	7.85546	7.86446	7.86446	7.86422	7.96064	7.96064	7.96044	8.75646	8.75646	8.75636
0.3	7.85639	7.85639	7.85612	7.87103	7.87103	7.87079	8.01651	8.01651	8.01631	8.77418	8.77418	8.77415
0.4	7.85714	7.85714	7.85687	7.87858	7.87858	7.87833	8.09376	8.09376	8.09353	8.97350	8.97350	8.97340
0.5	7.85730	7.85730	7.85705	7.88029	7.88029	7.88003	8.11854	8.11854	8.11832	9.19179	9.19179	9.19163
0.6	7.85751	7.85751	7.85726	7.88229	7.88229	7.88203	8.12894	8.12894	8.12873	9.22423	9.22423	9.22412
0.7	7.85845	7.85845	7.85691	7.89147	7.89147	7.89121	8.20053	8.20053	8.20033	9.29893	9.29893	9.29885
0.8	7.85950	7.85950	7.85925	7.90175	7.90175	7.90150	8.29054	8.29054	8.29032	9.56314	9.56314	9.56297
0.9	7.85989	7.85989	7.85963	7.90561	7.90561	7.90535	8.32439	8.32439	8.32417	9.68072	9.68072	9.68056
1.0	7.85991	7.85991	7.85965	7.90584	7.90584	7.90559	8.32642	8.32642	8.32620	9.68727	9.68727	9.68713

**Çizelge 4.** Kısmen elastik zemin üzerindeki konsol kirişin dördüncü doğal titreşim frekansı (Hz)

$\mu$	K = 10			K = 100			K = 1000			K = 5000		
	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000
0.0	10.99550	10.99550	10.99504	10.99550	10.99550	10.99504	10.99550	10.99550	10.99504	10.99550	10.99550	10.99504
0.1	10.99580	10.99580	10.99526	10.99780	10.99780	10.99735	11.01940	11.01940	11.01896	11.13750	11.13750	11.13711
0.2	10.99590	10.99590	10.99541	10.99930	10.99930	10.99883	11.03360	11.03360	11.03312	11.18990	11.18990	11.18955
0.3	10.99620	10.99620	10.99569	11.00200	11.00200	11.00148	11.06070	11.06070	11.06022	11.33380	11.33380	11.33332
0.4	10.99620	10.99620	10.99571	11.00230	11.00230	11.00185	11.06450	11.06450	11.06400	11.36370	11.36370	11.36333
0.5	10.99650	10.99650	10.99597	11.00490	11.00490	11.00441	11.08840	11.08840	11.08797	11.44400	11.44400	11.44363
0.6	10.99670	10.99670	10.99624	11.00750	11.00750	11.00697	11.11460	11.11460	11.11406	11.57820	11.57820	11.57780
0.7	10.99680	10.99680	10.99685	11.00790	11.00790	11.00737	11.11820	11.11820	11.11769	11.59620	11.59620	11.59585
0.8	10.99710	10.99710	10.99660	11.01110	11.01110	11.01063	11.14850	11.14850	11.14800	11.70340	11.70340	11.70299
0.9	10.99740	10.99740	10.99690	11.01400	11.01400	11.01353	11.17640	11.17640	11.17591	11.82390	11.82390	11.82343
1.0	10.99740	10.99740	10.99692	11.01430	11.01430	11.01379	11.17900	11.17900	11.17848	11.83480	11.83480	11.83436



**Şekil 3.** Kısmen elastik zemin üzerindeki a) her iki ucu ankastre kiriş (AA kiriş) b) bir ucu sabit mesnetli bir ucu ankastre kiriş (MA) c) her ucu basit mesnetli kiriş (MM)

Çizelge 5. Kısmen elastik zemin üzerindeki AA kirişin birinci doğal titreşim frekansı (Hz)

$\mu$	K = 10			K = 100			K = 1000			K = 5000		
	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000
0.0	4.73004	4.73004	4.73004	4.73004	4.73004	4.73004	4.73004	4.73004	4.73004	4.73004	4.73004	4.73004
0.1	4.73006	4.73006	4.73007	4.73022	4.73022	4.73021	4.73183	4.73183	4.73184	4.73878	4.73878	4.73881
0.2	4.73046	4.73046	4.73047	4.73421	4.73421	4.73421	4.76969	4.76969	4.76970	4.89312	4.89312	4.89322
0.3	4.73225	4.73225	4.73224	4.75182	4.75182	4.75182	4.91845	4.91845	4.91849	5.31953	5.31953	5.31968
0.4	4.73620	4.73620	4.73621	4.78986	4.78986	4.78987	5.19673	5.19673	5.19675	5.92413	5.92413	5.92429
0.5	4.74180	4.74180	4.74179	4.84281	4.84281	4.84280	5.54951	5.54951	5.54952	6.65809	6.65809	6.65822
0.6	4.74738	4.74738	4.74737	4.89481	4.89481	4.89482	5.88630	5.88630	5.88630	7.49490	7.49490	7.49497
0.7	4.75130	4.75130	4.75130	4.93073	4.93073	4.93072	6.11226	6.11226	6.11224	8.25384	8.25384	8.25382
0.8	4.75308	4.75308	4.75309	4.94672	4.94672	4.94671	6.20459	6.20459	6.20458	8.56738	8.56738	8.56736
0.9	4.75347	4.75347	4.75346	4.95024	4.95024	4.95023	6.22312	6.22312	6.22312	8.61043	8.61043	8.61043
1.0	4.75349	4.75349	4.75349	4.95039	4.95039	4.95039	6.22391	6.22391	6.22391	8.61196	8.61196	8.61196

Çizelge 6. Kısmen elastik zemin üzerindeki AA kirişin ikinci doğal titreşim frekansı (Hz)

$\mu$	K = 10			K = 100			K = 1000			K = 5000		
	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000
0.0	7.85320	7.85320	7.85321	7.85320	7.85320	7.85321	7.85320	7.85320	7.85321	7.85320	7.85320	7.85321
0.1	7.85323	7.85323	7.85322	7.85345	7.85345	7.85345	7.85560	7.85560	7.85562	7.86500	7.86500	7.86504
0.2	7.85362	7.85362	7.85363	7.85735	7.85735	7.85734	7.89368	7.89368	7.89370	8.03580	8.03580	8.03587
0.3	7.85466	7.85466	7.85466	7.86769	7.86769	7.86769	7.99350	7.99350	7.99349	8.45162	8.45162	8.45166
0.4	7.85559	7.85559	7.85558	7.87703	7.87703	7.87702	8.09074	8.09074	8.09072	8.92381	8.92381	8.92377
0.5	7.85579	7.85579	7.85579	7.87912	7.87912	7.87911	8.12033	8.12033	8.12032	9.19349	9.19349	9.19343
0.6	7.85598	7.85598	7.85598	7.88098	7.88098	7.88099	8.12990	8.12990	8.12991	9.23137	9.23137	9.23137
0.7	7.85691	7.85691	7.85691	7.89002	7.89002	7.89002	8.19993	8.19993	8.19994	9.30219	9.30219	9.30221
0.8	7.85795	7.85795	7.85795	7.90023	7.90023	7.90023	8.28933	8.28933	8.28931	9.56273	9.56273	9.56268
0.9	7.85834	7.85834	7.85834	7.90408	7.90408	7.90408	8.32309	8.32309	8.32309	9.67990	9.67990	9.67988
1.0	4.75349	4.75349	4.75349	4.95039	4.95039	4.95039	6.22391	6.22391	6.22391	9.68644	9.68644	9.68644

Çizelge 7. Kısmen elastik zemin üzerindeki AA kirişin üçüncü doğal titreşim frekansı (Hz)

$\mu$	K = 10			K = 100			K = 1000			K = 5000		
	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000
0.0	10.99560	10.99560	10.99561	10.99560	10.99560	10.99561	10.99560	10.99560	10.99561	10.99560	10.99560	10.99561
0.1	10.99560	10.99560	10.99564	10.99590	10.99590	10.99587	10.99830	10.99830	10.99829	11.00880	11.00880	11.00885
0.2	10.99590	10.99590	10.99592	10.99880	10.99880	10.99878	11.02710	11.02710	11.02716	11.14790	11.14790	11.14794
0.3	10.99630	10.99630	10.99626	11.00210	11.00210	11.00210	11.06110	11.06110	11.06106	11.33270	11.33270	11.33261
0.4	10.99630	10.99630	10.99630	11.00250	11.00250	11.00249	11.06540	11.06540	11.06538	11.36810	11.36810	11.36811
0.5	10.99650	10.99650	10.99655	11.00500	11.00500	11.00500	11.08870	11.08870	11.08873	11.44540	11.44540	11.44544
0.6	10.99680	10.99680	10.99680	11.00750	11.00750	11.00754	11.11460	11.11460	11.11459	11.57830	11.57830	11.57821
0.7	10.99680	10.99680	10.99685	11.00790	11.00790	11.00793	11.11820	11.11820	11.11820	11.59610	11.59610	11.59618
0.8	10.99720	10.99720	10.99717	11.01120	11.01120	11.01120	11.14850	11.14850	11.14853	11.70340	11.70340	11.70341
0.9	10.99750	10.99750	10.99746	11.01410	11.01410	11.01410	11.17650	11.17650	11.17645	11.82390	11.82390	11.82388
1.0	10.99750	10.99750	10.99748	11.01440	11.01440	11.01436	11.17900	11.17900	11.17903	11.83480	11.83480	11.83482

Çizelge 8. Kısmen elastik zemin üzerindeki AA kirişin dördüncü doğal titreşim frekansı (Hz)

$\mu$	K = 10			K = 100			K = 1000			K = 5000		
	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000
0.0	14.13720	14.13720	14.13717	14.13720	14.13720	14.13717	14.13720	14.13720	14.13717	14.13720	14.13720	14.13717
0.1	14.13720	14.13720	14.13720	14.13740	14.13740	14.13744	14.13980	14.13980	14.13984	14.15040	14.15040	14.15045
0.2	14.13740	14.13740	14.13737	14.13920	14.13920	14.13916	14.15720	14.15720	14.15717	14.23760	14.23760	14.23753
0.3	14.13740	14.13740	14.13742	14.13970	14.13970	14.13966	14.16220	14.16220	14.16225	14.26710	14.26710	14.26707
0.4	14.13750	14.13750	14.13753	14.14080	14.14080	14.14080	14.17350	14.17350	14.17346	14.31700	14.31700	14.31697
0.5	14.13760	14.13760	14.13761	14.14160	14.14160	14.14159	14.18160	14.18160	14.18156	14.36200	14.36200	14.36202
0.6	14.13770	14.13770	14.13769	14.14240	14.14240	14.14237	14.18900	14.18900	14.18903	14.39220	14.39220	14.39226
0.7	14.13780	14.13780	14.13781	14.14350	14.14350	14.14353	14.20060	14.20060	14.20062	14.45100	14.45100	14.45103
0.8	14.13790	14.13790	14.13785	14.14400	14.14400	14.14401	14.20520	14.20520	14.20524	14.46960	14.46960	14.46962
0.9	14.13800	14.13800	14.13805	14.14570	14.14570	14.14574	14.22220	14.22220	14.22219	14.54780	14.54780	14.54780
1.0	14.13810	14.13810	14.13805	14.14600	14.14600	14.14601	14.22480	14.22480	14.22483	14.56020	14.56020	14.56020

Çizelge 9. Kısmen elastik zemin üzerindeki MA kirişin birinci doğal titreşim frekansı (Hz)

$\mu$	K = 10			K = 100			K = 1000			K = 5000		
	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000
0.0	3.92660	3.92660	3.92660	3.92660	3.92660	3.92660	3.92660	3.92660	3.92660	3.92660	3.92660	3.92660
0.1	3.92662	3.92662	3.92660	3.92676	3.92676	3.92674	3.92815	3.92815	3.92817	3.93418	3.93418	3.93421
0.2	3.92699	3.92699	3.92699	3.93043	3.93043	3.93044	3.96278	3.96278	3.96283	4.07220	4.07220	4.07232
0.3	3.92879	3.92879	3.92880	3.94801	3.94801	3.94802	4.10599	4.10599	4.10602	4.45159	4.45159	4.45172
0.4	3.93322	3.93322	3.93323	3.99020	3.99020	3.99021	4.38646	4.38646	4.38652	4.98292	4.98292	4.98308
0.5	3.94057	3.94057	3.94058	4.05776	4.05776	4.05778	4.76820	4.76820	4.76824	5.64125	5.64125	5.64142
0.6	3.94963	3.94963	3.94962	4.13837	4.13837	4.13836	5.19370	5.19370	5.19371	6.45120	6.45120	6.45136
0.7	3.95818	3.95818	3.95819	4.21202	4.21202	4.21202	5.57872	5.57872	5.57870	7.39251	7.39251	7.39259
0.8	3.96416	3.96416	3.96414	4.26182	4.26182	4.26183	5.82500	5.82500	5.82497	8.20987	8.20987	8.20984
0.9	3.96684	3.96684	3.96684	4.28350	4.28350	4.28349	5.91838	5.91838	5.91836	8.48274	8.48274	8.48272
1.0	3.96726	3.96726	3.96725	4.28686	4.28686	4.28685	5.93138	5.93138	5.93137	8.50718	8.50718	8.50717

Çizelge 10. Kısmen elastik zemin üzerindeki MA kirişin ikinci doğal titreşim frekansı (Hz)

$\mu$	K = 10			K = 100			K = 1000			K = 5000		
	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000
0.0	7.06858	7.06858	7.06857	7.06858	7.06858	7.06857	7.06858	7.06858	7.06857	7.06858	7.06858	7.06857
0.1	7.06861	7.06861	7.06861	7.06881	7.06881	7.06881	7.07086	7.07086	7.07086	7.07977	7.07977	7.07982
0.2	7.06901	7.06901	7.06902	7.07286	7.07286	7.07286	7.11007	7.11007	7.11008	7.25179	7.25179	7.25187
0.3	7.07027	7.07027	7.07026	7.08533	7.08533	7.08533	7.22730	7.22730	7.22730	7.69805	7.69805	7.69812
0.4	7.07178	7.07178	7.07177	7.10045	7.10045	7.10045	7.37477	7.37477	7.37474	8.27597	8.27597	8.27597
0.5	7.07250	7.07250	7.07249	7.10782	7.10782	7.10781	7.46178	7.46178	7.46177	8.75449	8.75449	8.75442
0.6	7.07256	7.07256	7.07257	7.10847	7.10847	7.10848	7.47441	7.47441	7.47442	8.94127	8.94127	8.94122
0.7	7.07310	7.07310	7.07311	7.11354	7.11354	7.11353	7.49873	7.49873	7.49874	8.95598	8.95598	8.95600
0.8	7.07440	7.07440	7.07439	7.12609	7.12609	7.12609	7.59020	7.59020	7.59020	9.04160	9.04160	9.04160
0.9	7.07544	7.07544	7.07544	7.13626	7.13626	7.13626	7.67296	7.67296	7.67295	9.25613	9.25613	9.25609
1.0	7.07565	7.07565	7.07565	7.13833	7.13833	7.13832	7.68968	7.68968	7.68967	9.30496	9.30496	9.30495

Çizelge 11. Kısmen elastik zemin üzerindeki MA kirişin üçüncü doğal titreşim frekansı (Hz)

$\mu$	K = 10			K = 100			K = 1000			K = 5000		
	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000
0.0	10.21020	10.21020	10.21017	10.21020	10.21020	10.21017	10.21020	10.21020	10.21017	10.21020	10.21020	10.21017
0.1	10.21020	10.21020	10.21020	10.21040	10.21040	10.21044	10.21280	10.21280	10.21282	10.22320	10.22320	10.22320
0.2	10.21050	10.21050	10.21052	10.21360	10.21360	10.21365	10.24450	10.24450	10.24448	10.37340	10.37340	10.37344
0.3	10.21100	10.21100	10.21099	10.21830	10.21830	10.21835	10.29230	10.29230	10.29225	10.62090	10.62090	10.62086
0.4	10.21110	10.21110	10.21108	10.21930	10.21930	10.21930	10.30340	10.30340	10.30339	10.71720	10.71720	10.71714
0.5	10.21130	10.21130	10.21127	10.22110	10.22110	10.22112	10.31900	10.31900	10.31897	10.74870	10.74870	10.74869
0.6	10.21170	10.21170	10.21170	10.22530	10.22530	10.22535	10.36000	10.36000	10.35996	10.91540	10.91540	10.91541
0.7	10.21180	10.21180	10.21181	10.22640	10.22640	10.22642	10.37190	10.37190	10.37193	10.99520	10.99520	10.99523
0.8	10.21200	10.21200	10.21196	10.22800	10.22800	10.22800	10.38510	10.38510	10.38508	11.02460	11.02460	11.02466
0.9	10.21240	10.21240	10.21239	10.23230	10.23230	10.23227	10.42490	10.42490	10.42489	11.17270	11.17270	11.17262
1.0	10.21250	10.21250	10.21252	10.23360	10.23360	10.23358	10.43740	10.43740	10.43736	11.22350	11.22350	11.22348

Çizelge 12. Kısmen elastik zemin üzerindeki MA kirişin dördüncü doğal titreşim frekansı (Hz)

$\mu$	K = 10			K = 100			K = 1000			K = 5000		
	ADM	VİM	SAP2000	ADM	ADM	VİM	SAP2000	ADM	ADM	ADM	VİM	
0.0	13.35180	13.35180	13.35177	13.35180	13.35180	13.35177	13.35180	13.35180	13.35177	13.35180	13.35180	13.35177
0.1	13.35180	13.35180	13.35180	13.35200	13.35200	13.35204	13.35450	13.35450	13.35447	13.36510	13.36510	13.36514
0.2	13.35200	13.35200	13.35200	13.35400	13.35400	13.35405	13.37460	13.37460	13.37456	13.46540	13.46540	13.46535
0.3	13.35210	13.35210	13.35208	13.35490	13.35490	13.35488	13.38320	13.38320	13.38323	13.51630	13.51630	13.51634
0.4	13.35220	13.35220	13.35218	13.35590	13.35590	13.35586	13.39250	13.39250	13.39252	13.55380	13.55380	13.55377
0.5	13.35230	13.35230	13.35232	13.35730	13.35730	13.35729	13.40720	13.40720	13.40718	13.63050	13.63050	13.63048
0.6	13.35240	13.35240	13.35237	13.35770	13.35770	13.35769	13.41090	13.41090	13.41090	13.64500	13.64500	13.64498
0.7	13.35250	13.35250	13.35254	13.35950	13.35950	13.35950	13.42870	13.42870	13.42870	13.72700	13.72700	13.72697
0.8	13.35260	13.35260	13.35258	13.35980	13.35980	13.35985	13.43220	13.43220	13.43221	13.74620	13.74620	13.74620
0.9	13.35270	13.35270	13.35273	13.36140	13.36140	13.36139	13.44710	13.44710	13.44706	13.80920	13.80920	13.80922
1.0	13.35280	13.35280	13.35282	13.36230	13.36230	13.36226	13.45560	13.45560	13.45559	13.84850	13.84850	13.84851

Çizelge 13. Kısmen elastik zemin üzerindeki MM kirişin birinci doğal titreşim frekansı (Hz)

$\mu$	K = 10			K = 100			K = 1000			K = 5000		
	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000
0.0	3.14159	3.14159	3.14158	3.14159	3.14159	3.14158	3.14159	3.14159	3.14158	3.14159	3.14159	3.14158
0.1	3.14211	3.14211	3.14210	3.14677	3.14677	3.14677	3.19094	3.19094	3.19100	3.34684	3.34684	3.34704
0.2	3.14550	3.14550	3.14551	3.17955	3.17955	3.17954	3.43855	3.43855	3.43862	3.91383	3.91383	3.91398
0.3	3.15348	3.15348	3.15347	3.25228	3.25228	3.25229	3.81989	3.81989	3.81993	4.43837	4.43837	4.43851
0.4	3.16594	3.16594	3.16593	3.35775	3.35775	3.35776	4.24289	4.24289	4.24293	4.98268	4.98268	4.98284
0.5	3.18106	3.18106	3.18105	3.47705	3.47705	3.47705	4.68403	4.68403	4.68407	5.63839	5.63839	5.63855
0.6	3.19601	3.19601	3.19602	3.58834	3.58834	3.58834	5.11973	5.11973	5.11974	6.44849	6.44849	6.44866
0.7	3.20807	3.20807	3.20805	3.67367	3.67367	3.67365	5.47862	5.47862	5.47860	7.39146	7.39146	7.39155
0.8	3.21564	3.21564	3.21565	3.72472	3.72472	3.72469	5.67995	5.67995	5.67994	8.20495	8.20495	8.20491
0.9	3.21881	3.21881	3.21881	3.74529	3.74529	3.74529	5.74689	5.74689	5.74688	8.43394	8.43394	8.43392
1.0	3.21929	3.21929	3.21928	3.74836	3.74836	3.74837	5.75562	5.75562	5.75563	8.44962	8.44962	8.44963



Çizelge 14. Kısmen elastik zemin üzerindeki MM kirişin ikinci doğal titreşim frekansı (Hz)

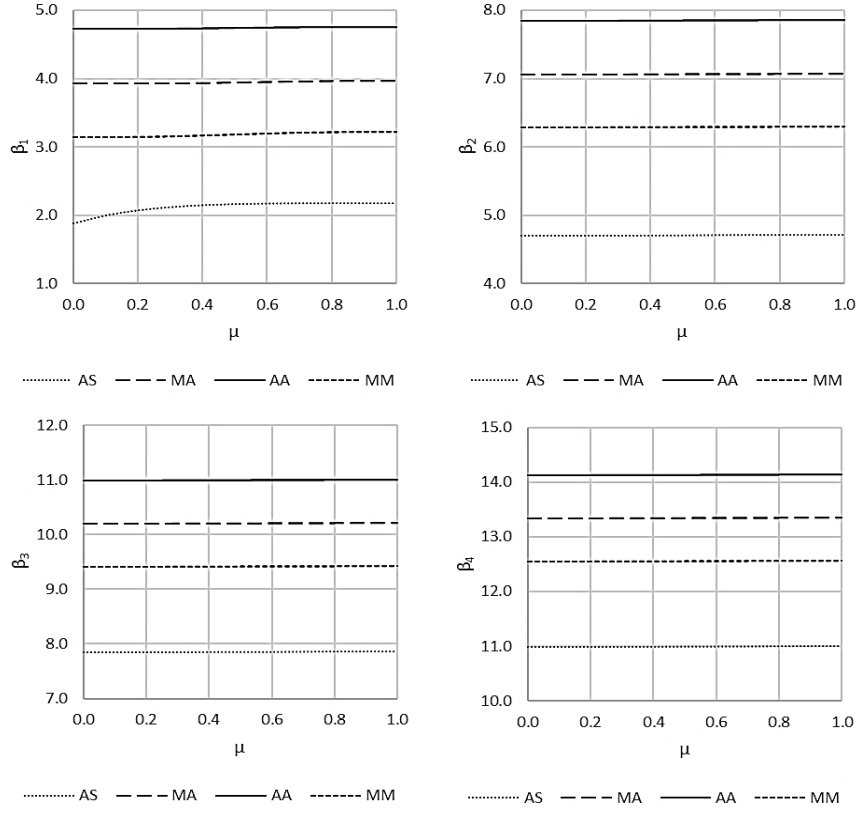
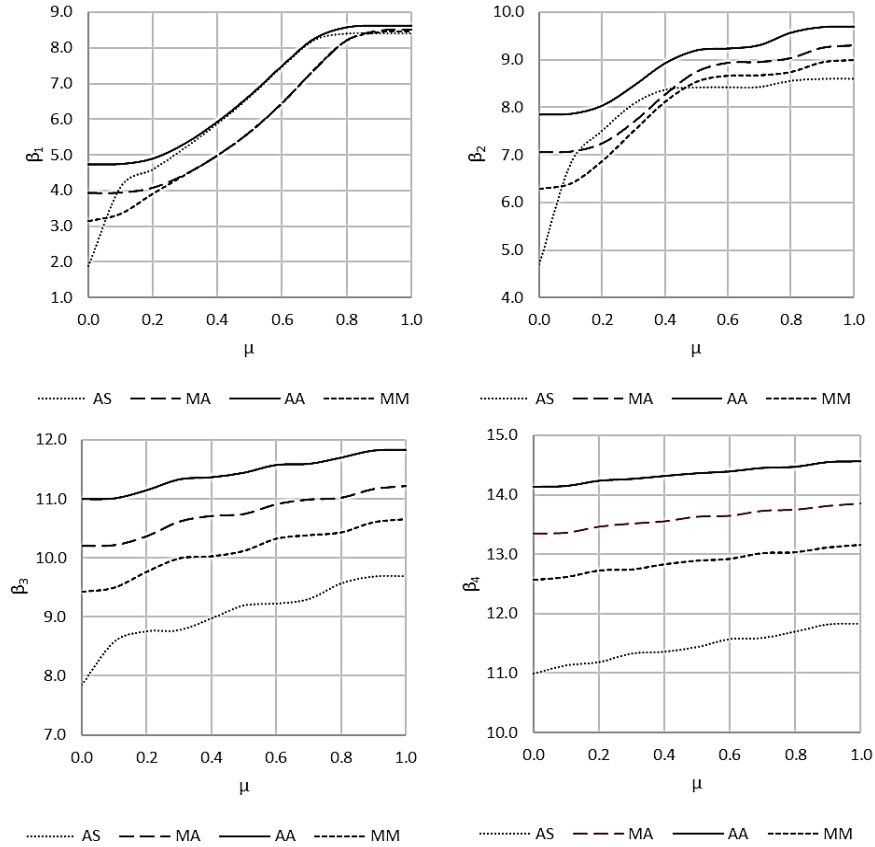
$\mu$	K = 10			K = 100			K = 1000			K = 5000		
	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000
0.0	6.28319	6.28319	6.28318	6.28319	6.28319	6.28318	6.28319	6.28319	6.28318	6.28319	6.28319	6.28318
0.1	6.28343	6.28343	6.28342	6.28563	6.28563	6.28563	6.30730	6.30730	6.30732	6.39639	6.39639	6.39650
0.2	6.28473	6.28473	6.28473	6.29855	6.29855	6.29855	6.42956	6.42956	6.42958	6.86922	6.86922	6.86931
0.3	6.28668	6.28668	6.28668	6.31801	6.31801	6.31801	6.61512	6.61512	6.61512	7.50306	7.50306	7.50311
0.4	6.28798	6.28798	6.28798	6.33133	6.33133	6.33132	6.76471	6.76471	6.76469	8.12206	8.12206	8.12205
0.5	6.28823	6.28823	6.28822	6.33409	6.33409	6.33409	6.81964	6.81964	6.81964	8.54295	8.54295	8.54288
0.6	6.28847	6.28847	6.28846	6.33614	6.33614	6.33615	6.82434	6.82434	6.82434	8.67042	8.67042	8.67039
0.7	6.28976	6.28976	6.28975	6.34818	6.34818	6.34819	6.87700	6.87700	6.87701	8.67862	8.67862	8.67863
0.8	6.29170	6.29170	6.29171	6.36682	6.36682	6.36683	7.00199	7.00199	7.00199	8.74860	8.74860	8.74859
0.9	6.29300	6.29300	6.29300	6.37929	6.37929	6.37928	7.09497	7.09497	7.09495	8.95501	8.95501	8.95497
1.0	6.29324	6.29324	6.29324	6.38163	6.38163	6.38163	7.11211	7.11211	7.11211	8.99916	8.99916	8.99916

Çizelge 15. Kısmen elastik zemin üzerindeki MM kirişin üçüncü doğal titreşim frekansı (Hz)

$\mu$	K = 10			K = 100			K = 1000			K = 5000		
	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000
0.0	9.42478	9.42478	9.42477	9.42478	9.42478	9.42477	9.42478	9.42478	9.42477	9.42478	9.42478	9.42477
0.1	9.42493	9.42493	9.42493	9.42626	9.42626	9.42626	9.43948	9.43948	9.43950	9.49650	9.49650	9.49656
0.2	9.42547	9.42547	9.42547	9.43168	9.43168	9.43168	9.49388	9.49388	9.49386	9.76470	9.76470	9.76469
0.3	9.42577	9.42577	9.42576	9.43470	9.43470	9.43470	9.52728	9.52728	9.52727	9.99080	9.99080	9.99074
0.4	9.42582	9.42582	9.42582	9.43524	9.43524	9.43524	9.53165	9.53165	9.53166	10.02600	10.02600	10.02600
0.5	9.42627	9.42627	9.42627	9.43968	9.43968	9.43967	9.57133	9.57133	9.57134	10.11760	10.11760	10.11758
0.6	9.42672	9.42672	9.42672	9.44418	9.44418	9.44418	9.61676	9.61676	9.61675	10.32470	10.32470	10.32467
0.7	9.42678	9.42678	9.42678	9.44474	9.44474	9.44474	9.62333	9.62333	9.62333	10.38370	10.38370	10.38367
0.8	9.42707	9.42707	9.42707	9.44766	9.44766	9.44766	9.64732	9.64732	9.64733	10.43020	10.43020	10.43025
0.9	9.42761	9.42761	9.42761	9.45303	9.45303	9.45303	9.69657	9.69657	9.69655	10.60280	10.60280	10.60275
1.0	9.42776	9.42776	9.42777	9.45450	9.45450	9.45449	9.71018	9.71018	9.71018	10.65530	10.65530	10.65527

Çizelge 16. Kısmen elastik zemin üzerindeki MM kirişin dördüncü doğal titreşim frekansı (Hz)

$\mu$	K = 10			K = 100			K = 1000			K = 5000		
	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000	ADM	VİM	SAP2000
0.0	12.56640	12.56640	12.56637	12.56640	12.56640	12.56637	12.56640	12.56640	12.56637	12.56640	12.56640	12.56637
0.1	12.56650	12.56650	12.56647	12.56730	12.56730	12.56734	12.57600	12.57600	12.57601	12.61410	12.61410	12.61415
0.2	12.56670	12.56670	12.56667	12.56940	12.56940	12.56937	12.59670	12.59670	12.59666	12.72400	12.72400	12.72392
0.3	12.56670	12.56670	12.56670	12.56970	12.56970	12.56967	12.59970	12.59970	12.59974	12.74100	12.74100	12.74104
0.4	12.56690	12.56690	12.56690	12.57170	12.57170	12.57170	12.61950	12.61950	12.61954	12.82840	12.82840	12.82841
0.5	12.56700	12.56700	12.56700	12.57270	12.57270	12.57267	12.62970	12.62970	12.62972	12.88940	12.88940	12.88934
0.6	12.56710	12.56710	12.56710	12.57360	12.57360	12.57363	12.63860	12.63860	12.63857	12.91980	12.91980	12.91982
0.7	12.56730	12.56730	12.56730	12.57570	12.57570	12.57566	12.65870	12.65870	12.65873	13.01600	13.01600	13.01598
0.8	12.56730	12.56730	12.56733	12.57600	12.57600	12.57597	12.66170	12.66170	12.66174	13.03100	13.03100	13.03102
0.9	12.56750	12.56750	12.56754	12.57800	12.57800	12.57798	12.68110	12.68110	12.68111	13.11140	13.11140	13.11134
1.0	12.56760	12.56760	12.56763	12.57890	12.57890	12.57895	12.69050	12.69050	12.69050	13.15380	13.15380	13.15380

Şekil 4.  $K = 10$  için doğal titreşim frekanslarının değişimiŞekil 5.  $K = 5000$  için doğal titreşim frekanslarının değişimi

Şekil 4 ve Şekil 5’de verilen grafikler incelendiğinde artan zemin yatak katsayısının bütün kirişlerin frekans değişimlerinde etkili olmakla birlikte özellikle AS ve MM kirişlerde ilk iki doğal titreşim frekansı üzerinde etkisinin çok daha belirgin olduğu görülmektedir. Şekil 4’da en küçük zemin yatak katsayısı için verilen frekans değişimlerinde frekansın artan zemin bölgesi ile çok fazla değişmediği, sadece AS kiriş için ilk frekansta boyutsuz yatak katsayısının 0 - 0.2 arası küçük değerleri için bir değişiklik meydana getirdiği görülmektedir. Zeminin etkisi belirginleşmedikçe aynı doğal frekans için değerlerin küçükten büyüğe AS, MM, MA ve AA için elde edilmiş olması da beklenen bir sonuçtur. Elastik zeminin olmadığı  $\mu = 0$  için elde edilen değerler de uniform kirişin analitik değerleri ile aynıdır.

## SONUÇ

Bu çalışmada kısmen elastik zemin üzerindeki kirişin farklı mesnetlenme koşulları ve farklı boyutsuz zemin uzunluğu dikkate alınarak titreşimi incelenmiştir. Her ne kadar elastik zemine oturan kiriş problemi üzerinde çokça çalışılmış bir konu olsa da aynı durum literatürde kısmen elastik zemin üzerinde oturan kirişler için geçerli değildir. Literatüre bu anlamda önemli bir katkı olarak değerlendirilebilecek bu çalışma ileride problemin farklı yöntemlerle irdelenmesinde araştırmacılara ıvık tutacak sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır. Elde edilen yarı analitik ve sonu eleman çözümleri ondalık beş basamak hassasiyete kadar verilmiş ve literatürde mevcut olan çalışmalarla karşılaştırılmış. Uygulanan yöntemlerin başarılı sonuçlar verdiği görülmüş, zemin yatak katsayısındaki değişimin de kiriş mesnetlerinde serbestlik arttıkça doğal titreşim frekanslarını önemli ölçüde etkilediği sayısal değerler ve görsel betimlemelerle ortaya konmuştur. Özellikle etkilerin konsol kiriş için oldukça belirgin olduğu görülmüştür.

## KAYNAKLAR

- Cazzani A, 2013. On the dynamics of a beam partially supported by an elastic foundation: an exact solution set. *International Journal of Structural Stability and Dynamics*, 13: 1350045,1-30.
- Coşkun SB, Atay MT, Öztürk B, 2011. Transverse vibration analysis of Euler-Bernoulli beams using analytical approximate techniques. *Advances in Vibration Analysis Research*, F. Ebrahimi, IntechOpen Press, pp.1-22.
- Coşkun SB, Öztürk B, Mutman, U, 2014. Adomian decomposition method for vibration of nonuniform Euler beams on elastic foundation. *Proceedings of the 9th International Conference on Structural Dynamics (EURODYN 2014)*, Porto, June 30-July 2, 2014, pp:1935-1940.
- CSI, SAP2000, Static and Dynamic Finite Element Analysis of Structures, Version 21.02, Computers and Structures, Inc., Berkeley, USA.
- Çinçin C, 2018. Kısmen elastik zemin üzerindeki kiriş titreşiminin Adomian ayrıştırma yöntemi ile analizi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Çinçin C, Coşkun SB, 2019. Analysis of beam vibrations on partial elastic foundation using Adomian decomposition method. *Kocaeli Journal of Science and Engineering*, 2: 28-33.
- Doyle PF, Pavlovic MN, 1982. Vibration of beams on partial elastic foundations. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 10: 663-674.
- Eisenberger M, Yankelevsky DZ, Adin MA, 1985. Vibrations of beams fully or partially supported on elastic foundations. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 13: 652-660.
- He JH, 1999. Variational iteration method – a kind of nonlinear analytical technique. *International Journal of Nonlinear Mechanics*, 34: 699-708.
- He JH, 2007. The variational iteration method: Reliable, efficient and promising. *Computers and Mathematics with Applications*, 54: 879-880.

- Kukla S, 1991. Free vibration of a beam supported on a stepped elastic foundation. *Journal of Sound and Vibration*, 149: 259-265.
- Laura PAA, Cortinez VH, 1987. Vibrating beam partially embedded in Winkler-type foundation. *Journal of Engineering Mechanics*, 113: 143-147.
- Motaghian, SE, Mofida M, Alanjari P, 2011. Exact solution to free vibration of beams partially supported by an elastic foundation. *Scientia Iranica*, 18: 861-866.
- Öztürk B, 2009. Free vibration analysis of beam on elastic foundation by the variational iteration method, *International Journal of Nonlinear Sciences and Numerical Simulation*, 10: 1255-1262.
- Öztürk B, Coşkun SB, 2013. Analytical solution for free vibration analysis of beam on elastic foundation with different support conditions, *Mathematical Problems in Engineering*, ID 470927, 7 pages
- Thambiratnam D, Zhuge Y, 1996. Free vibration analysis of beams on elastic foundation, *Computers and Structures*, 60: 971-980.

## Çelik Yapılarda Kullanılan Birleşim Elemanlarının Yangın Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi

Casim YAZICI<sup>1</sup>, Abdulhadi KOŞATEPE<sup>2\*</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada, yüksek sıcaklıklara (600 °C, 800 °C ve 1000 °C) maruz kalmış bulon ve vidaların mekanik özellikleri araştırılmıştır. Gerilme şekil değiştirme, elastisite modülü, verim ve nihai dayanımlar gibi artık mekanik özellikler ve ayrıca bulonların göçme modları çeşitli hedef sıcaklıklara maruz kaldıktan sonra kontrol numuneleri ile karşılaştırmaları yapılmıştır. Sıcaklık seviyesi, ham madde çeliklerinin kimyasal kompozisyonu ve 12.9 dayanım sınıfı bulonların üretim sürecinde ısıl işlem özelliklerinin artık mekanik özellikler üzerine etkisi incelenmiştir. Testlerden elde edilen veriler, bulonların, 400 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda artık gerilmede hızlı bir azalma olduğunu ve 800 °C'ye maruz kaldıktan sonra nihai dayanımın % 48.6'sine ulaştığını gözlemlenmiştir. Birleşim araçların karbon miktarı ve bulon üretiminde temperleme sıcaklığı dışında, bulonların ve vidaların artık mekanik özelliklerini önemli ölçüde etkilediği görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** : Çelik birleşim, vida, bulon, yangın etkisi

### Experimental Investigation of Fire Effect of Joint Elements Used in Steel Structures

**ABSTRACT:** In this study, mechanical properties of bolts and screws exposed to high temperatures (600 °C, 800 °C and 1000 °C) were investigated. Residual mechanical properties such as tensile deformation, elastic modulus, yield and final stress, as well as failure modes of bolts, were compared with control samples after exposure to various target temperatures. Temperature level, chemical composition of raw material steels and the effect of heat treatment properties on residual mechanical properties during the production process of 12.9 degree bolts were investigated. Data from the tests show that the bolts have a rapid reduction in residual strength when heated to temperatures above 400 °C and reach 48.6 % of the final power after exposure to 800 °C. Apart from the carbon content of the coupling means and the tempering temperature in bolt production, it is seen that the bolts and screws now significantly affect the mechanical properties.

**Keywords:** Steel joint, screw, bolt, fire effect

<sup>1</sup>Casim YAZICI (Orcid ID: 0000-0002-2061-4275), Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Doğubeyazıt Ahmed-i Hani Meslek Yüksekokulu, Ağrı, Türkiye

<sup>2</sup>Abdulhadi KOŞATEPE (Orcid ID: 0000-0002-7767-4981), Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Patnos Meslek Yüksekokulu, Ağrı, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Casim Yazıcı, e-mail: cyazici@agri.edu.tr

Bu çalışma 19-22 Haziran 2019 tarihinde Ağrı'da düzenlenen 4. Uluslararası Temel ve Uygulamalı Bilimlerdeki Gelişmeler Konferansı'nda sözlü sunum olarak sunulmuştur.



## GİRİŞ

Çelik yapılarda, birleşim malzemesi olarak kullanılan; bulon, perçin, kaynak, vida ve depolama raf birleşimleri gibi yaygın olarak kullanılan birleşim tipleri mevcuttur. Bu birleşim araçları birleştireceği iki malzeme arasında rijit veya yarı rijit bir birleşim oluşturur. Çelik yapılarda yangın etkisine karşı dayanıklı bir yapı veya elemanlardan beklenen taşıma kapasitesi gibi görevleri yangın etkisinde belirli bir zaman aralığında bu görevlerini yerine getirmelidir. Yapıları yangın etkisinden korumak için öncelikli olarak yapının yangın etkisi altında nasıl davranış sergileyeceğini belirlememiz önem teşkil etmektedir. Yangın etkisi altında çelik çerçeve sistemlere plastik teorisi uygulanmaktadır. Bu teori yardımı ile yapıda meydana gelecek çökme miktarları belirlenebilmektedir. Çelik yapılarda en büyük belirsizliği oluşturan eleman birleşimlerdir. Bu nedenle çelik yapılarda taşıyıcı elemanlar hakkında çeşitli deneysel ve nümerik çalışmalar yürütülmüştür. Çelik yapı elemanlarının yangın etkisine karşı dayanımları bilindiği için burada önemli olanın birleşim malzemesi olarak kullanılan vida ve bulonların karakteristik özelliklerinin yangın etkisi altında performansları önem teşkil etmektedir (Sanrı, 2004). Yüksek sıcaklıklara maruz kalan bulonların artık mekanik özellikleri üzerinde yapılan deneysel çalışmaların sonuçlarını sunmaktadırlar (Choi ve ark., 2014). Gerilme-şekil değiştirme, elastisite modülü, verim ve nihai dayanım gibi artık mekanik özellikler ve bulonların göçme modları, çeşitli hedef sıcaklıklara maruz kaldıktan sonra değerlendirilmiştir. Sıcaklık seviyesi, hammadde çeliklerinin kimyasal kompozisyonu ve bulonların üretim sürecinde ısı işlem özelliklerinin artık mekanik özellikler üzerine etkisi incelenmiştir. Testlerden elde edilen veriler, bulonların, 400 °C'nin üzerindeki sıcaklıklara ısıtıldığında artık güçte hızlı bir azalma olduğunu ve 800 °C'ye maruz kaldıktan sonra nihai gücün % 50'sine ulaştığını göstermektedir (Lou ve ark., 2015). Çelikte bulunan karbon miktarının sıcaklığı ve bulon üretimindeki sıcaklığı dışında, bulonların artık özelliklerini önemli ölçüde etkiler (EN, 1993). Testlerden elde edilen veriler, bulonların sıcaklığa bağlı artık mekanik özelliklerini değerlendirmek için bir dizi tahmin denklemi önermek için kullanılır (Kodur ve ark., 2017).

Metrik 6 bulonlar, molibden ve krom ile birlikte daha yüksek karbon içeren yüksek mukavemetli alaşımlı çeliklerin söndürülmesi ve sıkıştırılmasıyla üretilir. Yüksek mukavemetli çeliklerin farklı kimyasal bileşenleri, üretim sıcaklığı, bulonların mekanik özelliklerinin bozulmasına neden olmaktadır. Bu bulonların sıcaklığa maruz kaldıktan sonra davranışları konusunda sınırlı araştırmalar bildirilmiştir (Kirby, 1995). Spesifik olarak, gerçekçi yangın senaryolarında karşılaşıldığı gibi, ısıtma ve soğutma aşamasına tabi tutulduktan sonra metrik 6 bulonların artık mekanik özellikleri hakkında mevcut veri yoktur. Bu sınırlamaların üstesinden gelmek için, kalan mekanik özellikleri değerlendirmek için metrik 6 bulonlar üzerinde deneysel bir çalışma yürütülmüştür. Testlerden elde edilen veriler, ısıtma-soğutma fazının artık gerilme-şekil değiştirme, elastisite modülü, verim ve nihai dayanımın yanı sıra bulonlardaki göçme modları üzerindeki etkisini araştırılacaktır. Bu çalışma konusunun temel odak noktalarından bir diğeri ise yangın esnasında birleşim malzemeler, giriş veya kolonda göçmenin öncelikli olarak hangisinde meydana geleceğidir.

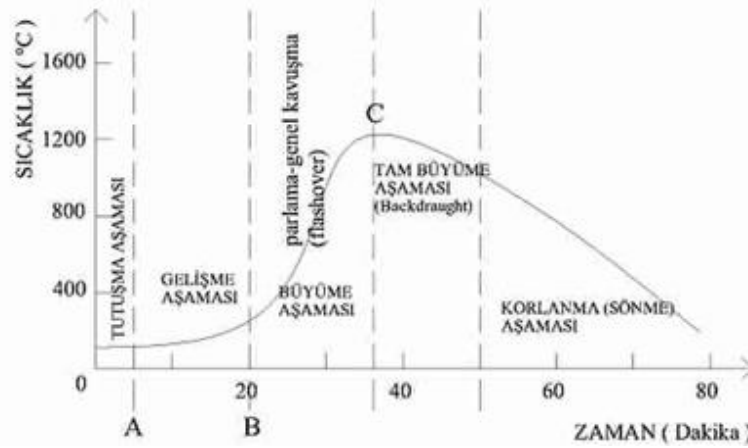
## MATERYAL VE YÖNTEM

Mekanik özellikleri değerlendirmek için tam boy bulon ve vidalar üzerine farklı sıcaklıklar maruz bırakılarak testler yapılmıştır. Isıtılmamış bulon ve vidaların referans dayanımını değerlendirmek için oda sıcaklığında çekme dayanımı testleri yapılmıştır. Ayrıca, bulonların önceden belirlenmiş bir sıcaklığa kadar ısıtıldığı, daha sonra çevre sıcaklığına soğutulduğu ve gerilme yüklemesine maruz bırakılarak göçme moduna karşı test edildiği artık gerilme dayanımı testleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bir yangın olayı 5 evreden oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla; tutuşma, gelişme, büyüme, tam büyüme ve sönme evreleridir (İplikçi, 2006). Yanma olayında "Sıcaklık-Zaman" ilişkisi Şekil 1'de gösterilmiştir.

Çekme testleri ve gerilme şekil değiştirme grafikleri malzemenin mekanik özelliklerini en iyi karakterize eden yöntemdir. Bundan dolayı bu grafiklerin iyi analiz edilmesi önem teşkil etmektedir.

Örneklerin ısıtılmasında yüksek sıcaklıklı Elektro-mag TT109 model bir fırın (Şekil 2a) kullanılmıştır. Üniversal test cihazı INSTRON 8874 model çift eksenli (eksenel & burulma) yorulma test cihazında (Şekil 2b), yüksek sıcaklığa maruz kaldıktan sonra çekme testine tabi tutulmuştur. Deneysel işlem adımları aşağıdaki gibidir:

- 1) Her test sıcaklığı altında iki örnek yüksek dayanımlı bulon örneği; doğal soğutma suyu soğutması) aynı anda yüksek sıcaklık fırınına yerleştirildi.
- 2) Isıl işlemden sonra, soğutma numuneleri doğal soğumaya bırakıldı.
- 3) Isıl işlemden sonra, göçme modlarına kadar INSTRON üniversal test cihazı ile eksenel çekmeye maruz bırakılmıştır.
- 4) Deneysel numuneleri ısıtılma işlemine tabi tutulmadan önce ve ısıtılma işlemine tabi tutulduktan sonra çap ölçümlerine tabi tutulmuştur.



Şekil 1. Yangının sıcaklık-zaman ilişkisi (Özberk, 2010)

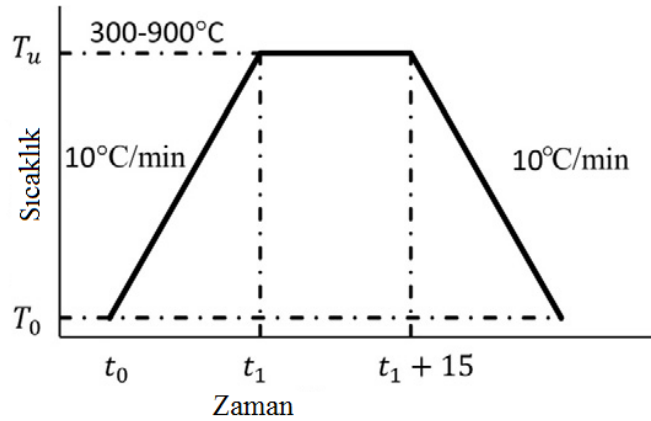
Çap ölçümleri, dijital kumpas ile bulon ve vidalardan her bir numune için hata oranını minimize etmek ve doğru sonucu elde etmek amacı ile 10 kez çap ölçümü yapılarak deneyler aşamasında ortalama değerler kullanılmıştır. Bu ölçümler yapıldıktan sonra numuneler INSTRON test cihazına girilerek gerilme-şekil değiştirme ve yük uzama miktarlarının verileri alınacak şekilde program ayarlamaları yapılmıştır. Örneklerin yer değiştirme yük eğrisi elde edilmiştir. Statik çekme testi sırasında ön yükleme gereklidir. Tasarlanan yüklerin % 10' u (yaklaşık 10kN) ilk önce uygulanır ve 1 dakika tutuldu. Daha sonra, numuneler kopuncaya kadar düzenli olarak yüklenmeye devam edildi. Yüklemelelerdeki deplasman kontrolü ve yükleme hızı 5 mm/dak. olarak ayarlandı (Liu ve ark., 2017). Statik gerilme testi farklı sıcaklıklara maruz kalan bulon ve vidalar için sabit yükleme hızında gerilme şekil değiştirme ve yük uzama eğrileri elde edilmiştir. Testlerden elde edilen veriler bir bilgisayar aracılığıyla kaydedildi ve testler sırasında çeşitli zamanlarda görsel gözlemler yapıldı. Vida ve bulonların ısıtmak için manuel ayarlı kül fırını kullanıldı (Şekil 2a). Biri numuneye diğeri fırına monte edilmiş iki K tipi termokulp, sırasıyla numunenin ve fırının sıcaklığını kaydetti. Bulonlar çevre sıcaklığından belirli hedef sıcaklığa ulaşana kadar 10 °C/dak. hızında ısıtıldı. Isıtma için üç hedef sıcaklık (T) 600, 800 ve 1000 °C seçilmiş olup bu sıcaklıklara sırası ile 60, 80 ve 100 dakikada ulaşılmıştır. Testlerde kullanılan ısıtma soğutma sıcaklığı rejimi Şekil 3' de gösterilmektedir. Örnek hedef sıcaklığa ısıtıldıktan sonra, bulon boyunca eşit (sabit) bir sıcaklık dağılımı sağlamak için 90 dakikalık bir süre boyunca sabitlendi (Kodur, 2010). Soğutma aşamasında, fırın kapatıldı ve numuneler dışarı alınarak doğal olarak oda sıcaklığına

soğumalarına izin verildi. Normal şartlarda soğutulmasının ardından numunelerin ortam sıcaklığında çekme dayanımı testleri yapılmıştır.

Yapılan araştırmada ısı işlem öncesi ve sonrası hassas terazi yardımı ile bulon ve vidaların ağırlıkları ölçülmüştür. Isıl işleme maruz kalan test numunelerinin sıcaklık artıca numunelerin oksitlenmesinden kaynaklanan kısmen ağırlık artışı gözlemlenmiştir. Isıl işleme maruz kaldıktan sonra ise dijital kumpas ile her bir deney numunesinden 10 adet ölçüm alınarak bunların ortalaması test cihazına girilmiştir.



Şekil 2. Yüksek sıcaklıklı kül fırını ve çift eksenli hidrolik yorulma test cihazı



Şekil 3. Sıcaklık-zaman ilişki eğrisi

Çelik bulonların çekme dayanımı, bulonlu birleşimlerin ısı işlem sonrası tepkisini değerlendirmek için önemli bir parametredir. Bulonların artık gerilmeleri yalnızca kimyasal bileşim ve bulonların ısı işlem tipine göre değil aynı zamanda bulonların maruz kaldığı en yüksek sıcaklık seviyesine göre de değişiklik göstermektedir. Bu çalışmada, ısıtılmış ardından soğutulmuş bulon ve vidaların göçme modlarını belirlemek için gerilme dayanımı testleri yapılmıştır. Hem M6 (8.8-100 mm) bulon hem de 5.5/6.3\*90 vidalarındaki eğilimler benzer bir desen izlediğinden, M6 bulon ve 5.5/6.3\*90 vidalar için elde edilen sonuçlar M6 bulonlarıyla karşılaştırılmıştır. M6 bulon ve 5.5/6.3\*90 vidalarının nihai kuvveti için azaltma faktörleri Çizelge 3 ve Çizelge 4'de verilmiştir. 5.5/6.3\*90 vidaların, nihai mukavemetini sıcaklık artıca yitirmekte ve artık mukavemet 800 °C'den soğuduktan sonra yaklaşık 0.55'e düşmektedir. Öte yandan, M6 bulonları, güçlerinin çoğunu yaklaşık 300 °C'ye kadar koruduğu gözlemlenmiştir. 300 °C ısıtma döngüsünün ötesinde, M6 bulonları artık nihai güçlerini hızla kaybederler. Bu nedenle, sıcaklığın M6 bulon ve 5.5/6.3\*90 vidalarının artık mekanik özellikleri üzerindeki etkisi sırasıyla 300 °C ve 500 °C'ye kadar daha az belirgin olduklarından dolayı kritik sıcaklık

olan 600°C ısıtma işlemlere başlanılmıştır (Kodur, 2017). Bununla birlikte, bulonlar yukarıda belirtilen tepe sıcaklıklarının ötesine ısıtıldığında, artık kuvvetleri benzer bir şekilde hızla düşer (Kodur ve Aziz, 2014).

**Çizelge 1.** Isıl işleme maruz kalmış numunelerin elastisite modülü ve akma dayanımı

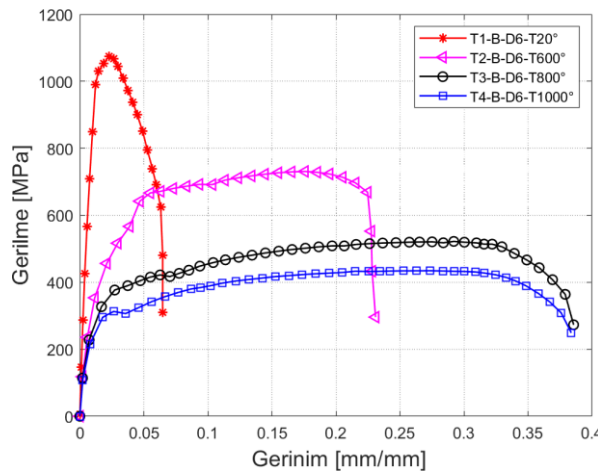
Sıcaklık °C	Bulon			Vida		
	Elastisite modülü E (Mpa)	Akma dayanımı Fy (Mpa)	Nihai dayanım Fu (Mpa)	Elastisite modülü E (Mpa)	Akma dayanımı Fy (Mpa)	Nihai dayanım Fu (Mpa)
20	76.518	861.52	1078	39.403	854.16	1020
600	30.601	582.93	732	39.157	683.45	764
800	25.824	387.16	524	34.831	358.19	453
1000	27.288	327.41	436	41.800	198.87	259

## BULGULAR VE TARTIŞMA

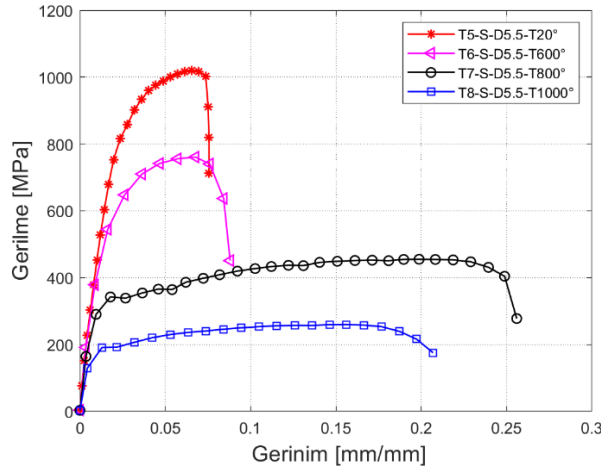
Testlerden elde edilen sonuçlara dayanarak, ısıtma-soğutma fazının artık gerilme-şekil değiştirme etkisi, ısıtma sonrası güç ve elastisite modülü üzerine çıkarımlar yapılmıştır. Vida ve bulonların kimyasal içerikleri Çizelge 2’de verilmiştir.

Şekil 4’de de görüleceği gibi, bulonların 800 °C'nin üzerinde ısıtılması ve soğuması durumunda daha sünek davranış sergiler. Bulon ve vidalar 600 °C'nin üzerindeki sıcaklıklara maruz kaldıktan sonra mukavemetlerinde önemli bir azalma tespit edilmiştir. Bu eğilim, bulonda farklı, vidalarda daha farklı oldukları için Şekil 4 ve Şekil 5’de sunulmuştur. Grafikler incelendiğinde ısıtma işlemi uygulanan bulonlar 600 °C sınırına geldiklerinde maksimum dayanımlarında bir düşüş gözlemlenmiştir. Diğer taraftan enerji yutma kapasiteleri artarak 800 °C ve 1000 °C de birbirlerine yakın eğriler sergilemekte olup bunlar Şekil 4’de verilmiştir. Bu deneysel sonuçların daha önce yapılmış çalışmalar ile örtüştüğü görülmektedir (Kodur, 2017).

Vidalı numuneler için yapılan deneyler sonucunda gerilme-şekil değiştirme grafikleri Şekil 5’de verilmiştir. Vidaların gerilme-şekil değiştirme eğrilerinin farklı ısılarda işlemlerin uygulanması neticesinde eğriler arasında karakteristik özellikleri farklılıklar göstermiştir. Vidalar için yürütülmüş olan deneysel çalışmada literatür için önemli bir kaynak sunmaktadır. Isıl işlem sonucu dayanımlarında azalma olurken şekil değiştirmeler devam etmiş olup bunun neticesinde de enerji yutma kapasiteleri artmıştır (Lu, 2011).



**Şekil 4.** Bulonların ısıtma işlemi sonucunda gerilme-gerinim grafiği



Şekil 5. Vidaların ısıtılma işlemi sonucu gerilme-gerinim grafiği

Çizelge 2. Bulon ve vidaların kimyasal içerikleri

Malzeme	Kimyasal içerikler (%)															
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Cu	Ti	Pb	Sn	Ce	B	Fe
0 °C bulon	0.2684	0.1226	0.9570	0.0086	0.0058	0.2091	0.0125	0.0412	0.0171	0.0605	0.0329	0.0023	0.0177	0.0034	0.0024	98.20
1000 °C bulon	0.2455	0.0648	1.0170	0.0255	0.0002	0.1953	0.0080	0.0696	0.0301	0.0850	0.0326	0.0025	0.0004	0.0042	0.0003	98.20
600 °C bulon	0.2435	0.0630	0.9920	0.0231	0.0012	0.1901	0.0053	0.0659	0.0295	0.0813	0.0310	0.0024	0.0032	0.0039	0.0020	98.30
600 °C vida	1.2040	0.1611	1.3530	0.0290	0.0886	0.0490	0.0206	0.0138	0.0406	0.0340	0.0787	0.0005	0.0004	0.0010	0.0099	96.90

### Isıl İşlem Sonrası Nihai Dayanım

Çelik bulonların çekme mukavemeti, bulonlu birleşimlerin ısıtılma işlemi sonrası tepkisini değerlendirmek için önemlidir. Bulonların artık gerilmeleri yalnızca kimyasal bileşim ve bulonların ısıtılma işlemi tipine göre değil aynı zamanda bulonların maruz kaldığı en yüksek sıcaklık seviyesine göre de değiştiği gözlemlenmiştir. Bu çalışmada, ısıtılma işlemi maruz kalmış sonrasında soğutulmuş bulonların göçme modlarını belirlemek için gerilme şekil değiştirme testleri yapılmıştır. Hem M6 hem de 5.5/6.3\*90 bulon ve vidaların eğilimleri benzer bir grafik izlediğinden, M6 için elde edilen sonuçlar 5.5/6.3\*90 vidaları ile karşılaştırılmıştır. Bulon ve vidalarda gerilme şekil değiştirme eğrilerinin farklı olması kimyasal içeriklerinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır (Kodur, 2017). Bu nedenle, sıcaklığın M6 bulonların artık mekanik özellikleri üzerindeki etkisi 600 °C'ye kadar daha belirgin 800 °C ve 1000°C de tamamen farklı mekanik özellik göstermektedirler. Sünekliği geri kazanmak için çelik, karbon atomlarının martenzit çeliğine difüzyonuna izin veren 400 °C'nin üzerindeki sıcaklıklara yeniden ısıtılır (Meyers, 2009). Isıtmalı koşullar altında, çeliğin sıcaklığı tavlama sıcaklığına ulaştığında, kuvvet veren mikro yapıyı (karbon zengini martenzit) karbon atomlarının difüzyonu nedeniyle sertliğini yitirir. Bu, M6 bulonlarda, temperleme sıcaklığının ötesinde, ısınmaya maruz kaldıktan sonra hızlı gerilme kaybına neden olur. Isıtılma işlemi M6 bulonlarının ve 5.5/6.3\*90 vidalarının göçme modları sırası ile Şekil 6 ve Şekil 7'de verilmiştir. Bulon ve vidaların yüksek sıcaklıklardaki nihai dayanımları ve enerji yutma kapasiteleri sırası ile Şekil 8 ve Şekil 9'da verilmiştir.

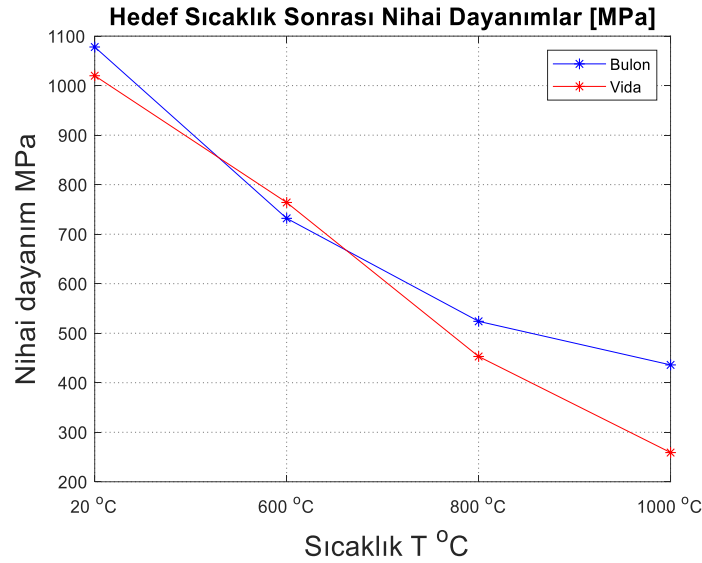




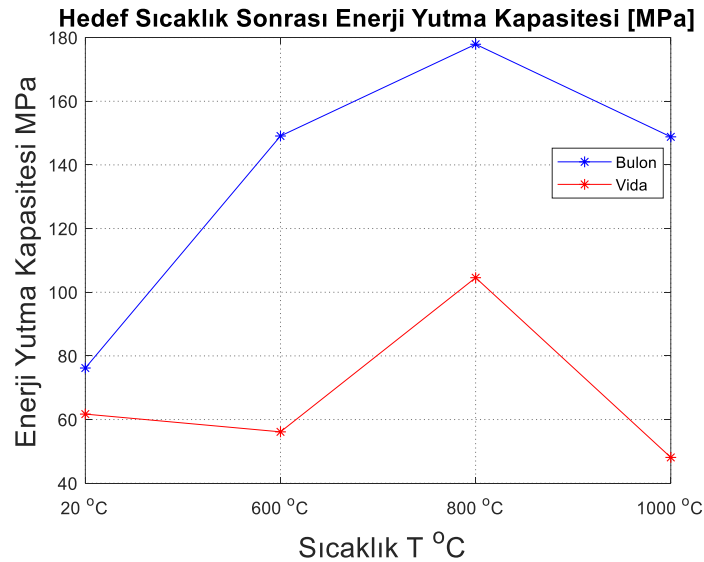
Şekil 6. Isıl işlem sonrası M6 bulonların göçme modları



Şekil 7. Isıl işlem sonrası 5.5/6.3\*90 vidalarının göçme modları



Şekil 8. Hedef sıcaklık sonrası nihai dayanımlar



Şekil 9. Hedef sıcaklık sonrası enerji yutma kapasitesi

### Artık Akma Dayanımı ve Elastisite Modülü

Bulonların artık akma dayanımı, ortam sıcaklığına soğuduktan sonra, gerilme eğrisinin kesişme noktasını ve orantılı çizgiyi % 0.2 gerginlikle dengeleyen % 0.2 gerilmeye karşılık gelen gerilme olarak değerlendirilir. Deneysel prosedürde kullanılan numunelerin tamamı hedeflenen sıcaklıklara 90 dakika maruz bırakılıp atmosferik ortamda soğutularak eksenel çekme testine tabi tutulmuştur. Sonuçların gözden geçirilmesi, ısıtma sıcaklığının ne kadar yüksek olduğunu, bulonlardaki artık akma dayanımının düşük olduğunu göstermektedir. M6 bulonları, 600 °C'nin üzerinde ısıtıldığında genişir ve artık verim gücü sağlar ve oda sıcaklığında bunun % 35'ine ulaşır. Bu eğilim, 400 °C ısıtma döngüsüne kadar artık akma dayanımı kaybı bulunmayan M6 bulon ve 5.5/6.3\*90 vidaları için farklıdır. 400 °C ısıtma döngüsünün ötesinde bir sıcaklığa maruz kaldığında, M6 bulonları artık verim kuvvetlerini hızlı bir şekilde kaybeder ve aynı zamanda daha yüksek bir oranda uzar. 800 °C'de, M6 bulonlarındaki artık akma dayanımı, oda sıcaklığı akma dayanımının % 26'sına ulaşır (ısıtma olmadan). Genel olarak, 5.5/6.3\*90 vidaların artık akma dayanımı 400-800 °C ısıtma çevrimleri boyunca M6 bulonlardan

(yaklaşık % 10–15) daha düşüktür. Bu yine M6 bulon ve 5.5/6.3\*90 vidalarının imalatında kullanılan iki tip çeliğin kimyasal kompozisyonlarındaki farklılıklara atfedilir. Bulon ve vidalar için çekme dayanımlarının azaltma faktör değerleri Çizelge 3’de verilmiştir.

Çeşitli ısıtma çevrimlerinden sonra M6 bulon ve 5.5/6.3\*90 vidalarının artık elastisite modülleri, ilk doğrusal eğrinin teğet modülü olarak karşılık gelen gerilme-şekil değiştirme eğrilerinden değerlendirilir (Şekil 4). Artık modül faktörü, ısıtma soğutma döngüsünden sonra modülün ortam sıcaklığında başlangıç modülüne oranı olarak hesaplanır. Bulonların ısıtma çevrimi 500 °C'nin altında olduğunda, bulonların elastisite modüllerinin çoğunu yeniden kazandığı görülebilir. 600 °C'nin üzerine ısıtıldığında, her iki bulon grubu da elastisite modülünde önemli ölçüde değişimler görülmektedir (Kodur, 2017). 650 °C ısıtma-soğutma döngüsünden sonra elastisite modülün en az % 75'i geri kazanılır. Yukarıda verilen sonuçlar açıkça, bulonlardaki artık direncinin geleneksel yapısal çeliğinkine farklı bir eğilim izlediğini gösterir ve bu kabul edilen imalat işlemine bağlanabilir. Bu bulonlarda kullanılan yüksek mukavemetli özel çelik için Şek 6’da görüldüğü üzere, bulonlar 400 °C'nin altında ısınmaya maruz kalır ise, soğuduktan sonra güçlerinin çoğunu geri kazanabilirler. 400 °C ısıtma döngüsünün ötesinde bulonlar, geleneksel karbon çeliğine kıyasla mukavemetinde önemli bir azalma görülmektedir. 800 °C'nin üzerindeki ısıtma sıcaklıkları için bulonlar, akma dayanımının yaklaşık % 70'ini kaybeder; bu, geleneksel karbon çeliğinden çok daha fazladır. Bulon ve vidalar için artık elastisite modülü için azaltma faktör değerleri Çizelge 4’de verilmiştir.

**Çizelge 3.** Bulon ve vidaların nihai dayanımları için azaltma faktörleri

Sıcaklık °C	Bulon		Vida	
	Nihai Dayanım (Mpa)	Azaltma Faktörü	Nihai Dayanım (Mpa)	Azaltma Faktörü
20	1078	1.000	1020	1.000
600	732	0.679	764	0.749
800	524	0.486	453	0.444
1000	436	0.404	259	0.254

**Çizelge 4.** Bulon ve vidaların Elastisite Modülü için azaltma faktörleri

Sıcaklık °C	Bulon		Vida	
	Elastisite Modülü (Mpa)	Azaltma Faktörü	Elastisite Modülü (Mpa)	Azaltma Faktörü
20	76.518	1.000	39.403	1.000
600	30.601	0.4	39.157	0.994
800	25.824	0.337	34.831	0.884
1000	27.288	0.357	41.800	1.061

### Enerji Yutma Kapasitesi ve Rezilyans Modülü

Enerji yutma kapasitesi, deney numunelerinin kırılmaya kadar ki deformasyon bölgeleri içerisinde birim hacim başına enerji yutma yeteneğidir. Enerji yutma kapasitesi gerilme-şekil değişimi eğrisi altında kalan alan olarak tanımlanır (Ritchie ve ark., 1973). Rezilyans ise elastik şekil değişimi esnasında numunenin depoladığı enerji anlamına gelir (Huner, 2014). Bu enerji, gerilme-şekil değişimi eğrisinin elastik bölge altında kalan alana eşittir. Isıl işleme maruz kalmış numunelerin enerji yutma kapasiteleri ve rezilyans değerleri Çizelge 5’de verilmiştir. Bulonların enerji yutma kapasiteleri 800 °C’ye kadar artar ve 1000°C de ise tekrar düşmektedir. Vidalarda ise 600°C’de bir düşüş gözlemlenirken 800°C de tekrar artıp 1000 °C de tekrar düşmektedir. Rezilyans modülü ise bulonlarda 600 °C de pek değişmeyip 800 °C ve 1000 °C de düşüş sergilemekte iken vidalarda ise sıcaklık değeri arttıkça düşüş gözlemlenmiştir.

**Çizelge 5.** Enerji yutma kapasitesi ve rezilyans modülü

Test No	Elastisite modülü E (Mpa)	Akma dayanımı Fy (Mpa)	Enerji yutma kapasitesi (Mpa)	Rezilyans (Mpa)
T1-B-D6-T20	76.518	861.52	76.194	15.1530
T2-B-D6-T600	30.601	582.93	149.078	15.6907
T3-B-D6-T800	25.824	387.16	177.895	6.7800
T4-B-D6-T1000	27.288	327.410	148.816	4.6393
T5-S-D5-T20	38.265	954.160	61.720	8.3537
T6-S-D5-T600	35.369	683.450	56.144	4.4296
T7-S-D5-T800	25.276	358.190	104.570	2.8560
T8-S-D5-T1000	16.988	198.870	48.109	1.4763

### Göçme Modları

Şekil 6 ve 7’de ısıtma ve soğutma döngüsüne tabi tutulduktan sonra bulon ve vidalarda göçme modları verilmiştir. Çoğu durumda bulonların boyun kısmında sünek bir bozulma elde ettiği ve kırılma bir göçme olmadığı görülebilir. M6 bulon ve 5.5/6.3\*90 vidalarının, uzunlamasına eksene açılı olarak makaslama veya eğik kırılma durumunda başarısız olmaları muhtemeldir. M6 bulon çapının artırılmasıyla, boyun verme geometrisi daha kalın bulonlar için kırılma yüzeyinin tipik özelliğidir. Çünkü geometrileri gerilmenin eşit şekilde dağılmasına izin vermez (Şekil 8). M6 bulon ve 5.5/6.3\*90 vidalarında, başarısızlık 900 °C ısıtma döngüsündeki boyun vermesinden kaynaklanır (Şekil 6 ve 7). Bu mekanizmanın somun ve bulon dişleri arasındaki uyum ve etkileşim derecesi ile kontrol edilerek bulunmuştur. Boyun vermeden sonra kırılma süreci, boyunluk bölgesinin merkezine yakın, yüksek gerilmeli eksene paralel olarak dik bir şekilde düz bir yüzey oluşturarak, iç boşlukların veya boyun bölgesi merkezine yakın çatlakların gelişmesi ile başlar (Shiple, 2017). Genel plastik gerilme kritik bir seviyeye ulaştığında, çekirdeği boşaltır ve bulonun içinde büyür. Başlangıçta eş eksenli, şekilleri genel stres alanına göre değişir. Boşluklar birleştikçe, stres konsantrasyon etkisinden dolayı bitişik alanlara genişlerler. Bulon kesitinin merkezi temelde ayrıldığında, bu başarısızlık dışa doğru büyür. Elastoplastik davranışlarda kısıtlamalar değiştiğinden, maksimum kayma düzlemi (gerilme eksenine yaklaşık 45°) tercih edilir ve kabın yanlarını oluşturan bu düzlemler boyunca daha fazla büyüme meydana gelir (Meyers, 2009). Isıl işlem sonucu meydana gelen değişiklikler, en yüksek ısıtma sıcaklığı bulonun imalat işleminde (geçiş sıcaklığı) kullanılan tavlama sıcaklığını aştığında oldukça belirgindir. Bunun nedeni, bulonlardaki martenzit çeliğinin, geçiş sıcaklığı bölgesinde çarpıcı bir süneklik yoğunluğuna maruz kalmasıdır. Böylece, M6 bulonlarındaki yassı bölgenin büyüklüğü azalır ve 650 °C’ye ısıtıldığında ve soğuduğunda eğimli-kırılma bölgesi alanının büyümesine neden olur. 650 °C ila 700 °C ısıtma soğutma döngüsünde, elyafli bölge alanı yayılır ve radyal desenler büzülür veya kaybolur.

Bunların yanı sıra, 800 °C’nin üzerinde ısıtıldığında ve soğutulduğunda tüm kırılma yüzeyleri tüm bulonlarda düz lifli hale gelir (Şekil 6). Bunun nedeni, çeliğin kristal yapısındaki, daha az yoğun bir şekilde paketlenmiş hacim merkezli tetragonal martenzitten, ferritin daha yoğun bir şekilde paketlenmiş gövde merkezli kübik yapısına geçmesidir. Isıl işleme maruz kaldıktan ve soğuduktan sonra çelik çerçeveli yapıların artık kapasitesini değerlendirmek için yüksek dayanımlı bulonlara özgü artık mekanik özelliklere ihtiyaç duyulmaktadır (Kodur ve ark., 2011). Bulon ve vidalarda yapılan testlerden elde edilen sonuçlar açıkça ısıl işlem sonrası özelliklerinin geleneksel karbon çeliğinkinden önemli ölçüde farklı olduğunu göstermektedir. Bu testlerden elde edilen parametreler ışığında, artık elastisite modülünü değerlendirmek için elastisite modüllerindeki değişim karakteristik bir veridir.

### SONUÇ

Isıtma seviyesi 600 °C’nin altında olduğunda, bulonların artık gerilme-şekil değiştirme eğrisi oda sıcaklığında numunelerin eğrileri ile benzerlikler göstermektedir (Kodur, 2017). Bulonların, 600 °C’nin üzerinde ısıtıldığında çekme dayanımlarında yaklaşık olarak % 40 gibi bir dayanım kaybı söz konusu

iken şekil değiştirmelerinde ise yaklaşık olarak 3.5 kat daha fazla uzamaktadır. Bulon ve vidalar, yaklaşık 600 °C ısıtma-soğutma döngüsüne kadar nihai gerilme dayanımlarının büyük bir kısmını korurlar. 600 °C'nin üzerinde ısıtma-soğutma döngüsünün ötesinde, bulonlar artık direncini hızlı bir şekilde kaybeder ve oda sıcaklığında (mukavemetsiz) en yüksek dayanımın % 46'sına ulaşır. Bulon ve vidalar, 600 °C ısıtma-soğutma döngüsüne kadar artık akma dayanımında fazla bir düşüş yaşamaz. 600–800 °C'ye ısıtıldığında, bulonlar hızlı bir şekilde gevşek artık verim gücü sağlar. Toplam M6 bulon ve 5.5/6.3\*90 vidalarının artık akma dayanımı 400-800 °C ısıtma çevrimleri boyunca M6 numunelerinden (yaklaşık% 10-15) daha düşüktür. Bulon ve vidalar, ısıtma ve soğumaya maruz kaldıklarında boyun bölgesinde sünek bir bozulma gözlemlenmiştir. Bulonlardaki gerilme kırılma modları, elde edilen ısıtma sıcaklığı seviyesinde etkilendiği gözlemlenmiştir.

Bir çelik yapının tamamı göz önüne alındığında 800 °C üstündeki sıcaklıklarda birleşim malzemelerinin kırılganlıkta önce göçeceği ve can kaybına neden olacağı çekme gerilmesi dayanım kayıplarından anlaşılmaktadır.

Bulonların artık özellikleri için önerilen azaltma faktörünün kullanılması, yangında yapıya zarar veren çelik yapıların artık gerilmelerin kapasitesinin daha iyi değerlendirilmesine yol açabileceği düşünülmektedir.

Deneysel prosedürde kullanılan bulon ve vidaların 1000 °C sıcaklığında Elastisite modülünde artış gözlemlenmiştir. Bunun nedeninin açıklanabilmesi için 800-1000 °C arasındaki sıcaklıklar detaylı olarak incelenerek açıklanabilir.

## KAYNAKLAR

- Choi I, Chung K, Kim D, 2014. Thermal and mechanical properties of high-strength structural steel HSA800 at elevated temperatures. *Materials and Design* 63: 544–551.
- EN 1993-1-8 (2005) (English): Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-8: Design of joints [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC].
- Huner U, 2014. Çeşitli Elyafarla Takviye Edilmiş Termoplastik Kompozitlerin Levha Ekstrüzyonunun Ve Özelliklerinin İncelenmesi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmış).
- İplikçi E, 2006. Yüksek Binalarda Yangın Güvenlik Önlemlerinin Analizi Ve Yangın Güvenlikli Bina Tasarımına İlişkin Performans Kriterlerinin Ortaya Konulması, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Kirby BR, 1995. The behaviour of high-strength grade 8.8 bolts in fire. *Journal of Constructional Steel Research* 33:3-38.
- Kodur V, Asce F, Dwaikat M, Fike R, 2010. High-Temperature Properties of Steel for Fire Resistance Modeling of Structures. *Journal of Materials in Civil Engineering* 22: 423-434.
- Kodur VK, Aziz EM, 2014. Effect of temperature on creep in ASTM A572 high-strength low-alloy steels. *Materials and Structures* 48:1669–1677.
- Kodur V, Yahyai M, Rezaeian A, Eslami M, Poormohamadi A, 2017. Residual mechanical properties of high strength steel bolts subjected to heating-cooling cycle. *Journal of Constructional Steel Research* 131: 122–131.
- Liu H, Liu D, Chen Z, Yu Y, 2017. Post-fire residual slip resistance and shear capacity of high-strength bolted connection. *Journal of Constructional Steel Research* 138: 65–71.
- Lou GB, Zhu MC, Li M, Zhang C, Li GQ, 2015. Experimental research on slip-resistant bolted connections after fire. *Journal of Constructional Steel Research* 104: 1–8.



- Lu W, Mäkeläinen P, Outinen J, Ma Z, 2011. Design of screwed steel sheeting connection at ambient and elevated temperatures. *Thin-Walled Structures* 49: 1526–1533.
- M. Meyers KC, 2009. *Mechanical Behavior of Materials*. No: 882, pp. 396-407 Cambridge, ABD.
- Özberk DD, 2010. Çelik Yapılarda Pasif Yangından Koruma Yöntemlerinin Karşılaştırmalı Maliyet Analizi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Ritchie RO, Knott JF, Rice JR, 1973. On the relationship between critical tensile stress and fracture toughness in mild steel. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids* 21:395-410.
- Sanrı I, 2004. *Steel Frames Under Fires*, Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Shingley, W.T. Becker and R.J, 2017. *Failure Analysis and Prevention*. No: 87, pp. 36-47 Boston, ABD.

**V<sub>p</sub> Hızıyla Elde Edilen Birim Hacim Ağırlık Değerinin Katsayı Atanarak Belirlenmesi**Beste KOÇAK DİNÇ<sup>1</sup>, Sepanta NAİMİ<sup>1\*</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmanın amacı, zeminlerde birçok bağıntıda değişken olarak kullanılan birim hacim ağırlık değerinin karşılaştırılması ve sonucunda deneysel değerlere karşılık gelen ampirik değere en yakın katsayının bulunmasıdır. Bu amaçla birim hacim ağırlık değerleri tespit edilirken yaklaşık aynı zemin koşulları olacak şekilde farklı bağıntılarla hesaplanan ya da deneysel yöntem uygulanarak elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Deneysel yöntemler ve ampirik yaklaşımlarla türetilen tüm eşitlikler incelendiğinde (zeminler sınıflandırıldığında), literatürde kullanılan tahmini birim hacim ağırlık değerleri ile boyuna dalga (V<sub>p</sub>) hızından elde edilen birim hacim ağırlık değerleri arasında ilişkinin düşük olduğu, buna karşılık deneysel yöntemlerle bulunan birim hacim ağırlık değerinin yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. İki sonuç arasındaki ilişkiye dayanarak deneysel yöntemlerle elde edilen değerler güvenilir olduğu kabul edilerek V<sub>p</sub> hızından elde edilen bağıntıya bir katsayı atanmıştır. Bu sebeple daha hızlı ve maliyeti düşük olan sismik yöntemlerden birim hacim ağırlık değerinin tahmin edilmesi önerilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Birim hacim ağırlık, jeoloji, jeofizik, zemin parametreleri.

**Determination of Unit Volume Weight Value Obtained by V<sub>p</sub> Speed by Assigning Coefficient**

**ABSTRACT:** The main aim of this study is to compare the unit weights that are the main input of a lot of formula for the soils and to figure out the closest parameter that is calculated in accordance with the measurement results. In order to specify the unit weights, the results are used out of the calculations from different formula or experimental method. After the assessment of the evaluations (classified by soils), it has been concluded that the relation between the unit weights that are used in the literature and calculated according to the longitudinal wave velocity (V<sub>p</sub>) is low. On the other hand the unit weights that are specified with experimental method is high. Depends on the relation between two results, experimental method is accepted more reliable and a coefficient is assigned to the formula that is calculated by the V<sub>p</sub> velocity. Therefore, the seismic method that is fast and cost-efficient is recommended in order to assume the unit weight values.

**Keywords:** Volume weight value, geology, geophysics, geotechnical parameter.

<sup>1</sup> Beste KOÇAK DİNÇ (Orcid ID: 0000-0003-4178-1213), Sepanta NAİMİ (Orcid ID: 0000-0001-8641-7090), İstanbul Aydın Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Beşyol Mah., Küçükçekmece, İstanbul, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Sepanta NAİMİ, e-mail: sepantanaimi@aydin.edu.tr

## GİRİŞ

Zeminlere ait birçok parametre laboratuvar ve sahada yapılan deneysel çalışmalarla veya farklı arazi jeofizik uygulamalarla hesaplanabilmektedir. Bunlardan biri de birim hacim ağırlık değeridir. Birim hacim ağırlık değeri, geoteknik problemlerin çözümünde etkin olarak kullanılır. Zeminlerin taşıma gücünün belirlenmesi, oturma analizleri, sıvılaşma hesaplamaları ve hakim periyodun bulunması hesaplamalarına direkt etki etmektedir.

Birim hacim ağırlık değeri direkt ölçülerek veya ampirik bir şekilde elde edilebilir. Direkt olarak belirlenmesinde (TS EN 22475-1, 2012) araziden numune alınarak laboratuvarında (TS EN ISO 17892-2, 2004) birim hacim kütlelerinin belirlenmesi standartına göre yapılan deneysel çalışmayla gerçekleştirilebilir. Bu yöntem oldukça doğru sonuçlar vermesine rağmen sahada yapılacak olan sondaj veya araştırma çukuru açılması maliyeti arttıran ve zaman gerektiren çalışmalar olduğu bilinmektedir. Ayrıca bazı zemin türlerinde numune alınması oldukça zordur. Bu nedenle daha çok ampirik yöntemlerle sismik hızlardan, kayma dalga hızına bağlı birim hacim ağırlık değeri hesaplanmaktadır.

İlk olarak boyuna dalga hızı ile birim hacim ağırlık arasındaki Nafe-Drake eğrisindeki ilişkileri ile (Ludwig ve ark.,1970) ortaya konulmuştur. Ardından devam eden çalışmalarda (Gardner ve ark.,1974) sismik hızlar ile tortul kayaçların birim hacim ağırlık değerleri arasındaki sistematik ilişkiyi gösterir yansıma katsayıları ortaya çıkartılmıştır.

Çeşitli araştırmacılar tarafından farklı derinliklerde yer alan magmatik kökenli kayaçlar için yoğunluk değerleri modellenmiştir (Telford ve ark., 1976). Zeminlerdeki kumlu birimlerdeki kil içeriğine bağlı olarak değişen sismik hız dağılımı incelenmiştir (Martinez, 1985). Bağlantı kurmak için yapılan çalışmalarda ise kayaç türlerinde sıkışma dalgası ile birim hacim ağırlık değerleri arasında bir korelasyon olduğu gösterilmiştir (Christensen ve Money, 1995).

Kayaçların aşınma değerlerini belirlemek için sismik hız, birim hacim ağırlık ve görünür gözeneklilik değerleri çoklu regresyon analizleri ile inceliyor tahmini denklemler önerilmiştir (Çelik 2018).

Son yıllarda özellikle Petrofizik araştırmalar çerçevesinde sismik dalga hızları ve birim hacim ağırlık değerleri arasındaki ilişki kuyu loglarından alınan verilerle incelenerek rezervuar yüzde tahmini yapılmıştır (Bailey 2012: Olorunubi ve ark., 2020: Akhter ve ark., 2018: Durrani ve ark., 2020).

Kaliforniya’ da kanyon üzerinde yapılan sismik yansıma verilerinden sismik hıza bağlı olarak hesaplanan birim hacim ağırlık ve manyetik modellemeler gerçekleştirilmiştir (Godfrey ve ark., 1997). Gardner kuralına göre sismik hız ve birim hacim ağırlık modelinden yerçekimi algoritması oluşturulmuştur (Gardner ve ark., 1974; Parsons ve ark., 2001). Sıklıkla kullanılan bir bağlantı olan sismik hız değerlerinden yoğunluk değerinin hesaplanmasını ortaya çıkaran bir bağlantı türetilmiştir (Destici, 2001).

En çok kullanılan temel tipi olan sığ temel tipleri için kayma dalga hızına bağlı olarak taşıma gücü yaklaşımları gerçekleştirmiştir (Tezcan ve ark., 2006; Keçeli, 2009; Naimi ve Hrizi, 2019). Sismik dalga hızlarından enine dalga hızı ile yoğunluk arasındaki ilişkiler belirlenmiştir (Uyanık, 1991; Uyanık, 2002; Uyanık ve Çatlıoğlu 2010). Bunların dışında farklı zemin türleri için birim hacim ağırlığı tahmini olarak belirlemeye yönelik müsaade edilebilir sınırların tanımlandığı bir sınıflandırma yapılmıştır (Robertson ve ark.,1986).

Çalışma kapsamında değerlendirilen bilgiler ve literatür genel olarak irdelendiğinde, birim hacim ağırlık ve sismik dalga hızları arasındaki ilişkinin belirlenmesine yönelik pek çok araştırma çalışması gerçekleştirilmiştir. Ancak deneysel yöntemlerle elde edilen birim hacim ağırlık değerine en yakın

sonucu veren bağıntıya bir kat sayı atayarak yaklaşım gözlenmemiştir. Bu çalışmada bu eksikle yönelik bir çalışma yapılarak farklı bir bakış altında değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Teorik Bilgiler

Bu bölümde, çalışmanın çıkış noktasını oluşturan farklı birim hacim ağırlık değerlerini hesapladığımız çıkarım sistemlerine değinilmiştir.

Zemin mekaniğinde birim hacim ağırlık oldukça kullanışlı bir kavramdır. Öyle ki birim hacim değeri bilindiğinde taşıma gücü, oturma, şişme ya da sıvılaşma gibi birden fazla önemli geoteknik probleminin çözülmesinde katkısı olan temel parametredir.

Birim hacim ağırlık ifadesi için fizik uygulamalarından bakıldığında hacim tarafını kütle tarafına bağlayan matematiksel bir oran olduğu bilinmektedir.

Geoteknik mühendisliğinde ise önemli derecede yer tutan ve yaygın olarak kullanılan birçok birim hacim ağırlık çeşidi vardır.

Başlıcaları; doğal birim hacim ağırlık ve kuru birim hacim ağırlıktır. Çalışma kapsamında değerlendirilen deneysel sonuçlarda zemin problemlerinde fazla tercih edilen doğal birim hacim ağırlık metodundan elde edilen değerler kullanılmıştır.

Doğal zeminlerde birim hacim ağırlık değeri boşluklarda bulunan suyun miktarına ve mineral tanelerinin kendi yoğunluklarına bağlı olarak değişmektedir. Birim hacim ağırlık değerleri 1,0 gr/cm<sup>3</sup> ve 2,8 gr/cm<sup>3</sup> arasında değişim gösterdiği ifade edilmiştir (Holtz ve ark., 2010). Bunların dışında spesifik olarak farklı zemin türlerine karşılık gelen genel bir doğal birim hacim ağırlık değer aralıkları da kabul edilmiştir.

$$\gamma_{doğ} = \frac{W_{doğ}}{V_T} \quad (1)$$

Burada; birim hacim ağırlık  $\gamma_{doğ}$  birimi gr/cm<sup>3</sup>,  $W_{doğ}$  numunenin toplam kütesini birimi gr,  $V_T$  numunenin hacmini birimi ise cm<sup>3</sup> tür.

Jeofizik mühendisliği alanında sismik yöntemler yer bilimlerinde sıklıkla farklı ölçüm teknikleriyle kullanılmaktadır. Sismik saha uygulamalarında yapay olarak oluşturulan ses dalgaları sayesinde yer altı katmanlı yapısı araştırılmaktadır. Sismik yöntemlerde kaydedilen parametre, bir kaynaktan çıkıp alıcıya gelmesi için geçen zamandır. Sismik yöntemler zemin mühendislik parametrelerinin belirlenmesinde tahribatsız ve düşük maliyetli olması nedeniyle tercih edilmektedir. Ayrıca saha çalışmalarında pratik ve ön etüd raporlarında güvenilir sonuç vermesi sebebiyle sismik kırılma ya da Multichannel Analysis Surface Waves (MASW) yöntemi gerçekleştirilir.

Saha üzerinde direkt olarak uygulanan sismik kırılma veya MASW metoduyla zemin tabakalarında cisim dalgalarından birincisi olan boyuna dalga hızı (V<sub>p</sub>) elde edilmektedir. V<sub>p</sub>, düşük genlikli, kısa seyahat süresine sahip ve her türlü yer hareketinde ortaya çıkabilen bir birincil dalga hızıdır. Araştırmacılar tarafından çokça bağıntıya kaynak teşkil edebilecek V<sub>p</sub> dalga hızı değerinden amprik eşitlikler türetilmiştir. Özellikle birçok geoteknik denklemde değişken olan birim hacim ağırlık değerinin tespiti için çalışmalar yapılmıştır. Sonucunda ise V<sub>p</sub> hızı ile zeminin doğal birim ağırlığı ( $\gamma$ ) arasında birtakım değerlendirmeler belirlenmiştir. Çalışmanın veri değerlendirme aşamasında literatürde çoğunlukla kullanılan (3) nolu amprik bağıntıdan yararlanılmıştır (Tezcan ve ark., 2006).

$$\gamma_p = \gamma_0 + 0,002V_p \quad (2)$$

$$\gamma_p = 3,2V_p^{0,25} \quad (3)$$

Burada,

$\gamma_p$  boyuna dalga hızına bağlı olarak bulunan birim ağırlık gr/cm<sup>3</sup>,

$\gamma_0$  birim ağırlığın referans değeri gr/cm<sup>3</sup>,

V<sub>p</sub> boyuna dalga hızı m/sn' dir.

## Yöntem

### Veri Setinin Hazırlanması

Araştırmaya konu olan birim hacim değeri elde edilirken öncelikle jeolojik formasyon özellikleri ortak olan bir proje sahası seçilmiştir. Çalışma sahası bölgesel jeolojisi ortaya çıkarılmıştır. Jeoloji incelendiğinde stratigrafik kesitte; Üst Miyosen yaşlı, dolgu biriminin hemen altında Bakırköy Formasyonu özelliği taşıyan, sarımsı bej renkli, orta ince tabakalı karbonatlı killi, kireçtaşı birimlerin olduğu belirlenmiştir. Ardından hemen altında ise Güngören Formasyonu karakteristiğini yansıtan üst seviyelerinde kirli beyaz renkli maktrali kireçtaşı ara seviyeli, alt seviyeleri ise yeşilimsi mavi renkli, kum cepli kil ve marnlardan oluşan birimlerin olduğu gözlenmiştir.

Çalışma sahası sınırlarında farklı derinliklerde düşey hidrolik zemin sondajları yapılmıştır. Çalışmayı desteklemek amacıyla ve değerlerin korelasyonu için aynı saha üzerinde sismik araştırma yöntemlerinden Multichannel Analysis Surface Waves (MASW) ölçüm tekniği uygulanmıştır.

### Deneysel Çalışmalar

Zemin sondaj çalışmasından alınan örselenmemiş numuneler üzerinde İstanbul Aydın Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Laboratuvarı' nda (UD) birim hacim ağırlık deneyi standartlara uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Farklı derinliklere ait 43 adet zemin örneği üzerinde ayrı ayrı birim hacim ağırlık deneyleri gerçekleştirilmiştir. Numuneler ağırlığı ve hacmi bilinen bir kaba konularak tartılarak ve gerekli sayısal hesaplamalar yapılmış doğal birim hacim ağırlık değerlerine ulaşılmıştır.



Şekil 1. İnceleme sahası üzerinde gerçekleştirilen sondaj ve sismik çalışmalar

### Saha Çalışmaları

Jeofizik yöntemlerde, MASW ölçüm tekniği saha koşulları ve çalışma prensibine uygun olduğu neticesiyle seçilmiştir. MASW ölçülerinde 12 kanallı SARA marka sismik aleti ve 12 adet sinyal



çalıştırıcı olan 4,5 Hz' lik düşük frekanslı jeofon alıcı ekipmanları kullanılmıştır. Jeofonların serim aralıkları genellikle 2 m. veya 2,5 m., offset mesafesi de 2 m. veya 3 m. olarak seçilmiştir.

Kaynak olarak balyoz (8 kg) kullanılmıştır. MASW yöntemi uygulamasında düz ve ters atışlar ile veri toplanmıştır. MASW Kayıtları; 0,25 sn kayıt uzunluğu, 0,125 sn örnekleme aralığı ile alınmıştır. Veri işlem aşamasına geçildiğinde V<sub>p</sub>-V<sub>s</sub> sismik hız değerleri ve yerin dinamik, esneklik özelliklerini ortaya koymak amacıyla hesaplanmıştır. Çalışmada kullanılmak üzere sismik hızlardan deneysel birim hacim ağırlık değerlerine karşılık gelen her bir tabaka için yoğunluk değerleri elde edilmiştir.

### Sentetik Veri Türetme

Literatür çalışmasında Tezcan ve ark.,' nın yaptığı kabuller çerçevesinde yer alan birim hacim ağırlık değerleri kullanılarak bir sentetik zemin örnekleme veri tabanı oluşturulmuştur. Söz konusu değerlerin oluşturulmasında kullanılan ve asıl değişken tabakaları yansıtan jeolojik birimler olduğundan genel değer aralıklarını ifade eden değerler seçilmesine özen gösterilmiştir.

Çalışma kapsamında tümü aynı zemin tabakası seviyesinde olacak şekilde ölçülen ve türetilen verilerin tamamına ait birim hacim ağırlık değerleri elde edilmiştir. Literatür birim hacim ağırlık değerleri ve deneysel birim hacim ağırlık değerleri bağıntı (2) de referans birim hacim ağırlık olarak kabul edilmiş ve karşılığında boyuna dalga hızına bağlı olarak bulunan birim ağırlık ( $\gamma_p$ ) değerleri hesaplanmıştır. Ardından boyuna dalga hızından türetilen V<sub>p</sub>, birim hacim ağırlık değerleri bağıntı (3) ile hesaplanmıştır.

### BULGULAR VE TARTIŞMA

Jeolojik formasyon bilgilerinin zemin türleri ile paralel olduğu birim hacim ağırlık deneyleri ile ortaya konulmuştur. Bu bakımdan deney sonuçlarının genelinde zemin mühendislik özelliklerine bakıldığında bir tutarlılık sağlamaktadır. Diğer yandan ampirik yaklaşımlarla çıkan korelasyonların faydalı olduğu bilinmesine rağmen zemin mühendislik özelliklerini tahmin edilmesinde yetersiz kaldığı ifade edilebilir. Özellikle stratigrafinin karmaşık olarak tanımlandığı sahalar için ampirik hesaplarda beklenen değer altında ya da üstünde bir değer elde edinilebilir. Bu durumda yoruma katkı belirtmek için deneysel ve aritmetik olarak elde edilen sonuçlara bakıldığında deneysel olarak ölçülen değerlerin doğru olduğu kabulü yapılmıştır. Katsayı belirlenmesinde kullanılan verilerin doğru ve gerçeği yansıtır olduğu sonucun güvenilirliğinin sağlanmasında önem taşımaktadır. Formüllerle hesaplanan değerler ile laboratuvar çalışmalarıyla ölçülen değerlerin karşılaştırılması hata analizin temelini oluşturmaktadır. Bu nedenle birden fazla doğruluk ölçütü kullanılmasında fayda sağlamaktadır. Bu nedenle veri seti oluşturulurken farklı çalışma yöntemleri ile bir dizin oluşturulmuştur. Laboratuvar deneyleri, ampirik yaklaşımlar ve sismik çalışma yöntemleri gibi çeşitli metotlar ile elde edilen birim hacim ağırlık değerleri Çizelge 1' de gösterilmiştir. Buna göre Çizelge 1 üzerinde 43 adet (n) veri sayısına göre değerlendirme yapılmış olup sonuçları doğrultusunda regrasyon analizi ve standart sapma (s) hesaplanmıştır. Çizelge 1 de ilk sütunda laboratuvar deneyleri belirlenen  $\gamma_n$ , deneysel doğal hacim birim ağırlık değerleri bulunmuştur. İkinci sütunda bölgesel formasyon ile korelasyonu yapılan zemin türleri genelinde  $\gamma_{pl}$ , referans birim ağırlık değerleri oluşturulmuştur. Üçüncü sütunda ise arazide yapılan jeofizik uygulamalardan yararlanılmış olup, yatay olarak tabakalanmış, katmanlı jeolojik ortamların sismik hızlarından V<sub>p</sub>, boyuna dalga hızları hesaplanmıştır. Çizelgenin temelini oluşturan ilk üç sütun sayesinde her bir değere ait  $\gamma_p$ , boyuna dalga hızına bağlı olarak bulunan birim ağırlık değerleri oluşturulmuştur.

Çizelge 1. Farklı çalışma yöntemleri için birim hacim ağırlık değerleri

$\gamma_n$ t/m <sup>3</sup>	$\gamma_{nl}$ t/m <sup>3</sup>	V <sub>p</sub> m/s	$\gamma_p$ t/m <sup>3</sup>	$\gamma_p$ t/m <sup>3</sup>	$\gamma_p$ t/m <sup>3</sup>
2,304	1,70	562	3,428	1,707	1,509
2,059	1,70	1248	4,555	1,709	1,843
1,914	1,70	562	3,038	1,706	1,509
2,153	1,70	1248	4,649	1,709	1,843
1,972	1,70	581	3,134	1,706	1,522
2,083	1,80	650	3,383	1,807	1,565
2,110	1,80	858	3,826	1,808	1,678
2,049	1,60	450	2,949	1,606	1,428
1,805	1,80	959	3,723	1,807	1,725
1,988	1,60	753	3,494	1,607	1,624
2,070	1,80	942	3,954	1,808	1,717
1,811	1,70	607	3,025	1,706	1,539
2,141	1,70	729	3,599	1,707	1,611
2,044	1,70	878	3,800	1,708	1,687
2,051	1,70	488	3,027	1,706	1,457
1,991	1,70	558	3,107	1,706	1,507
2,014	1,70	807	3,628	1,707	1,652
1,995	1,60	412	2,819	1,606	1,397
2,018	1,70	443	2,904	1,706	1,422
2,004	1,80	650	3,304	1,807	1,565
2,113	1,70	950	4,013	1,708	1,721
2,310	1,70	573	3,456	1,707	1,517
2,122	1,70	769	3,660	1,707	1,632
1,965	1,70	537	3,039	1,706	1,492
2,045	1,70	705	3,455	1,707	1,597
2,201	1,70	821	3,843	1,708	1,659
1,930	1,70	2057	6,044	1,712	2,088
1,918	1,70	1855	5,628	1,711	2,034
1,951	1,70	1932	5,815	1,712	2,055
1,850	1,70	1406	4,662	1,709	1,898
1,970	1,80	1437	4,844	1,810	1,909
1,850	1,80	1500	4,850	1,810	1,929
1,980	1,80	1100	4,180	1,808	1,785
1,850	1,80	1400	4,650	1,809	1,896
1,945	1,80	1400	4,745	1,809	1,896
1,845	1,80	1580	5,005	1,810	1,954
1,900	1,80	1700	5,300	1,811	1,991
1,840	1,80	1535	4,910	1,810	1,940
1,850	1,80	1610	5,070	1,810	1,964

$\gamma_n$ , deneysel doğal hacim birim ağırlık,

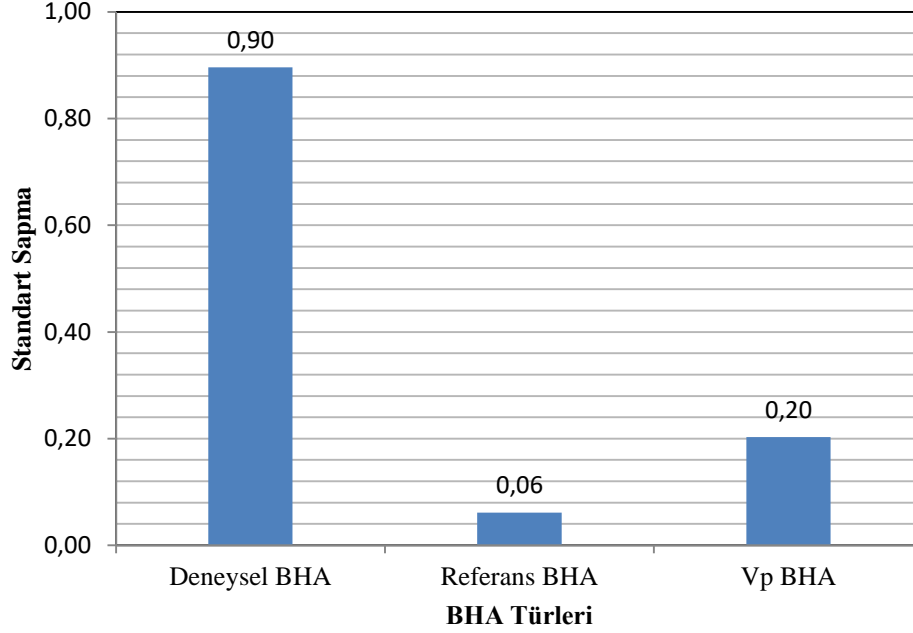
$\gamma_{pl}$ , referans birim ağırlık,

V<sub>p</sub>, boyuna dalga hızı,

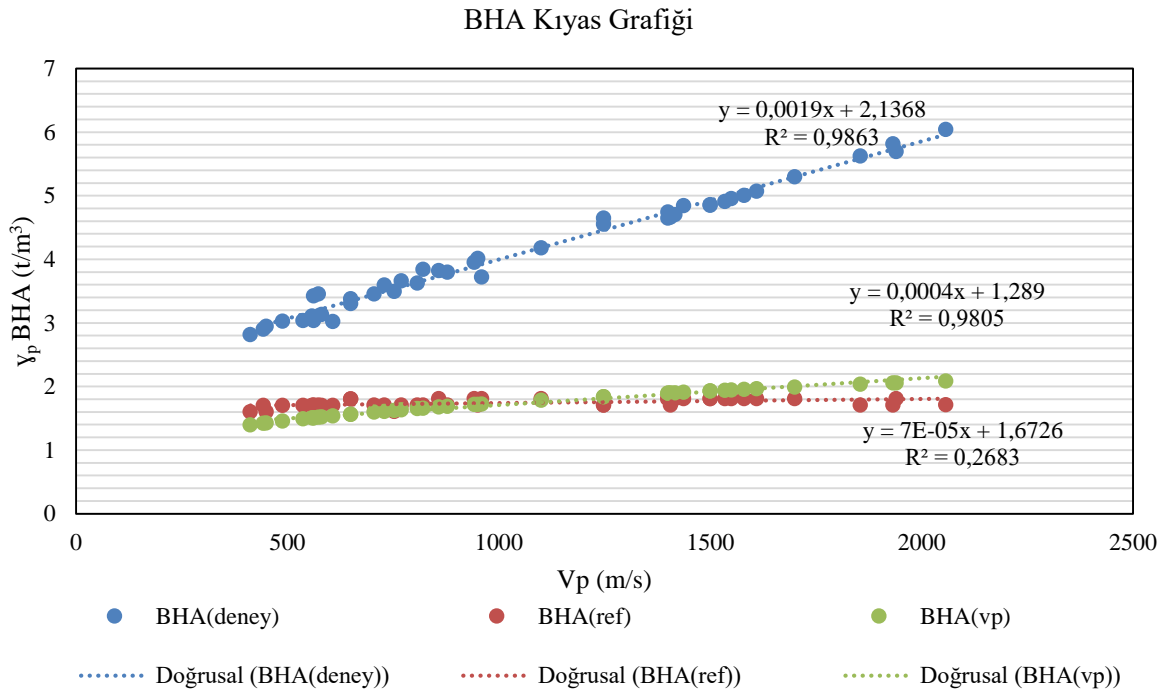
$\gamma_p$ , boyuna dalga hızına bağlı olarak bulunan birim ağırlık.

Şekil 2 üzerindeki standart hatalarına bakıldığında referans değerleri çok dar bir bantta yani veri değerlerinin birbirine çok yakın olduğunu desteklediğini ve değerler arasındaki farkın az olduğundan standart sapmanın düşük olduğu sonucu çıkarılabilir. Buna karşılık deney sonuçlarından elde edilen birim hacim ağırlık değerlerinin arasındaki fark büyük olduğundan ve ayırt edici özelliğinin yüksek

olduğu düşünülmüştür. Standart sapma değeri en yüksek deneysel birim hacim ağırlık sonuçlarından gelen değer olarak hesaplanmış ve Şekil 2’ de gösterilmiştir. Bu kriter de dahi değerlendirildiğinde referans değerler ile yapılan analizde stratigrafiyi göz önünde bulundurmadığından sığ değerlerde çalışılmasının sonuçlar için belirsizlik oluşturacağı düşünülebilir.



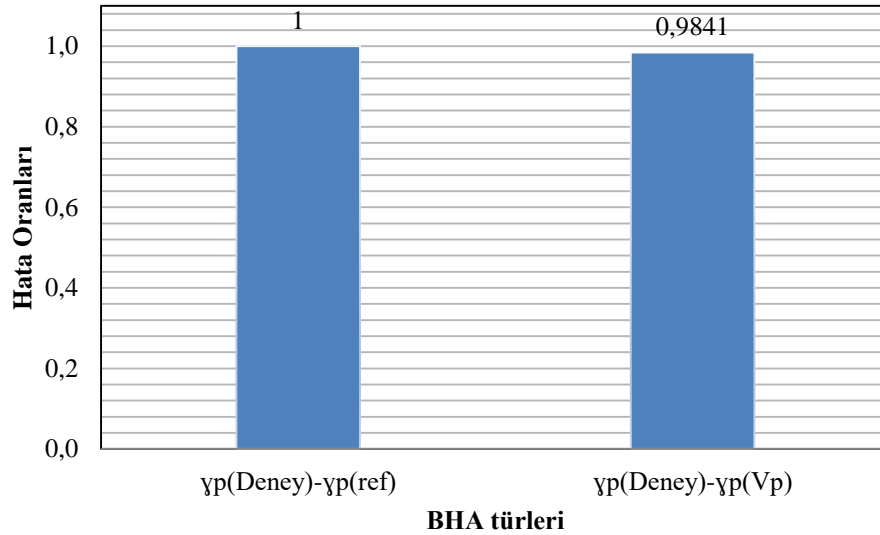
Şekil 2. Hesaplanan Birim hacim ağırlık türleri için (s) değeri grafik gösterimi



Şekil 3. Regresyon analiz denklemleri karşılaştırması (Bağıntı 3 için)

Bazı değişkenlerinin birim hacim ağırlığı üzerinde etkisinin belirlenmesi amacıyla regresyon analizleri yapılmıştır. Regresyon analiz denklemleri ile tahmin yaklaşımının en önemli ögesi, uygun bağıntıyı geliştirildikten sonra kullanımının son derece kolay ve pratik olmasıdır. Regresyon analizi

belirlenirken tüm metotlarla oluşturulan  $\gamma_0$  türleri için, ortak parametre olarak kullanılan V<sub>p</sub> değerinden ve bağıntı (3) (Tezcan ve ark., 2006) ile hesaplanan  $\gamma_p$  değerleri karşılaştırılması doğrusal olarak elde edilmiş ve Şekil 3' de gösterilmiştir. Değerler incelendiğinde, beklenildiği gibi deneysel birim hacim ağırlık değerleri için en kuvvetli ilişkiyi ifade eden bağıntıya sahip olduğu söylenebilir. En düşük ilişki ise referans değerlerinden türetilen birim hacim ağırlık değerleri için hesaplanmıştır. Bunun sebebi olarak ise zemin türüne göre tercih edilecek referans birim hacim ağırlık değerleri için bir aralık belirtildiğinden ve bu sonucun analitik yöntemlerde bir dezavantaj olduğu tespiti ortaya çıkartılabilir. Sonucu destekler nitelikteki sayısal değerler standart sapma grafiğinde Şekil 2 üzerinde görülmektedir. Bu çalışmada geliştirilen analizde deneysel birim hacim ağırlık değerlerinin güvenilirliğinin yüksek olduğu görülmüştür. Geliştirilen regresyon denklemleri arazi şartları değiştikçe yeni ölçülen verilerle revize edilebilir.



Şekil 4. Birim hacim ağırlık hata oranları karşılaştırması

Yukarıda yer alan çalışmaların sonucunda laboratuvarında gerçekleştirilen deney sonuçları ve literatürde sıklıkla kullanılan değerlere bakıldığında, kolaylığı bakımından ve hızlı olarak sonuç vermesi açısından denklem 3 için (a) kat sayısı tanımlanmıştır. Kat sayı tahmin probleminde sonuçları değerlendirirken farklı hata ölçüm yaklaşımlarının değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu makalede 3 farklı değerlendirme kriteri kullanılarak ve ortaya çıkan sonuçlar irdelenerek denklem (4) oluşturulmuştur. Ancak bir türetilen denklemin belirginlik katsayısının bağıntı (3) den yüksek olması, o denklemin kesin olarak diğerlerinden daha başarılı tahmin yaptığı anlamına gelmemektedir arazi stratigrafisinin ayrıca değişkenlik kattığı bir hata payı olarak dikkate alınmaktadır.

$$\gamma_p = 3,2V_p^{0,25} (a) \quad (4)$$

Bağıntı (4) üzerinde tanımlanan a katsayısı oluşturulurken deneysel birim hacim ağırlık sonuçları ve sismik dalga hızından elde edilen birim hacim ağırlık sonuçları arasında regresyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda a katsayısının karşılığı 1,02 olarak elde edilmiştir. Katsayının beklenen değeri karşılması için farklı deneysel sonuçlarla da performans kıyaslaması yapılmış ve uyumluluk açısından deneysel değerlere yakın değerleri hesapladığı sonucu çıkmıştır. Bağıntı

performans değerlendirmesi yapılırken güzergah bölgede yapılmış çalışmalar kaynak olarak kullanılmıştır. Çalışılan sahada çok değişken zonlar bulunmadığından bağıntı genel performansa fazla bir etkisi olmamaktadır.

$$\gamma_p = 3,2V_p^{0,25} (1,02) \quad (5)$$

Yeni kat sayı ile oluşturulan bağıntı uyum olarak bakıldığında deneysel yöntemlerle elde edilen sonuçlara yakın bir değer oluşturduğundan analitik hesaplara katkısı olabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışmada kullanılan değişkenli regresyon tekniği, öne çıkan ve bağıntı modele dahil edilmesi gereken tasarım katsayı parametrelerinin tespiti konusunda arazi uygulamalarının hızlı yapılmasına yardımcı olacaktır. Ancak belirtilmelidir ki, bu araştırma kapsamında geliştirilen bağıntı veri setinden elde edilen değerler için geçerlidir. Değerler farklı jeolojik formasyona sahip bölgelerde yapılacak arazi sismik etütlerle ve sondaj çalışmalarıyla elde edilen numuneler üzerinde yapılacak birim hacim ağırlık deneyleri ile genişletilebilir. Bu sayede katsayı atanarak ortaya çıkartılan yeni bağıntının (bağıntı 5) güvenilirliği tekrar edilebilir ve veri seti de genişletilebilir.

## SONUÇ

Birim hacim ağırlık değeri zemin mekaniği alanında en yaygın kullanılan değişkendir. Birçok metot ve yaklaşım ile sonuca ulaşmak mümkündür. Güvenilirliği açısından başlıca tercih edilen hesap yöntemi laboratuvar ortamında deneysel olarak gerçekleştirilen çalışmalardır. Ancak bu değer laboratuvar çalışmalarıyla belirlenmesi zaman ve maliyet açısından diğer tespit yöntemlerine kıyasla oldukça fazladır. Ampirik hesap yöntemlerinden en çok kullanılan V<sub>p</sub> hızından türetilen yaklaşımdır. Makale çalışmasında farklı istatistiksel analiz yöntemlerinden çıkan ifadelerin karşılaştırılması yapılmıştır. Devamında ise söz konusu bağıntıya sismik dalga hızından elden edilen birim hacim ağırlık sonuçlarına en yakın değere ulaştıracak bir kat sayı ataması yapılmıştır. Elde edilen yeni bağıntının uyumuna bakılmış olup, deneysel sonuçlara yakın olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar ışığında türetilen yeni bağıntının referans değerlerinden hesaplanan bağıntı için hızlı çözüm sunacağından elde edilen birim hacim ağırlık değerinin %80 mertebesinde desteklediği belirlenmiş ve artan deneysel verilerle birlikte doğruluğunu arttıracığına işaret etmektedir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmada deneysel çalışmalara katkılarından dolayı İstanbul Aydın Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Laboratuvar çalışanlarına teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

- Akhter G, Khan Y, Bangash A. A, Shahzad F, Hussain Y, 2018. Petrophysical Relationship For Density Prediction Using V<sub>p</sub> - V<sub>s</sub> İn Meyal Oilfield, Potwar Sub-Basin, Pakistan Geodesy and Geodynamics, 9(2): 151-155.
- Bailey T, 2012. An empirical V<sub>p</sub>/V<sub>s</sub> shale trend for the Kimmeridge Clay of the Central North Sea 74th EAGE Conference - Exhibition Incorporating SPE EUROPEC. Copenhagen, Denmark., 4-7.
- Christensen NI, Mooney WD, 1995. Seismic Velocity Structure and Composition of The Continental Crust: A Global View, J. Geophys. Res. 100: 9761-9788.
- Çelik S. B., 2018. Karbonat Kayalarının Aşınma Dirençlerinin Geniş Disk Aşınma Deneyi ile Araştırılması, FU. Müh. Bil. Dergisi 30(1): 303-310.
- Destici C, 2001. Sismik Dalga Hızları ile Dinamik ve Statik Parametrelerin İlişkilendirilmesi, SDÜ MMF Jeofizik Müh. Böl. Lisans Tezi, Isparta (Basılmamıştır).



- Durrani M.Z.A, Talib M., Ali A, 2020. Characterization and probabilistic estimation of tight carbonate reservoir properties using quantitative geophysical approach: a case study from a mature gas field in the Middle Indus Basin of Pakistan. *J Petrol Explor Prod Technol*.
- Dinç BK, 2017. Zeminin Taşıma Gücünün Belirlenmesi İçin Bir Yaklaşım. İstanbul Aydın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Gardner GHF, Gardner LW, Gregory A R, 1974. Formation Velocity and Density-The Diagnostic Basics for Stratigraphic Traps, *Geophysics* 39: 770-780.
- Keçeli DA, 2009. Uygulamalı Jeofizik. TMMOB JFMO Eğitim Yayınları.
- Ludwig WJ, Nafe JE, Drake CL, 1970. Sismik Kırılma, Deniz, Wiley-Interscience, 4(1): 53-84.
- Martinez RD, 1985. Deterministic Estimation of Porosity and Formation Pressure From Seismic Data: 58th Ann. Internat. Mtg., Soc. Explor. Geophys., Expanded abstracts, Washington D.C.
- Naimi S, Hrizi H, 2019. Risk Analysis of Slaving Floor in Construction Sites, *International Journal of Electronics, Mechanical and Mechatronics Engineering*, 9(1): 1637-1645.
- Olorunubi O, Butt S, 2020. The Shear-Wave Velocity Prediction For Sedimentary Rocks, *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 76: 103084.
- Parsons T, Blakely RJ, Brocher TM, 2001. A Simple Algorithm for Sequentially Incorporating Gravity Observations in Seismic Travel Time Tomography, *International Geology Review* 43: 1073-1086.
- Robertson PK, Hughes JMO, 1986. Determination of Properties of Sand From Self-Boring Pressuremeter Tests. Proc. 2nd. Symp. on Pressuremeter and Its Marine Applications, ASTM SPT 950: 443-457.
- Telford WM, Geldart LP, Sheriff RE, Keys DA, 1976. *Applied Geophysics*, Cambridge University Press, Cambridge, U.K.: 860.
- Tezcan SS, Keceli A, Ozdemir Z, 2006. Allowable Bearing Capacity of Shallow Foundations Based on Shear Wave Velocity, *J. of Geotech. and Geological Eng.* 24: 203-218.
- TS17892-1-2-3-4-5, 2007. Geoteknik Etüt ve Deneyler, Zemin Laboratuvar Deneyleri. Bölüm 7: İnce Taneli Zeminlerde Tek Eksenli Basınç Deneyi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Uyanık O, 2002. Kayma Dalga Hızına Bağlı Potansiyel Sıvılaşma Analiz Yöntemi, DEU Fen Bilimleri Enstitüsü, s.176, İzmir-Türkiye.
- Uyanık O, 2011. The Porosity of Saturated Shallow Sediments from Seismic Compressional and Shear Wave Velocities, *Journal of Applied Geophysics*, 73(1): 16-24.
- Uyanık O, Çathıoğlu B, 2010. Determination of Density from Seismic Velocities, The 19th International Geophysical Congress and Exhibition of Turkey 23-26 November. Ankara.
- Uyanık O, 2010. Compressional and Shear-Wave Velocity Measurements in Unconsolidated The Top-Soil and Comparison of The Results. *International Journal of The Physical Sciences*, 5(7): 1034-1039.
- Yurtsever Ç. 1976. The Structural Organisation of Elements Master Thesis, Selçuk University, Konya.

## Yeni Tip Sülfonlanmış Poliimid Membranlı Yakıt Hücreleri ve Uygulamaları

Aslıhan Aycan TANRIVERDİ<sup>1\*</sup>, Ümit YILDIKO<sup>1</sup>, İsmail ÇAKMAK<sup>1</sup>

**ÖZET:** Yakıt hücreleri alanında kullanılan sülfonlanmış poliimidler ve uygulamaları hakkında birçok teoriksel ve deneysel çalışmalar bilim insanları tarafından yapılmıştır. Çeşitli yöntemlerle sülfonlanmış poliimidlerin farklı varyasyonları bulunmuş ve yakıt hücresi olarak kullanımında düşük maliyette yüksek performans sergilemesi amaçlanarak aşağıda anlatılan çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Çalışmalarda yakıt hücresi uygulamaları için değişen kimyasal yapıya sahip yepyeni sülfonlanmış poliimidler sentezlenmiş ve karakterize edilmiştir. Çalışmalarda genellikle yakıt hücresinin; membranın imidizasyonu, termal kararlılığı, su alımı, iyon değişimi kapasitesi, proton iletkenliği, hidrolitik ve oksidatif kararlılıkları gibi performansını etkileyecek özellikler incelenmiştir. Aynı zamanda, düşük maliyette, yüksek proton iletkenliği ile sülfonlanmış poliimid membranın yakıt hücresi için bir polimer elektrolit membran olarak kullanılmak üzere uygun hale getirilmesi amaçlanmıştır. Derleme çalışmamızda bu yeni materyallerin yakıt hücresi kullanımları araştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Sülfonlanmış poliimid, yakıt hücreleri, proton değişim membranlar.

## New Type Sulfonated Polyimide Membrane Fuel Cells and Applications

**ABSTRACT:** Many theoretical and experimental studies on sulfonated polyimides and their applications used in the field of fuel cells have been done by scientists. Different variations of sulfonated polyimides with various methods have been found and the studies described below have been carried out with the aim of providing high performance at low cost in use as fuel cells. In studies, brand new sulfonated polyimides with varying chemical structure for fuel cell applications have been synthesized and characterized. In studies, generally fuel cell; The properties that will affect the performance of the membrane such as imidization, thermal stability, water uptake, ion exchange capacity, proton conductivity, hydrolytic and oxidative stability have been investigated. It is also intended to make the sulphonated polyimide membrane at low cost with high proton conductivity suitable for use as a polymer electrolyte membrane for the fuel cell. In our review study, fuel cell uses of these new materials were investigated.

**Key Words:** Sulfonated polyimide, fuel cells, proton exchange membranes.

<sup>1</sup> Aslıhan Aycan TANRIVERDİ (Orcid ID: 0000-0001-5811-8253), Ümit YILDIKO (Orcid ID: 0000-0001-8627-9038) İsmail ÇAKMAK (Orcid ID: 0000-0002-3191-7570), Kafkas Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Kars, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Aslıhan Aycan TANRIVERDİ, e-mail: t.aslihanaycan@gmail.com

Geliş tarihi / Received: 03-05-2020

Kabul tarihi / Accepted: 18-06-2020

## GİRİŞ

Yakıt hücresi (FC) teknolojisi, enerji krizi ve çevre kirliliğinin küresel sorunlarına uygun bir çözümdür (Liaqat ve ark., 2018; Voss ve Huff, 1997; Heinzl ve ark., 1998). Membran teknolojisi ise ek kimyasalların yardımı olmadan ve çok düşük enerji kullanımıyla çalıştığı için son yıllarda muhteşem bir ayırma teknolojisi haline gelmiştir (You ve ark., 2019; Ladewig ve Al-Shaeli, 2017). Kimyasal enerjiyi doğrudan elektriğe dönüştüren polimer elektrolit membran yakıt hücreleri (PEMFC) ve doğrudan metanol yakıt hücreleri (DMFC), yüksek verimlilik, çevre dostu olma ve sessiz çalışma gibi cazip avantajlara sahiptir (Song ve ark., 2014; Hickner, ve ark., 2004; Steele ve Heinzl, 2001; Rikukawa ve Sanui, 2000; Higashihara ve ark., 2009). Farklı yakıt hücreleri türleri arasında proton değişim membranı yakıt hücreleri (PEMFC) taşınabilir cihazlar, yakıt hücresi araçları, sabit ve portatif güç uygulamaları için en umut verici ve temiz enerji kaynağıdır (Liaqat ve ark., 2018; Song ve ark., 2014; Xiao ve ark., 2005; Li ve ark., 2003; Hogarth ve ark., 2005). PEMFC'lerin önemli bir bileşeni olarak proton değişim membranları (PEM), PEMFC sistemlerinde bir anot ve katot arasında bir proton iletkeni ve yakıt ayırıcısı olarak işlev görür (Hickner, ve ark., 2004; Lin ve ark., 2012; Heinzl ve Barragán, 1999). Yani, PEM'ler anottaki kimyasal reaksiyonları kimyasal ve elektronik olarak katottan ayırma potansiyeline sahip olmalıdır. Bunun yanında protonun serbest dolaşımının kolaylaştırılması, yakıt hücresi membranının ana özelliğidir (Liaqat ve ark., 2018). Polimer elektrolit yakıt hücrelerindeki (PEFC) anahtar bileşen PEM, PEFC'lerin performansını ve dayanıklılığını arttırmak için PEM'lerin daha yüksek proton iletkenliği, daha yüksek kimyasal ve fiziksel kararlılık ve daha düşük gaz geçirgenliği gibi daha iyi özelliklere sahip olması gerekir (Ito ve ark., 2018; Rozière ve Jones, 2003; Hickner ve Pivovar, 2005; Zhang ve Shen, 2012). 2015 yılı itibariyle büyük otomobil şirketleri tarafından yakıt hücresi elektrikli araçların ticarileştirilmesiyle ilgili son duyuru, dayanıklı ve uygun maliyetli yakıt hücresi malzemelerinin araştırılmasını ve geliştirilmesini teşvik etmiştir. En son teknoloji PEM'ler, asılı perflorosülfonik asit gruplarına sahip bir perfloro karbon polimer ana zincirden oluşan perflorosülfonik asit (PFSA) polimerleridir (Miyatake ve ark., 2012; Fujimura ve ark., 1982; Grady, 1999). PFSA'lar yüksek proton iletkenliklerinin yanı sıra kimyasal ve termal stabiliteleri nedeniyle PEFC'ler için en yaygın elektrolit olarak kullanılır (Kabasawa ve ark., 2009; Aoki ve ark., 2005; Aoki ve ark., 2006). Bununla birlikte yüksek üretim maliyeti ve çevresel uyumsuzluk bu tür perfloranmış malzemeler için sorun olmaya devam etmektedir. Sentetik karmaşıklık ve zorluk nedeniyle tedarikçiler Du Pont (Nafion), Asahi Kasei (Aciplex), Asahi Glass (Flemion) ve Solvay Solexis (Aquivion) ile sınırlıdır (Hickner, ve ark., 2004; Miyatake ve ark., 2012; Miyatake ve Watanabe, 2005). Günümüzde Nafion, Aciplex ve Flemion yakıt hücrelerinde pratik olarak kullanılan tipik perfloro polimer membranlardır (Akbarian-Feizi ve ark., 2010; Miyatake ve ark., 2003). Her ne kadar Nafion gibi perflorlu sülfonik asit (PFSA) alifatik polimerler, mükemmel proton iletkenliği ve dayanıklılığı nedeniyle PEM'ler için yaygın kullanılsa da, PFSA membranları düşük termal stabiliteleri ve yüksek gaz geçirgenliklerinin yanı sıra çevresel uyumsuzluk ve yüksek üretim maliyeti gibi kritik sorunlara (Ito ve ark., 2018; Saito ve ark., 2010; Yamazaki ve ark., 2012; Kins ve ark., 2014; Sheng ve ark., 2014) ve 80 °C üzerindeki sıcaklıklarda dehidrasyona eşlik eden çeşitli dezavantajlara sahiptir (Liaqat ve ark., 2018). Bu nedenle florlanmamış alternatif proton iletken membranlar arzulanmıştır (Ito ve ark., 2018; Miyake ve ark., 2015; Lee ve ark., 2015). Yüksek sıcaklıkta çalışabilen düşük maliyetli ve kararlı membranın geliştirilmesi bu nedenle bir önceliktir. Alifatik polimer zincirleri yakıt hücrelerinde karşılaşılan yüksek derecede oksidatif ortamda kararlı olmadığından alternatif membranların çoğu aromatik polimerlerdir. Aromatik polimerler içsel olarak proton iletkenler değildir, iletken olmalarını

sağlamak için ya katkılı ya da fonksiyonel hale getirilmelidir. Sülfonik asidin aşılınmasıyla fonksiyonelleştirme artık genel olarak tercih edilmektedir (Liaqat ve ark., 2018; Zhang ve Shen, 2012).

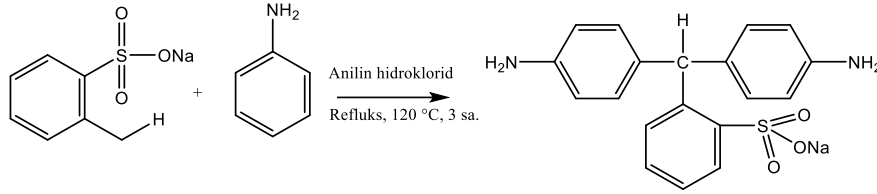
### **Yakıt Hücresi Uygulamaları için Alternatif Malzemeler**

Alternatif malzeme olarak düşük maliyetli ve yüksek performanslı polimerler aramak bu alandaki temel amaçtır. Bu amaçla çok sayıda sülfonlanmış hidrokarbon polimeri araştırılmış ve bunlar arasında sülfonlanmış poliarilenetersülfon (SPAES) ve sülfonlanmış poliimidler (SPI) özellikle PEMFC uygulaması için en umut verici membran malzemeleri olarak tanımlanmıştır (Akbarian-Feizi ve ark., 2010; Bi ve ark., 2010; Shao ve ark., 2009; Shao ve ark., 2009). SPAES monomer mevcudiyeti, iyi mekanik mukavemet, yüksek kimyasal ve termal kararlılığa sahiptir, fakat yüksek sülfonasyon derecesinde yüksek SPAES derecesi daha fazla PEFC veya DMFC uygulamasını sınırlayan dezavantajı da vardır (Bi ve ark., 2010; Shao ve ark., 2009; Kim ve ark., 2004; Yin ve ark., 2006). SPI'ların ise poliimid (Hidrasyon koşulu sırasında elektrolit ile doldurulmuş olsa bile şişmez, inerttir, metanole geçirgen değildir, elektronik aletler için sıkça kullanılmaktadır, ısıya dayanıklıdır (-269 ile +400 °C) (Nguyen ve ark., 2009.) ile benzerliğinden dolayı yüksek mekanik, termal ve kimyasal mukavemete sahiptir (Liaqat ve ark., 2018; Liaw ve ark., 2012). Ayrıca, SPI'lar düşük yakıt geçişi ve iyi film oluşturma yetenekleri ile bilinmektedir (Chen ve ark., 2009; Yin ve ark., 2006). Bu nedenle Nafion'a olası alternatif membranlar olarak önerilen çok sayıda polimer ailesi arasında SPI'ların PEM olarak kullanımı için potansiyel bir aday olduğu düşünülmektedir. Sülfonik asit grubunun bulunması SPI'ları hidrofilik hale getirir. Tüm bu özellikler SPI'leri Nafion'un yerine koymaktadır. SPI esaslı membranların ana dezavantajlarından biri, yakıt hücresi çalışma koşulları altında hidroliz eğilimleri olup 130 °C'de 200 saatlik testen sonra makro moleküllerin ortalama uzunluğunda dört kat azalmaya neden olmalarıdır. Bu da membranın mekanik özelliklerini bozar (Liaqat ve ark., 2018). SPI'ların diğer dezavantajları, hidrokarbon membranlar perflorosülfonik iyonomer (PFSI) bağlayıcı arasındaki farklı yüzeyler tipik olarak düşük uyumluluğa neden olarak membran elektrot düzeneği (MEA) kararsız ara yüzeyler oluşturmaları, yakıt hücresi çalışma koşulları altında zayıf dayanıklılıkta olması (Lin ve ark., 2012; Lee ve ark., 2009) ve proton iletkenliğinin neme, hidrolitik ve oksidatif bozunma duyarlılığına önemli ölçüde bağımlı olmasıdır (SPI'lar genellikle PFSA'lara kıyasla çok daha higroskopik olduğundan ve daha fazla su emdiğinden mekanik dayanıklılık, sık nem değişikliklerinin söz konusu olduğu pratik yakıt hücresi çalışma koşullarında bir sorun olabilir.) (Miyatake ve ark., 2012; Huang ve ark., 2006). Oldukça aşındırıcı, tahriş edici çözücüler endüstriyel SPI üretimini sınırlar. Bu nedenle, SPI'leri hazırlamak için düşük zehirliliğe sahip tahriş edici olmayan bir çözücü bulmak daha iyidir (Zhang ve ark., 2020). Sülfonlanmış poliimid ince filmlerde yüksek proton iletkenliğinin kökenini açıklamak için, düzlemsel ve bükülmüş ana zincire sahip dört sülfonlanmış poliimid araştırılmıştır (Nagao ve ark., 2019). Bu dezavantajları iyileştirmek, SPI'ların yüzey modifikasyonu, substratın bileşimini bozmadan materyallerin yüzey özelliklerini düzenlemenin etkili bir yolu ile (Asadullah ve ark., 2020) performansı yükseltmek ve maliyeti düşürmek amacıyla bilim adamları birçok çalışmalar yapmışlardır. Çalışmaların her biri SPI yakıt hücrelerinin değişik uygulamalarda kullanılabilmesini teorik ve deneysel olarak desteklemiştir. Bu çalışmalardan bazıları incelenip bu makalede sunulmuştur.

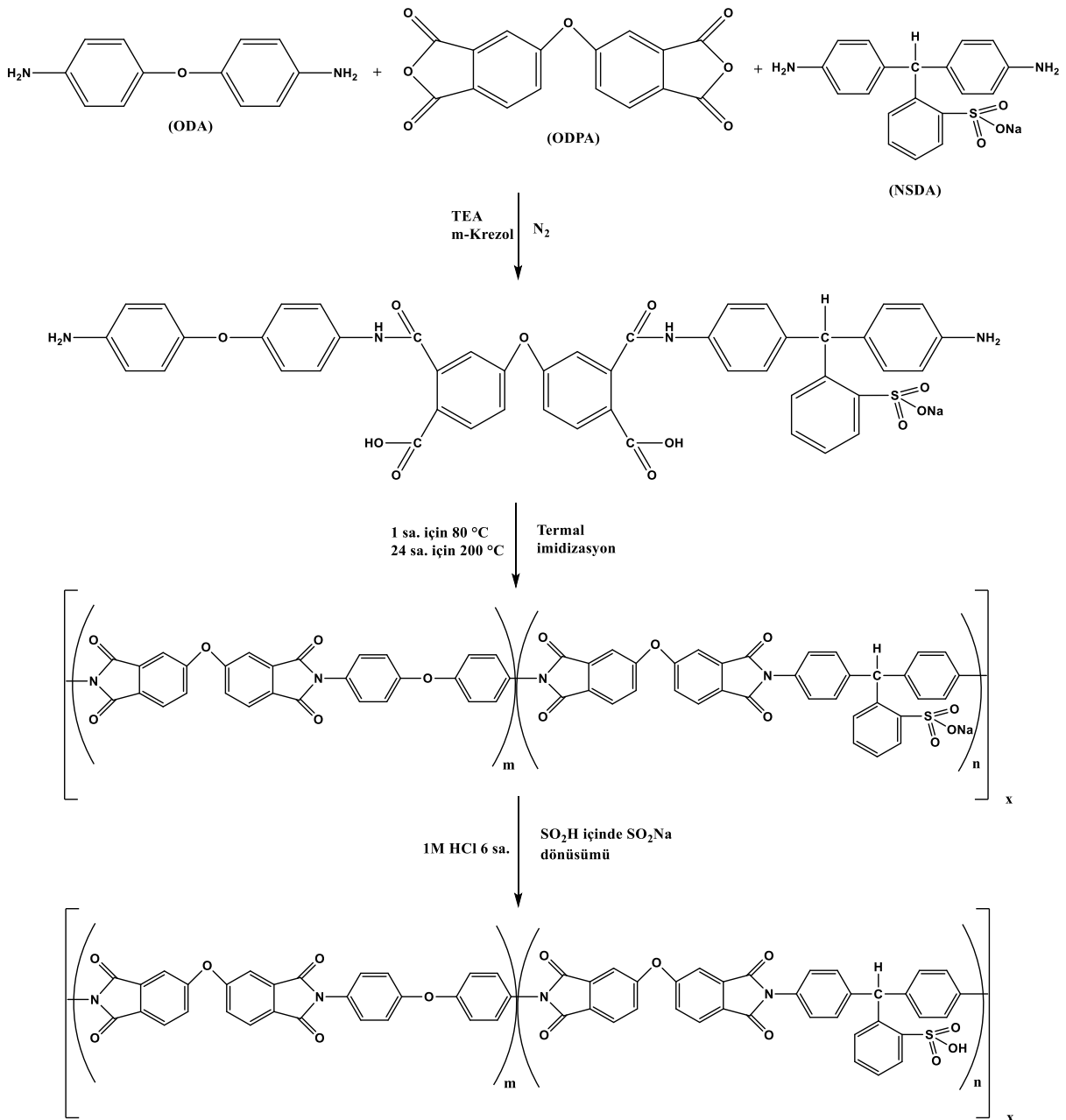
### **Değişen kimyasal yapıya sahip yeni sülfonlanmış poliimid**

Liaqat ve ark., 2018 yakıt hücresi uygulamaları için değişen kimyasal yapıya sahip yeni sülfonlanmış poliimidin sentezi ve karakterizasyonunu gerçekleştirdiler. Çalışmada, Yeni bir sülfonlanmış diamin (NSDA) olan sodyum 2-(2,3-bis (4-aminofenil) propil) benzen sülfonat (APBS) sentezlendi ve <sup>13</sup>C NMR ile karakterize edildi (şekil 1 (B)). NSDA ile birlikte 4,4'-oksidianilin (ODA) ve 4,4'-oksidifalik anhidrit (OPDA), yeni sülfonlanmış poliimid (NSPI) ince filmin, iki aşamalı klasik

yöntemle ((1) öncü sülfonlanmış poli (amik asit) (SPAA) sentezi; (2) SPAA filminin termal imidizasyonu.) rastgele kopolimerizasyon işlemi yoluyla, sentezi için kullanıldı. Asılı sülfonik asit grubuna sahip yeni sülfonlanmış poliimid (NSPI), bu yeni NSDA'nın kullanılmasıyla üretildi (şema 1,2) (Liaqat ve ark., 2018).



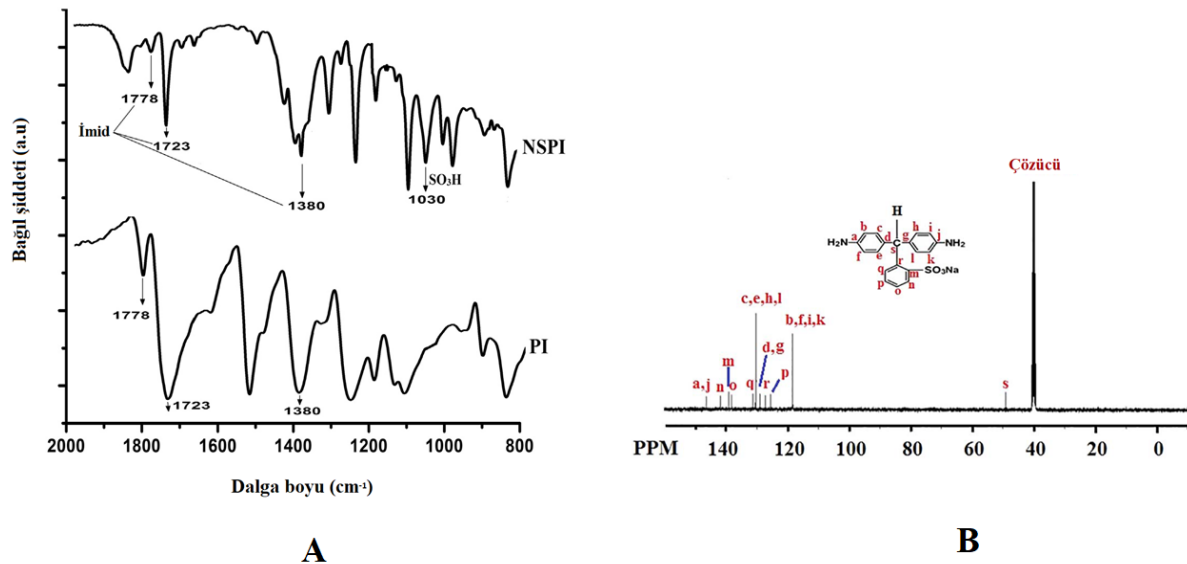
Şema 1 NSDA'nın sentezi.



Şema 2. Polimerizasyon sürecinin şematik gösterimi (Liaqat ve ark., 2018).



Yeni NSPI membranının imidizasyonu FTIR spektroskopisi ile doğrulandı (şekil 1 (A)). Termal kararlılık, su alımı, iyon değişim kapasitesi, hidrolitik ve oksidatif kararlılıklar da incelendi. 110 °C'de bile nispeten yüksek proton iletkenliği, bu SPI membranını yakıt hücresi için bir polimer elektrolit membran olarak kullanılmak üzere uygun hale getirildi. NSPI'ler, NSDA/ODA (10/90), mükemmel film oluşturma kabiliyeti nedeniyle, tek hücreli DMFC performansını, 28.7 mW cm<sup>-2</sup> güç yoğunluğunu ve 275 mA cm<sup>-2</sup> akım yoğunluğunu incelemek için kullanıldı (tablo 1, tablo 2, şekil 2) (Liaqat ve ark., 2018).



Şekil 1. (A) NSPI'nin poliimide (PI) karşı FTIR analizi (B) ECH grubuna bağlı NSDA'nın 13C NMR'si (Liaqat ve ark., 2018)

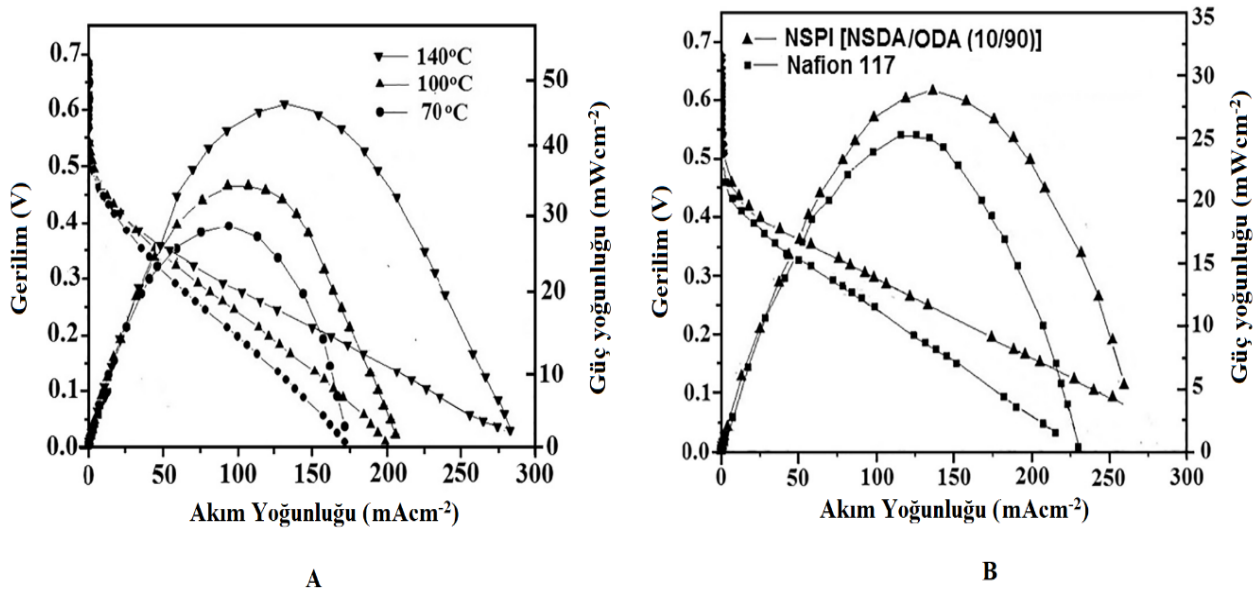
**Çizelge 1.** Yeni sülfonlanmış diaminin değişen içerikleri olan yeni sülfonlanmış poliimidlerin su alımı (WU), iyon değiştirme kapasitesi (IEC), şişme oranı, iyonik bölge başına düşen su moleküllü sayısı ( $\lambda$ ) ve NSPI'nin film oluşturma kabiliyeti (FFA), oksidatif ve hidrolitik stabilitesi (Liaqat ve ark., 2018).

Özellikler	Membran		
	NSDA/ODA(10/90)	NSDA/ODA(30/70)	NSDA/ODA (50/50)
WU <sub>a</sub> (%)	31.06	35.02	38.21
IEC <sub>b</sub> (meq/g)	1.08	1.20	1.25
Şişme oranı <sub>c</sub> $\lambda$ (%)	3.57	3.60	3.62
FFA	11.50	16.10	24.12
Oksidatif kararlılık <sub>d</sub> $\tau_1$ (h)	25	28	32
Oksidatif kararlılık <sub>d</sub> $\tau_2$ (h)	36	41	50
Hidrolitik kararlılık <sub>e</sub> (kayıp %) Weight IEC	1.081.25	0.901.10	0.780.92

<sub>a</sub> 24 saat boyunca 35 °C'de damıtılmış suda. <sub>b</sub> Ölçülen değer. <sub>c</sub> 65 °C'de ölçüldü. <sub>d</sub> Fent'n reaktifinde (% 30 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> içinde 30 ppm FeSO<sub>4</sub>). <sub>e</sub> Membranların çözülmeye başladığı genişletilmiş zaman. <sub>f</sub> Membranların çözünme süresi. <sub>g</sub> 140 °C'de 192 saat muamele edildi (Liaqat ve ark., 2018).

**Çizelge 2.** [NSDA / ODA (10/90)] (NSPI)'nin mekanik özellikleri (Liaqat ve ark., 2018).

Özellikler	NSPI				
İslatma süresi (h)	0	100	200	300	400
Young Modülü (GPa)	2.5	2.49	2.48	2.45	2.44
Maksimum stres (MPa)	160	155	154	152	151
Kopma anındaki uzama (%)	20	19	17	16	16



Şekil 2. (A) 70 °C, 100 °C ve 140 °C'de [NSDA / ODA (10/90)] filmin Performans Eğrisi. (B) [NSDA / ODA (10/90)] ve Nafion® 117 membranlarının 70 °C'de Performansının Karşılaştırılması (Liaqat ve ark., 2018).

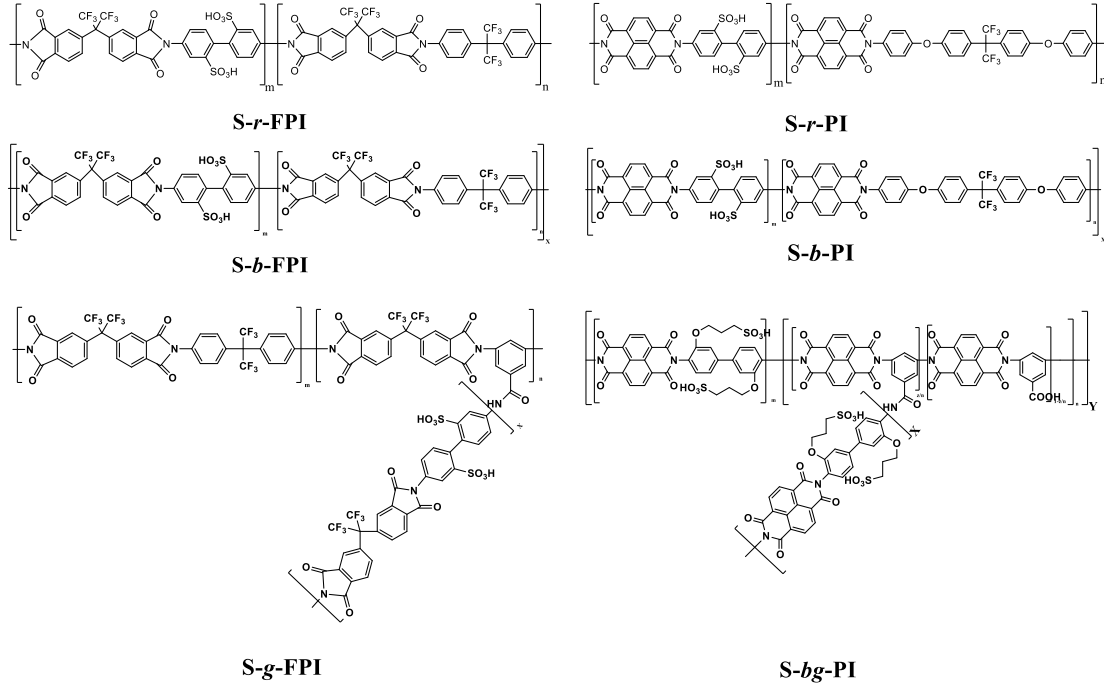
### Sülfonlanmış poliimid nanofiber çerçeve

Ito ve ark., 2018 sülfonlanmış poliimid nanofiber çerçeve: İç proton iletkenliğinin değerlendirilmesi ve yakıt hücreleri için kompozit membranlara uygulanması üzerine çalıştılar. Bu çalışmada, bir dizi proton iletken nanofiber, blok, graft ve blok/graft yapıları gibi farklı polimer yapıları taşıyan çeşitli sülfonlanmış poliimidler elektrospining yöntemiyle üretildi (şekil 3, şekil 4). Uygun çözücü içinde düşük çözünürlük gösteren S-b-PI ve S-bg-PI dışında, dört tip SPI, kompozit membranlar için nanofiber çerçeve olarak uygulanabilen nano-lifli mat ile birlikte tek-oksalize edilmiş nanofiber elde edildi (şema 3). Tek eksenli olarak hizalanmış nanofiberlerin intrinsik proton iletkenlikleri, polimer yapılarının nanofiberlerin proton iletkenliği üzerindeki etkisini tartışmak için değerlendirildi. Bu çalışmanın sonucuna göre, S-r-PI nanofiber, yüksek proton iletkenliği ve düşük gaz geçirgenliği gösteren S-bg-PI ile kombinlenerek nanofiber çerçeve kompozit membran üretmek için seçildi. Nanofiber çerçeve kompozit membran, gelişmiş proton iletkenliğinin yanı sıra geliştirilmiş gaz bariyeri özelliği ve membran stabilitesi gösterdi. Nanofiber çerçeve kompozit membran, gelecekteki yakıt hücresi uygulaması için yüksek proton iletkenliği, gaz bariyeri özelliği ve membran stabilitesini elde etmek için yüksek bir potansiyele sahiptir (tablo 3, tablo 4, şekil 5) (Ito ve ark., 2018).

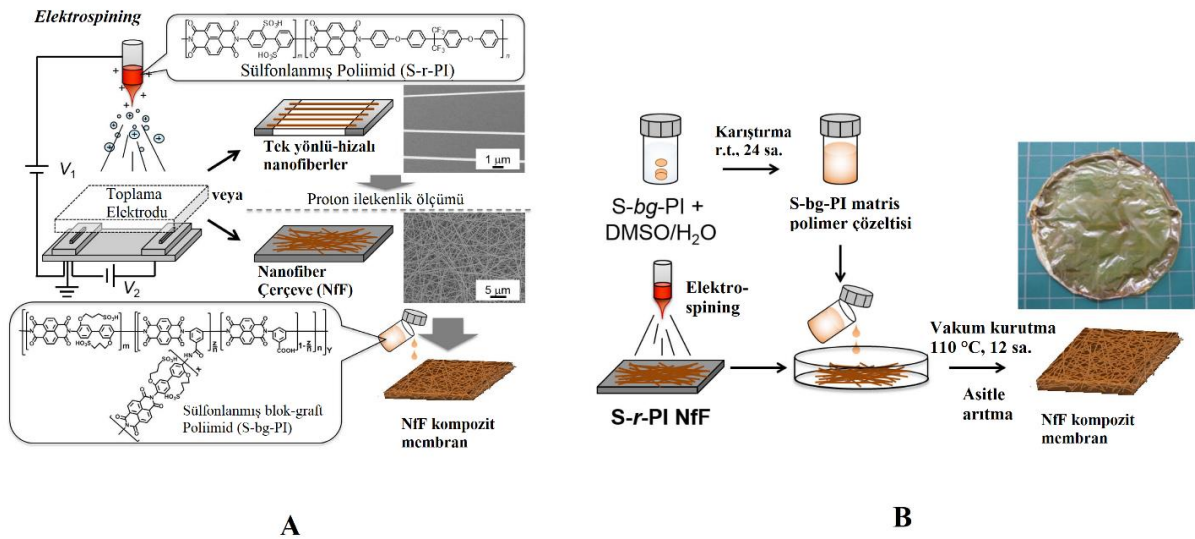
Çizelge 3. Bir dizi SPI'nin moleküler ağırlıkları ve iyon değişim kapasiteleri (IEC) (Ito ve ark., 2018).

Özellikler	S-r-FPI	S-b-FPI	S-g-FPI	S-r-PI	S-b-PI	S-bg-PI
Mw <sub>a</sub>	1.7×10 <sup>5</sup>	4.1×10 <sup>5</sup>	1.5×10 <sup>5</sup>	1.7×10 <sup>5</sup>	4.1×10 <sup>5</sup>	-c
Mw/Mn <sub>a</sub>	2.2	2.0	3.0	2.0	2.0	-c
Teorik IEC (meq g <sup>-1</sup> )	1.96	1.96	-d	1.49	1.49	-d
Deneysel IEC (meq g <sup>-1</sup> ) <sub>b</sub>	2.01	1.85	1.87	1.45	1.32	2.01

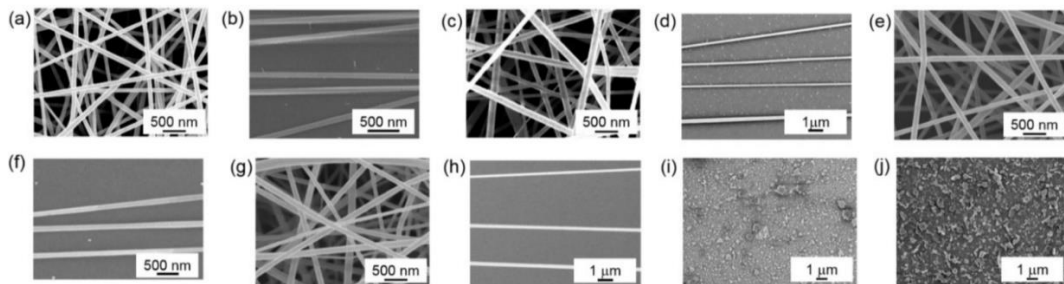
<sup>a</sup> Elüent olarak 0.01M lityum bromür içeren DMF kullanılarak ve standart polistirenlerle karşılaştırıldığında tutma süreleriyle GPC ölçümü ile belirlendi. <sup>b</sup> Titrasyon yöntemi ile ölçülmüştür. <sup>c</sup> Eluent içindeki düşük çözünürlüğü nedeniyle mevcut değildir. <sup>d</sup> Teorik IEC, aşılama oranına bağlı olduğu için tahmin edilemez (Ito ve ark., 2018).



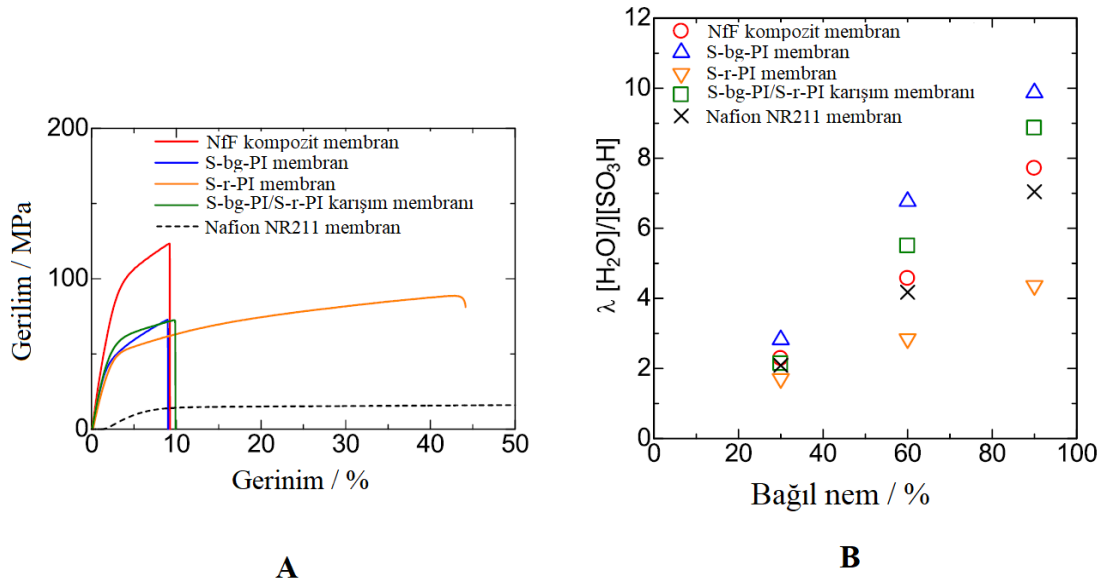
Şema 3. Bir dizi SPI'nin kimyasal yapıları (Ito ve ark., 2018).



Şekil 3. (A) Sülfonlanmış poliimid (SPI) bazlı Nanofiber Çerçeve'nin (NfF) şematik gösterimi: İç proton iletkenliğinin değerlendirilmesi ve yakıt hücreleri için kompozit membranlara uygulanması. (B) Elektrosun SPI nanofiber içeren SPI kompozit membranların hazırlanması prosedürü (Ito ve ark., 2018).



Şekil 4. (A, b) Sr-FPI, (c, d) Sb-FPI, (e, f) Sg-FPI, (g, h) Sr-PI, (i) Sb-PI ve (j) Optimize edilmiş koşullar altında electrospinning ile elde edilen S-bg-PI (Ito ve ark., 2018).



**Şekil 5.** (A) Polimer elektrolit membranlarının mekanik dayanımı. (B) Nanofiber kompozit membran ve diğer polimer elektrolit membranların bağıl nemin bir fonksiyonu olarak su alımı ( $\lambda$ ) (Ito ve ark., 2018).

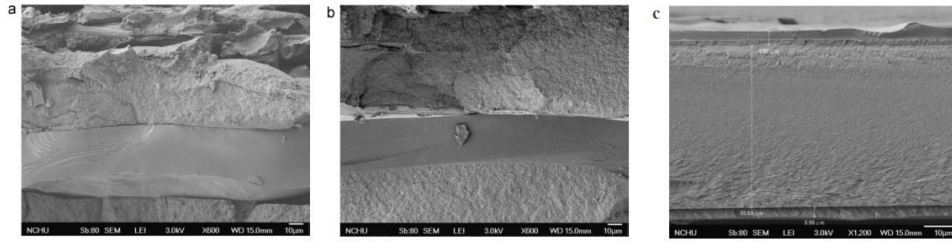
**Çizelge 4.** Polimer elektrolit membranlarının bileşimleri, oksijen geçirgenlik katsayısı ( $PO_2$ ), yayılma katsayısı ( $DO_2$ ) ve çözünürlük katsayısı ( $SO_2$ ), su alımı ve boyutsal değişimi, hidroliz ve oksidatif stabilite (Ito ve ark., 2018).

Özellikler	NfF kompozit membran	Karışım membranı	S-bg-PI membran	S-r-PI membran
Karışım oranı S-bg-PI:S-r-PI	80: 20	80: 20	100: 0	0: 100
Kalınlık ( $\mu\text{m}$ )	12	29	37	32
IEC <sup>a</sup> (meq g <sup>-1</sup> )	1.80	1.80	2.01	1.45
$PO_2$ <sup>b</sup>	0.024	0.090	0.065	0.99
$DO_2$ <sup>c</sup>	0.023	0.046	0.096	0.29
$SO_2$ <sup>d</sup>	1.0	1.9	0.69	3.6
Su alımı <sup>e</sup> (wt %)	73.9	85.0	98.4	16.2
Boyutsal Değişim (%) $\Delta T^f$	41	61	84	10
Boyutsal Değişim (%) $\Delta L^g$	4	6	4	2
Oksidatif stabilite (h) $T_1^k$	6	5.5	4	19
Oksidatif stabilite (h) $T_2^l$	7	6.5	4.5	23
Oksidatif stabilite (h) $T_3^m$	7.5	7	5	24
Hidroliz stabilitesi (h) $T_4^n$	> 3000	> 3000	> 3000	> 3000

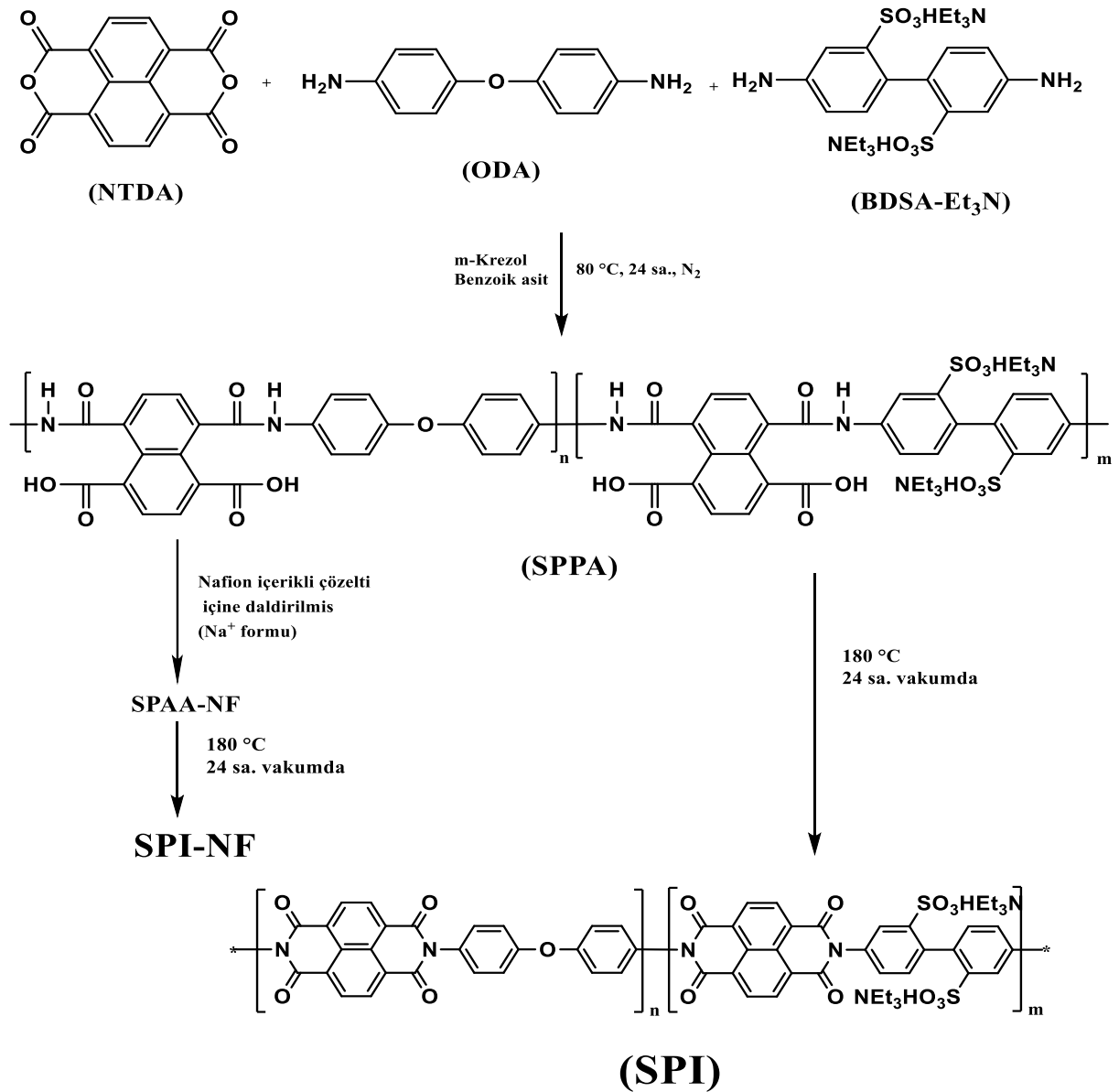
<sup>a</sup> İyon değişim kapasitesi bir titrasyon yöntemi ile belirlenir. <sup>b</sup> Oksijen geçirgenlik katsayısı  $PO_2$ :  $10^{-10}$  ( $\text{cm}^3$  (STP)  $\text{cm} / (\text{cm}^2 \text{sn cm Hg})$ ). <sup>c</sup> Oksijen yayılma katsayısı  $DO_2$ :  $10^{-8}$  ( $\text{cm}^2 \text{s}^{-1}$ ). <sup>d</sup> Oksijen çözünürlük katsayısı  $SO_2$ :  $10^{-2}$  ( $\text{cm}^3$  (STP)/( $\text{cm}^3 \text{cm Hg}$ )). <sup>e</sup> ağırlık, <sup>f</sup> kalınlık (düzlem içi) ve <sup>g</sup> zarların oda sıcaklığında 24 saat boyunca suya batırılmasından önce ve sonra uzunluk (düzlem içi) değişiklikleri. Oksidatif stabilite, <sup>k</sup> çözeltinin rengi dönmeye başladığı, <sup>l</sup> zarların çözünmeye başladığı, <sup>m</sup> zarın 80 °C'de Fenton reaktifinde tamamen çözüldüğü zaman ile değerlendirildi. <sup>n</sup> Hidroliz stabilitesi, zarların 80 °C'de su içinde çözüldüğü zaman ile ölçüldü (Ito ve ark., 2018).

### Sülfonlanmış poliimid/Nafion çok katmanlı membran

Lin ve ark.,2012 proton değişim membranı yakıt hücresi için sülfonlanmış poliimid/Nafion çok katmanlı membranın hazırlanması ve performansı üzerine çalıştılar. Bu çalışmada, sülfonlanmış poliimid / Nafion çok tabakalı (NF-SPI-NF) membranı, sülfonlanmış poliimid (SPI) ve Nafion içeren çözeltiden ( $\text{Na}^+$  formu) hazırlamak için yeni ve basit bir termal imidizasyon yöntemi kullanıldı. NF-SPI-NF membranı, sülfonlanmış bir poli (amik asit) (SPAA) zarının Nafion içeren çözeltiliye daldırılması ve ardından çözücü buharlaştırılması yoluyla termal imidizasyon yoluyla hazırlandı (şema 4) (Lin ve ark., 2012).



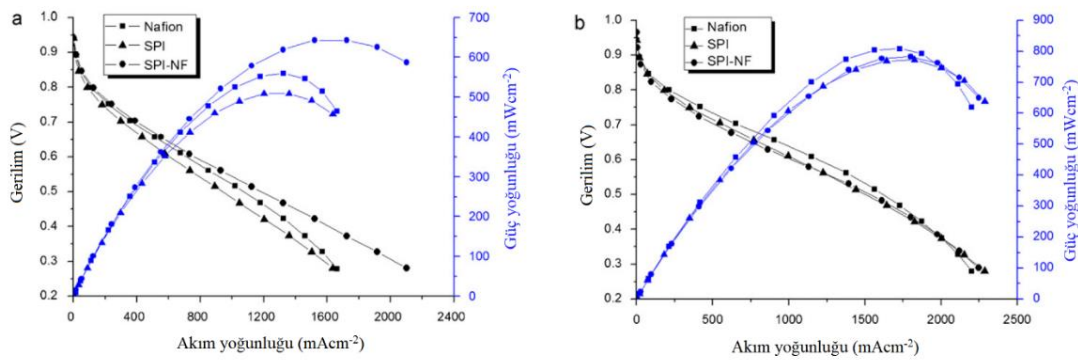
Şekil 6. Dayanıklılık testinden sonra membranlar için MEA kısmı kesitinin: (a) SPI ve (b) SPI-NF SEM görüntüsü. (c) SPI-NF çok katmanlı membranın kesitinin SEM görüntüsü (Lin ve ark., 2012).



Şema 4. SPI ve SPI-NF sentezi (Lin ve ark., 2012).



Bu Nafion, termal imidizasyon yoluyla SPI zarının her iki tarafına sıkıca yapıştırıldı. Hazırlanan membranlar, Fourier dönüşümü kızılötesi spektroskopisi (FT-IR), termogravimetrik analiz (TGA) ve proton iletkenliği ile karakterize edildi. Membranlar, oksidatif kararlılıklarını ve tek bir proton değişim membranı yakıt hücresi (PEMFC) sisteminin dayanıklılığını test etmek için Fenton'un reaktifine oda sıcaklığında daldırıldı. Dayanıklılık testinden sonra membranlar için MEA kısmi kesitinin: SPI ve SPI-NF, SPI-NF ve çok katmanlı membranın kesitinin SEM analizi gerçekleştirildi (Şekil 6). Analitik sonuçlar, doğal SPI zarıninkine kıyasla Nafion katmanı ekleyerek NF-SPI-NF membran stabilitesinde belirgin bir iyileşme gösterdi. PEMFC'nin NF-SPI-NF membranı ile performansı, 70 °C'de ticari olarak temin edilebilen Nafion 212 ile PEMFC'nin performansına benzerdir (şekil 7, tablo 5) (Lin ve ark., 2012).



Şekil 7. Nemlendirilmiş koşullar altında SPI, SPI-NF ve Nafion 212 membran ile donatılmış üç MEA için polarizasyon ve güç yoğunluğu eğrileri: (a) 30 °C'de ve (b) 70 °C'de (Lin ve ark., 2012).

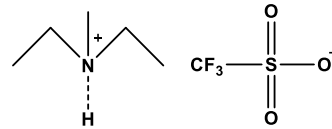
Çizelge 5. SPI, SPI-NF ve Nafion 212 membranların PEMFC performansı, iyon değişim kapasitesi, su alımı, boyutsal değişim, proton iletkenliği ve proton değişim membranlarının oksidatif kararlılığı (Lin ve ark., 2012).

Özellikler	SPI		SPI-NF		Nafion 212	
	30 °C	70°C	30 °C	70°C	30 °C	70°C
IEC (mequiv. g <sup>-1</sup> ) <sup>a</sup>	1.90	-	-	-	0.92	-
WU (%) <sup>b</sup>	35.0	-	37.5	-	23.0	-
Proton iletkenliği (mS cm <sup>-1</sup> ) <sup>c</sup> 30 °C	79	-	95	-	120	-
Proton iletkenliği (mS cm <sup>-1</sup> ) <sup>c</sup> 80 °C	160	-	165	-	160	-
Boyutsal değişimlik Δt <sub>d</sub> (%)	25.0	-	25.0	-	20.0	-
Boyutsal değişimlik Δl <sub>d</sub> (%)	7.2	-	8.7	-	2.5	-
Oksidatif kararlılık <sup>d</sup> τ <sub>1</sub> (h)	49	-	73	-	>80	-
Oksidatif kararlılık <sup>d</sup> τ <sub>2</sub> (h)	68	-	110	-	-	-
OCV (V)	-	0.94	0.95	0.95	0.94	0.95
V1.0 (V) <sup>a</sup>	-	0.54	0.60	0.55	0.61	0.54
R <sub>1.0</sub> (mΩ cm <sup>-2</sup> ) <sup>e</sup>	-	0.225	0.0179	0.217	0.0175	0.219
Ö <sub>L,FC</sub> (mS cm <sup>-1</sup> ) <sup>f</sup>	-	53.3	67.0	55.2	68.6	54.8
W <sub>max</sub> (mW cm <sup>-2</sup> )	-	592	740	626	763	620

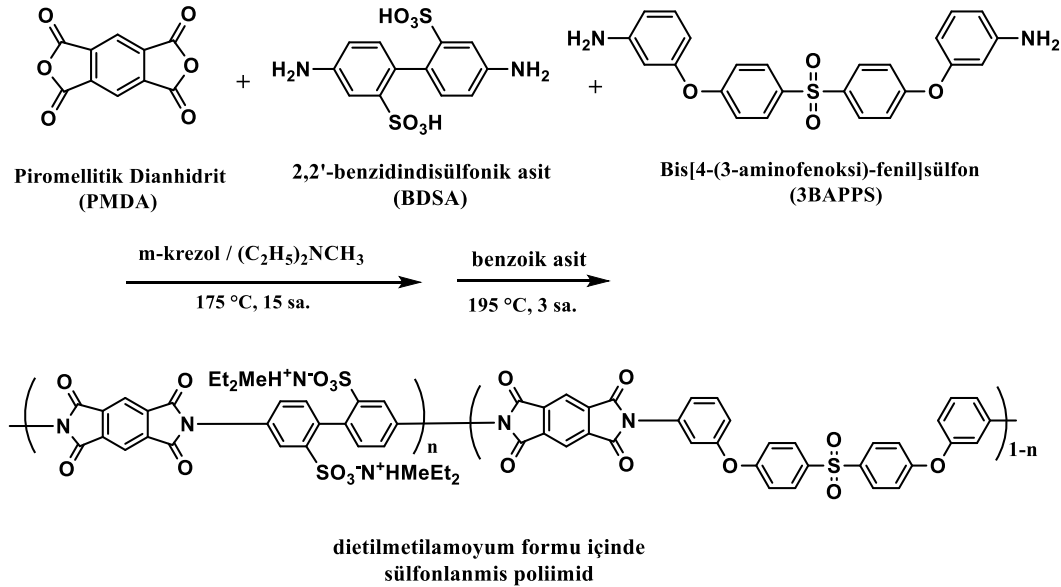
<sup>a</sup>Potansiyometrik titrasyondan belirlenir. <sup>b</sup>50 °C'de ölçülmüştür. <sup>c</sup>Suda ölçülmüştür. <sup>d</sup>30 ppm FeSO<sub>4</sub> içeren % 30 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> içinde 30 °C'de. <sup>e</sup>1 A cm<sup>-2</sup>'de. <sup>f</sup>Membran direncinin yaklaşık 1 A cm<sup>-2</sup>'deki hücre direncine eşit olduğu varsayılarak (Lin ve ark., 2012).

### Protik iyonik sıvı/sülfonlanmış poliimid kompozit membranlar

Lee ve ark., 2010 nemlendirilmemiş yakıt hücreleri için protik iyonik sıvı/sülfonlanmış poliimid kompozit membranların üretimi üzerinde çalışma yaptılar. Bu çalışmada, bir protik iyonik sıvı, dietilmetilamonyum triflorometansülfonatin ([DEMA] [TFO]) (şema 5) bir proton iletkeni olarak işlev gördüğünü ve H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> yakıt hücrelerinde 100 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda çalıştırılabilen bir elektrolit olarak kullanılmaya uygun olduğunu gösterdiler (Nemlendirilmemiş koşullar altında).



Şema 5. Protik iyonik sıvının kimyasal yapısı, [DEMA][TFO] (Lee ve ark., 2010).



Şema 6. Sülfonlanmış poliimidlerin diethylmetilamonyum formunda sentez prosedürü (Lee ve ark., 2010).

Bir polimer elektrolit yakıt hücresi imal etmek için, [DEMA][TFO] için matris polimerleri araştırılmış ve sülfonik asit gruplarının diethylmetilamonyum formunda olduğu sülfonlanmış poliimidlerin (SPI) yüksek oranda uyumlu olduğu bulundu. [DEMA][TFO] Nemlendirilmemiş yakıt hücreleri için polimer elektrolit membranları, SPI ve [DEMF][TFO] kullanılarak çözücü döküm yöntemiyle hazırlandı (şema 6) (Lee ve ark., 2010).

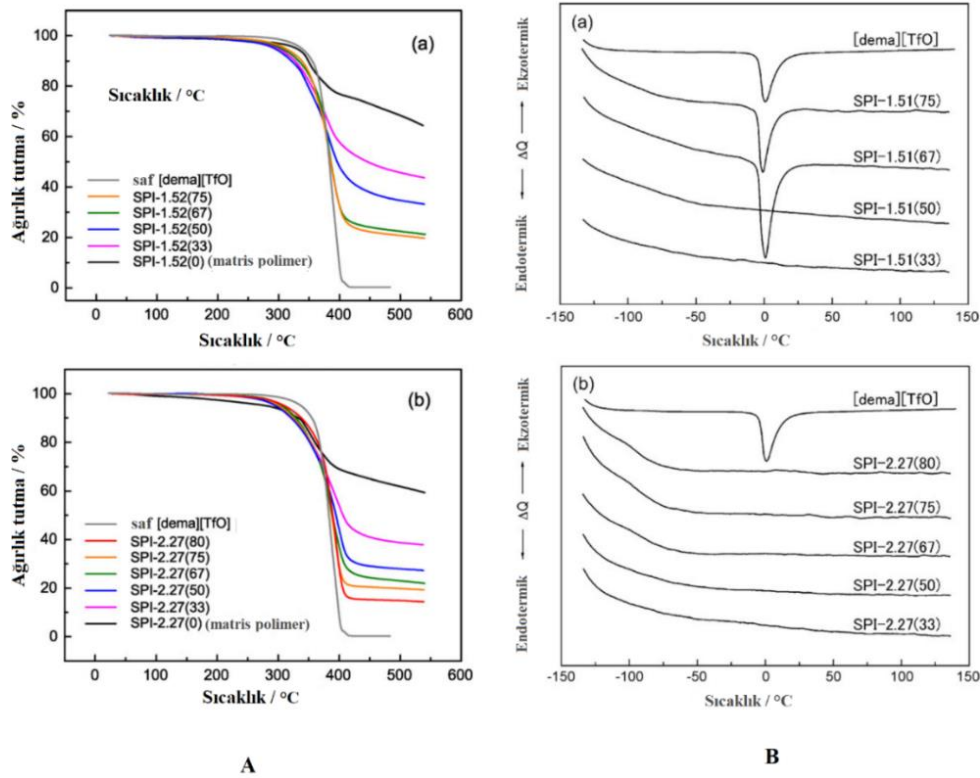
Çizelge 6. SPI'ların IEC ve GPC verileri (Lee ve ark., 2010).

Polimer	Yemdeki mol fraksiyonu			IEC <sup>a</sup> (meq g <sup>-1</sup> )	IEC <sup>b</sup> (meq g <sup>-1</sup> )	Mn (×10 <sup>5</sup> )	Mw (×10 <sup>5</sup> )	Mw/Mn
	PMDA	BDSA	3BAPPS					
SPI-1.51	0.5	0.25	0.25	1.52	1.51	1.21	1.73	1.43
SPI-2.27	0.5	0.40	0.10	2.34	2.27	1.05	1.43	1.36

<sup>a</sup> Besleme monomer oranından hesaplanmıştır. <sup>b</sup> <sup>1</sup>H NMR ile gözlemlendi (Lee ve ark., 2010)

İyon değişirme kapasitesi 2.27 meqg<sup>-1</sup> olan SPI, kendi ağırlığının [DEMA][TFO]'nun dört katını koruyabilir ve düzgün, sert ve şeffaf kompozit membranlar üretir. Kompozit membranlar, susuz koşullar altında [DEMF] içeriği ağırlıkça % 67'den yüksek olduğunda iyi termal stabiliteye (> 300 °C) ve iyonik iletkenliğe (120 °C'de > 10<sup>-2</sup> Scm<sup>-1</sup>) sahiptir. Kompozit bir membran kullanan H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> yakıt hücresi işleminde, 80 °C'de nemlendirme olmadan 100 mWcm<sup>-2</sup>'lik maksimum güç yoğunluğu ile 240 mA cm<sup>-2</sup>'den daha yüksek bir akım yoğunluğuna ulaşıldı (Lee ve ark., 2010).

Bu çalışmada elde edilen tüm sonuçlar (şekil 8) PIL, [TFO], bir iç proton iletkeni olarak ümit verici olduğunu ve [DEMA][TFO]'nun moleküler olarak uyumlu olduğu sülfonlanmış poliimid kompozit membranların yakıt hücresi elektrolit membranları olarak nemlendirilmemiş koşullar altında işlev görebildiğini gösterdi (Lee ve ark., 2010).

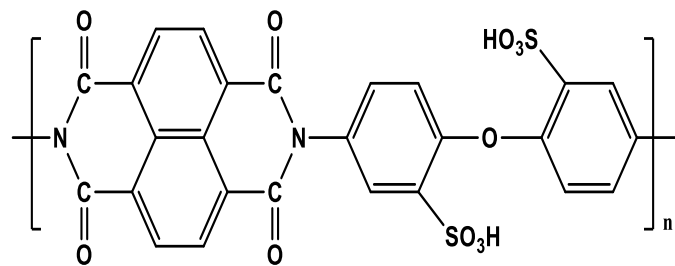


Şekil 8. (A) [DEMA] [TFO] ve kompozit membranlar için (a) SPI-1.51 ve (b) SPI-2.27'ye göre termogravimetrik eğriler. (B) DS (a) SPI-1.51 ve (b) SPI-2.27'ye dayanan [DEMA] [TFO] ve SPI/[DEMF] [TFO] kompozit membranlar için izler (Lee ve ark., 2010).

### DMFC'ler için sülfonlanmış mezoporöz silika nanopartiküllerine dayanan yeni nanokompozit membranlar modifiye sülfonlanmış poliimidler

Liu ve ark.,2011 direkt metanol yakıt hücreleri için sülfonlanmış mezoporöz silika nanopartiküllerine dayanan yeni nanokompozit membranlar modifiye sülfonlanmış poliimidler konusunda çalışma yaptılar.

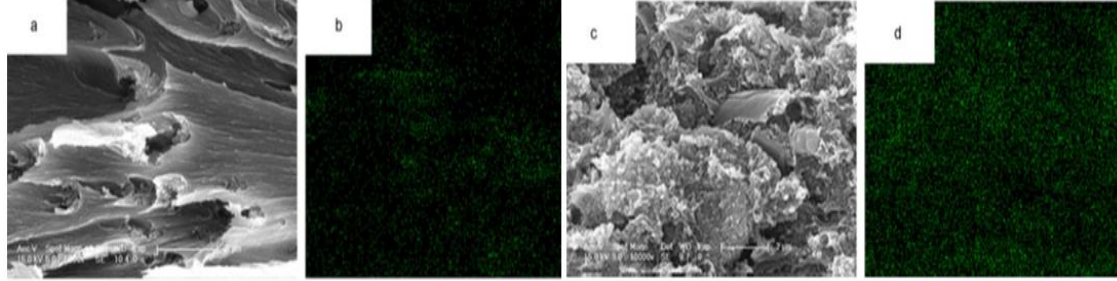
Bu çalışmada, yeni nanokompozit proton değişim membranları, sülfonlanmış poliimidler (SPI'ler) (şema 7) ile doğrudan karıştırma yoluyla inorganik dolgu maddeleri olarak sülfonlanmış mezoporöz silika nanopartiküller (SMSN'ler) kullanarak hazırladılar (Liu ve ark., 2011).



Şema 7. SPI'nin kimyasal yapısı (Liu ve ark., 2011).

Farklı nanokompozit proton değişim membranlarının mekanik ve termal özellikleri karşılaştırıldı (tablo 7). Ağırlıkça % 3 SMSN içeren hibrid membran, en yüksek su alım değerini % 54.2 ve en düşük metanol geçirgenlik değerini  $5.23 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$  olarak gösterdi. SPI-SMSN-3 ve SPI-SMSN-10'un SEM analizi gerçekleştirildi, ayrıca SPI-SMSN-3 ve SPI-SMSN-10'un si-haritalı dağılımı elde edildi (şekil 9). Yapılan testler sonucunda SMSN'lerin azot adsorpsiyon-desorpsiyon izotermeleri, BJH gözenek dağılımı, farklı nanokompozit membranların FTIR spektrumları, SMSN'lerin ve farklı membranların TGA eğrileri elde edildi (şekil 10) (Liu ve ark., 2011). Elde edilen hibrid membranların mikro yapısı ve özellikleri

incelendi. Çapı 50-300 nm olan SMSN'ler, yaklaşık 2.3 nm'lik sıralı mezo gözenekler sergiledi. Sülfonlanmış mezoporöz silisin eklenmesi, elde edilen nanokompozit membranların SPI ile karşılaştırıldığında termal stabilitesini, su alımını ve metanol geçirgenliğini geliştirdi (Şekil 11).



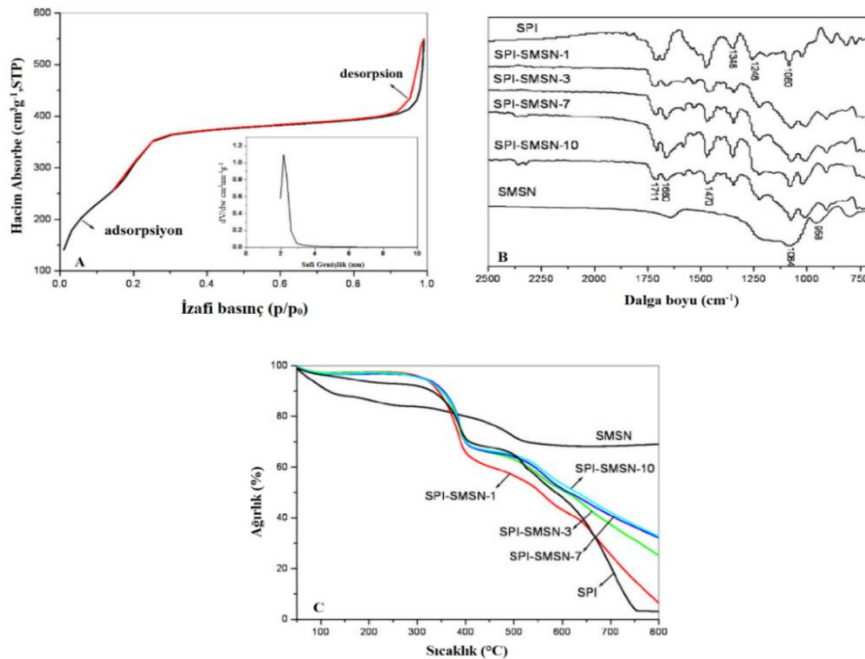
Şekil 9. (a) SPI – SMSN-3 ve (c) SPI-SMSN-10'un SEM görüntüleri; (b) SPI-SMSN-3 ve (d) SPI-SMSN-10'un si-haritalı dağılımı (Liu ve ark., 2011).

SMSN'lerin içeriği ağırlıkça % 3'ten yüksek olduğunda, SMSN'lerin birikmesi nedeniyle her iki değer de biraz azalmıştır. Membranların tümü, Nafion 117 ile karşılaştırıldığında mükemmel proton iletkenliğini gösterdi. Ağırlıkça % 7 SMSN SPI'ye dahil edildiğinde, membran numunesi farklı test sıcaklıklarında en yüksek proton iletkenliğini sundu, bu da SMSN'lerin eklenmesinin kompozit membranların proton iletkenliğini de geliştirebileceğini gösterir (Liu ve ark., 2011).

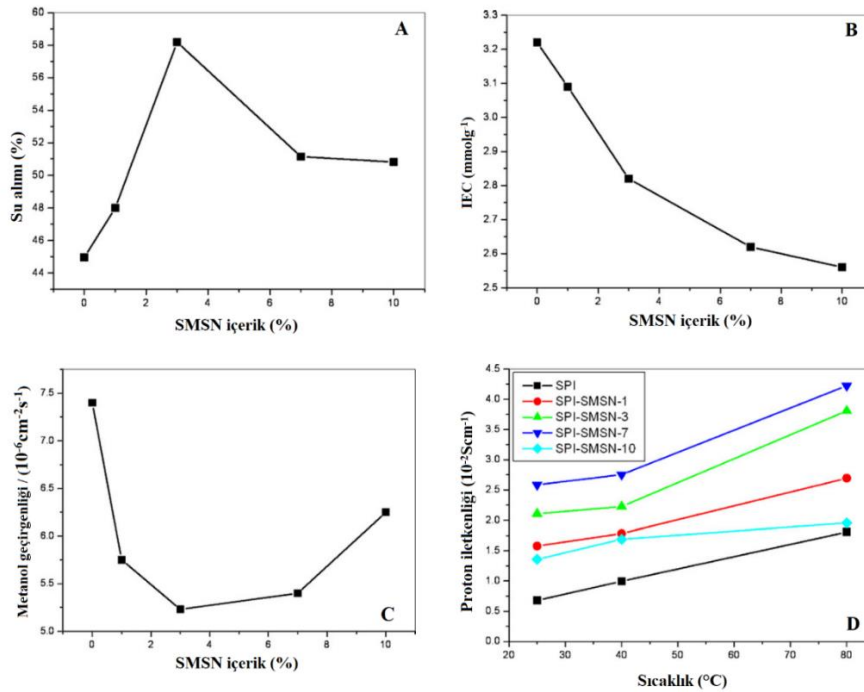
Çizelge 7. Farklı nanokompozit proton değişim membranlarının mekanik ve termal özellikleri (Liu ve ark., 2011).

Örnek <sup>a</sup>	Çekme mukavemeti (MPa)	Modül (MPa)	Uzama (%)	800 °C'de kalıntı (ağırlıkça%)	T <sub>d</sub> <sup>b</sup> (°C)
SPI	43	901	11.7	1.8	321
SPI-SMSN-1	47	902	11.0	6.3	349
SPI-SMSN-3	48	912	10.8	25.2	352
SPI-SMSN-7	29	667	4.9	32.1	355
SPI-SMSN-10	24	586	2.9	32.7	355
SMSN	-	-	-	67.6	104

<sup>a</sup> SPI: sülfonlanmış poliimidler; SPI – SMSN-x nanokompozit membranları, x ise SMSN içeriğini temsil eder. <sup>b</sup> ağırlıkça % 10 ayrışma sıcaklıkları (Liu ve ark., 2011).



Şekil 10. (A) SMSN'lerin azot adsorpsiyon-desorpsiyon izotermeleri. Ek, karşılık gelen BJH gözenek dağılımıdır. (B) Farklı nanokompozit membranların FTIR spektrumları. (C) SMSN'lerin ve farklı membranların TGA eğrileri (Liu ve ark., 2011)



**Şekil 11.** (A)Nanokompozit membranlarda su alımının (WU) SSMS içeriğine bağlılığı. (B) Nanokompozit membranlarda IEC'nin SMSN içeriğine bağlılığı. (C) Nanokompozit membranların metanol geçirgenliği ve SMSN içeriği arasındaki ilişki. (D) Proton iletkenliği ile nanokompozit membranların sıcaklığı arasındaki ilişki (Liu ve ark., 2011).

## SONUÇ

Kimyasal enerjiyi doğrudan elektrige dönüştüren polimer elektrolit membran yakıt hücreleri (PEMFC) ve doğrudan metanol yakıt hücreleri (DMFC)'nin gelişen en son teknolojisi olan PEM'ler, asılı perflorosülfonik asit gruplarına sahip bir perfloro karbon polimer ana zincirden oluşan perflorosülfonik asit (PFSA) polimerleri, yüksek proton iletkenliklerinin yanısıra kimyasal ve termal stabiliteleri nedeniyle PEMFC'ler için en yaygın elektrolit olarak kullanılmış, fakat yüksek üretim maliyeti ve çevresel uyumsuzluğun, bu tür perfloranmış malzemeler için sorun olmasını göz önüne alarak bilim insanları, yeni florlanmamış alternatif proton iletken membranlar üzerinde çalışmışlardır. Yakıt hücresi uygulamaları için alternatif malzeme olarak sülfonlanmış polimidleri seçerek ve değişen kimyasal yapı sülfonlanmış poliidimler, nanofiber çerçevesi sülfonlanmış poliidimler, Nafion çok katmanlı membranla kombinlenen sülfonlanmış poliidimler, Protik iyonik sıvılı kompozit sülfonlanmış poliidim membranlar, DMFC'ler için sülfonlanmış mezoporöz silika nanopartiküllerine dayanan yeni nanokompozit membranlar için modifiye sülfonlanmış poliidimler gibi yepyeni malzemeleri çeşitli yöntemlerle sentezlediler ve FT-IR spektroskopisi, NMR spektroskopisi, UV spektroskopisi, TGA analiz, GPC kromatografisi, SEM analiz ve TEM analiz gibi test metotlarla karakterize ettiler. Böylece farklı varyasyonları bulunan yakıt hücresi, düşük maliyetli olup, membranın imidizasyonu, termal kararlılığı, su alımı, iyon değişimi kapasitesi, proton iletkenliği, hidrolitik ve oksidatif kararlılıkları gibi özelliklerde yüksek performans sergilediği için, amaçlanan çalışmaları olumlu kılmıştır.

## KAYNAKLAR

- Akbarian-Feizi L, Mehdipour-Ataei S, Yeganeh H, 2010. Survey of sulfonated polyimide membrane as a good candidate for nafion substitution in fuel cell. *International Journal of Hydrogen Energy*, 35(17): 9385-9397.
- Aoki M., Uchida H, Watanabe M, 2006. Decomposition mechanism of perfluorosulfonic acid electrolyte in polymer electrolyte fuel cells. *Electrochemistry Communications*, 8(9): 1509-1513.
- Aoki M., Uchida H, Watanabe M, 2005. Novel evaluation method for degradation rate of polymer electrolytes in fuel cells. *Electrochemistry Communications*, 7(12): 1434-1438.



- Asadullah S, et al., 2020. Sulfonated porous surface of tantalum pentoxide/polyimide composite with micro-submicro structures displaying antibacterial performances and stimulating cell responses. *Materials & Design*, 190, 108510.
- Bi H, et al., 2010. Preparation and properties of cross-linked sulfonated poly(arylene ether sulfone)/sulfonated polyimide blend membranes for fuel cell application. *Journal of Membrane Science*, 350(1): 109-116.
- Chen K., et al., 2009. Synthesis and properties of novel sulfonated polyimides bearing sulfophenyl pendant groups for fuel cell application. *Polymer*, 50(2): 510-518.
- Fujimura M, Hashimoto T, Kawai H, 1982. Small-angle x-ray scattering study of perfluorinated ionomer membranes. 2. Models for ionic scattering maximum. *Macromolecules*, 15(1): 136-144.
- Grady B, 1999. *Introduction to Ionomers* By Adi Eisenberg and Joon-Seop Kim (McGill University). Wiley-Interscience: New York. 1998. xxi + 327 pp. \$99.95. ISBN 0-471-24678-6. *Journal of the American Chemical Society*, 121(21): 5101-5101.
- Heinzel A, Barragán VM, 1999. A review of the state-of-the-art of the methanol crossover in direct methanol fuel cells. *Journal of Power Sources*, 84(1): 70-74.
- Heinzel A, et al., 1998. Membrane fuel cells concepts and system design. *Electrochimica Acta*, 43(24): 3817-3820.
- Hickner MA, Pivovar BS, 2005. The Chemical and Structural Nature of Proton Exchange Membrane Fuel Cell Properties. *Fuel Cells*, 5(2): 213-229.
- Hickner MA, et al., 2004. Alternative Polymer Systems for Proton Exchange Membranes (PEMs). *Chemical Reviews*, 104(10): 4587-4612.
- Higashihara T, Matsumoto K, Ueda M, 2009. Sulfonated aromatic hydrocarbon polymers as proton exchange membranes for fuel cells. *Polymer*, 50(23): 5341-5357.
- Hogarth WHJ, Diniz da Costa J C, Lu G Q, 2005. Solid acid membranes for high temperature (140°C) proton exchange membrane fuel cells. *Journal of Power Sources*, 142(1): 223-237.
- Huang X, et al., 2006. Mechanical endurance of polymer electrolyte membrane and PEM fuel cell durability. *Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics*, 44(16): 2346-2357.
- Ito G, Tanaka M, Kawakami H, 2018. Sulfonated polyimide nanofiber framework: Evaluation of intrinsic proton conductivity and application to composite membranes for fuel cells. *Solid State Ionics*, 317: 244-255.
- Kabasawa A, et al., 2009. Durability of a novel sulfonated polyimide membrane in polymer electrolyte fuel cell operation. *Electrochimica Acta*, 54(3): 1076-1082.
- Kim Y, et al., 2004. Sulfonated poly(arylene ether sulfone) copolymer proton exchange membranes: Composition and morphology effects on the methanol permeability. *Journal of Membrane Science*, 243: 317-326.
- Kins CF, et al., 2014. Morphological Anisotropy and Proton Conduction in Multiblock Copolyimide Electrolyte Membranes. *Macromolecules*, 47(8): 2645-2658.
- Ladewig B, Al-Shaeli MNZ, 2017. *Fundamentals of Membrane Processes*, in *Fundamentals of Membrane Bioreactors: Materials, Systems and Membrane Fouling*, B. Ladewig and M.N.Z. Al-Shaeli, Editors., Springer Singapore: Singapore, 13-37.
- Lee S, et al., 2015. Synthesis and characterization of crosslink-free highly sulfonated multi-block poly(arylene ether sulfone) multi-block membranes for fuel cells. *Journal of Materials Chemistry A*, 3(5): 1833-1836.
- Lee CH, et al., 2009. Chemically Tuned Anode with Tailored Aqueous Hydrocarbon Binder for Direct Methanol Fuel Cells. *Langmuir*, 25(14): 8217-8225.
- Lee SY, Yasuda T, Watanabe M, 2010. Fabrication of protic ionic liquid/sulfonated polyimide composite membranes for non-humidified fuel cells. *Journal of Power Sources*, 195(18): 5909-5914.
- Li Q, et al., 2003. Approaches and Recent Development of Polymer Electrolyte Membranes for Fuel Cells Operating above 100 °C. *Chemistry of Materials*, 15(26): 4896-4915.
- Liaqat K, et al., Synthesis and characterization of novel sulfonated polyimide with varying chemical structure for fuel cell applications. *Solid State Ionics*, 2018. 319: 141-147.
- Liaw DJ, et al., 2012. Advanced polyimide materials: Syntheses, physical properties and applications. *Progress in Polymer Science*, 37(7): 907-974.
- Lin CC, et al., 2012. Preparation and performance of sulfonated polyimide/Nafion multilayer membrane for proton exchange membrane fuel cell. *Journal of Power Sources*, 200: 1-7.

- Liu D, et al., 2011. Novel nanocomposite membranes based on sulfonated mesoporous silica nanoparticles modified sulfonated polyimides for direct methanol fuel cells. *Journal of Membrane Science*, 366(1): 251-257.
- Miyake J, Mochizuki T, Miyatake K, 2015. Effect of the Hydrophilic Component in Aromatic Ionomers: Simple Structure Provides Improved Properties as Fuel Cell Membranes. *ACS Macro Letters*, 4(7): 750-754.
- Miyatake K, Asano N, Watanabe M, 2003. Synthesis and properties of novel sulfonated polyimides containing 1,5-naphthylene moieties. *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*, 41(24): 3901-3907.
- Miyatake K, et al., 2012. Durability of sulfonated polyimide membrane in humidity cycling for fuel cell applications. *Journal of Power Sources*, 204: 74-78.
- Miyatake K, Watanabe M, 2005. Recent Progress in Proton Conducting Membranes for PEFCs. *Electrochemistry*, 73(1): 12-19.
- Nagao Y, et al., 2019. Introducing planar hydrophobic groups into an alkyl-sulfonated rigid polyimide and how this affects morphology and proton conductivity. *Electrochimica Acta*, 300: 333-340.
- Nguyen TH, Wang C, Wang X, 2009. Pore-filling membrane for direct methanol fuel cells based on sulfonated poly(styrene-ran-ethylene) and porous polyimide matrix. *Journal of Membrane Science*, 342(1): 208-214.
- Rikukawa M, Sanui K, 2000. Proton-conducting polymer electrolyte membranes based on hydrocarbon polymers. *Progress in Polymer Science*, 25(10): 1463-1502.
- Rozière J, Jones DJ, 2003. Non-Fluorinated Polymer Materials for Proton Exchange Membrane Fuel Cells. *Annual Review of Materials Research*, 33(1): 503-555.
- Saito J, et al., 2010. Proton conductive polyimide ionomer membranes: Effect of NH, OH, and COOH groups. *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*, 48(13): 2846-2854.
- Shao L, Lau CH, Chung TS, 2009. A novel strategy for surface modification of polyimide membranes by vapor-phase ethylenediamine (EDA) for hydrogen purification. *International journal of hydrogen energy*, 34(20): 8716-8722.
- Sheng L, et al., 2014. Poly(arylene ether ether nitrile)s Containing Flexible Alkylsulfonated Side Chains for Polymer Electrolyte Membranes. *Journal of Polymer Science A Polymer Chemistry*, 52: 21-29.
- Song Y, et al., 2014. Sulfonated polyimides and their polysilsesquioxane hybrid membranes for fuel cells. *Solid State Ionics*, 258: 92-100.
- Steele BCH, Heinzel A, 2001. Materials for fuel-cell technologies. *Nature*, 414(6861): 345-352.
- Voss H, Huff J, 1997. Portable fuel cell power generator. *Journal of Power Sources*, 65(1): 155-158.
- Xiao L, et al., 2005. Synthesis and Characterization of Pyridine-Based Polybenzimidazoles for High Temperature Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell Applications. *Fuel Cells*, 5(2): 287-295.
- Yamazaki K, et al., 2012. Sulfonated block-graft copolyimide for high proton conductive and low gas permeable polymer electrolyte membrane. *Journal of Power Sources*, 216: 387-394.
- Yin Y, et al., 2006. On the Development of Naphthalene-Based Sulfonated Polyimide Membranes for Fuel Cell Applications. *Polymer Journal*, 38(3): 197-219.
- Yin Y, et al., 2006. Water Stability of Sulfonated Polyimide Membranes. *Macromolecules*, 39(3): 1189-1198.
- You PY, Kamarudin SK, Masdar MS, 2019. Improved performance of sulfonated polyimide composite membranes with rice husk ash as a bio-filler for application in direct methanol fuel cells. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(3): 1857-1866.
- Zhang D, et al., 2020. Effects of sulfonate incorporation and structural isomerism on physical and gas transport properties of soluble sulfonated polyimides. *Polymer*, 191: 122263.
- Zhang H, Shen PK, 2012. Recent Development of Polymer Electrolyte Membranes for Fuel Cells. *Chemical Reviews*, 112(5): 2780-2832.

## Manyetik Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Nanopartiküllerinin Siyanurik Klorür Yoluyla Poli (ε-Kaprolakton)' a Bağlanması, Termal ve Manyetik Özelliklerinin İncelenmesi

Mustafa Ersin PEKDEMİR<sup>1\*</sup>, Mehmet COŞKUN<sup>1</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada öncelikle halka açılma polimerizasyon yöntemiyle poli (ε-kaprolakton) (PCL) sentezlendi. Ardından PCL' ye siyanürik klorür (CC) bileşiği bağlandı ve 3-aminopropil trimetoksisilan ile kaplanmış manyetik Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanopartikülleri (MNP) ile modifiye edildi. Sentezlenen polimerlerin karakterizasyonu FT-IR, <sup>1</sup>H-NMR ve <sup>13</sup>C-NMR ile yapıldı. Termal veriler a-MNP' nin termal kararlılığının (PCL-g-CC) bağlandıktan sonra düştüğünü gösterdi. Titreşimli numune manyetometre (VSM) ölçümlerinden (a-MNP)' nin doygunluk manyetizasyon değeri ( $M_s$ ) 52.07 emug<sup>-1</sup> ve [PCL-g-CC-g-(a-MNP)]' nin  $M_s$  değerinin ise 32.08 emug<sup>-1</sup> olduğu belirlendi. Ayrıca VSM ölçümlerinden partikül boyutları a-MNP ve [PCL-g-CC-g-(a-MNP)] için sırasıyla 15.98 nm ve 21.41 nm olarak hesaplandı. [PCL-g-CC-g-(a-MNP)] SEM görüntüsünde a-MNP' nin polimer içerisinde hapsediği belirlenirken, EDX verilerinde görülen Fe atomu, yapıda MNP' nin olduğunu kanıtlar niteliktedir.

**Anahtar Kelimeler:** ε-kaprolakton, siyanurik klorür, nanopartikül, manyetizasyon, SEM

## Linking Magnetic Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles to Poly (ε-caprolactone) via Cyanuric Chloride, Investigation of Thermal and Magnetic Properties

**ABSTRACT:** In this study, firstly poly (ε-caprolactone) (PCL) was synthesized by ring opening polymerization. Next, cyanuric chloride (CC) was bonded to PCL and modified by magnetic Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles capped with 3-aminopropyl trimethoxysilane. Synthesized polymers were characterized by FT-IR, <sup>1</sup>H-NMR ve <sup>13</sup>C-NMR. Thermal datas showed that thermal stability of a-MNP decreased after bonded to (PCL-g-CC). It was determined from the vibrating sample magnetometer (VSM) measurements that the saturation magnetization ( $M_s$ ) of a-MNP and PCL-g-CC-g-(a-MNP)] were 52.07 emug<sup>-1</sup> and 32.08 emug<sup>-1</sup>. Additionally, particle sizes of a-MNP and [PCL-g-CC-g-(a-MNP)] was calculated 15.98 nm and 21.41 nm, respectively. While determining that a-MNP was trapped in the polymer in the SEM image of [PCL-g-CC-g-(a-MNP)], the Fe atom seen in the EDX data proves that there was MNP in the structure.

**Keywords:** ε-caprolactone, cyanuric chloride, nanoparticle, magnetization, SEM.

<sup>1</sup> Mustafa Ersin PEKDEMİR (Orcid ID: 0000-0002-4979-1777), Mehmet COŞKUN (Orcid ID: 0000-0002-2379-1795), Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Elazığ, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mustafa Ersin PEKDEMİR, e-mail: ersinpkdmr58@gmail.com

Bu çalışma Mustafa Ersin PEKDEMİR' in Doktora tezinden üretilmiştir.

## GİRİŞ

1,3,5 triazin türevlerinin biyokimya alanında değerli olmalarından dolayı tıp çalışmalarında (antiviral (Wang ve ark., 2003), antikanser (Kumar ve ark., 2010), antimikrobiyal (Ma ve ark., 2011) yaygın olarak kullanılmaya devam etmektedir. Triazol halkasındaki aromatik yer değiştirme derecesini kontrol etme triazin kimyasının en dikkat çekici özelliğidir. Siyanürik klorür' ün (CC) s-triazin halkası içeren farklı bileşiklerin sentezinde kullanıldığı bilinmektedir (Blotny, 2006). CC düşük maliyetli bir reaktiftir ve yapısında bulunan klor atomları uygun nükleofillerle yer değiştirilebildiği için mono-, di-, tri- süstitüe edilmiş türevler halkaya rahatlıkla girebilirler (Popiołek, Baran, 2015). Birincil amin, ikincil amin ve hidrazin türevleriyle CC' nin yapısında bulunan üç klor atomunun farklı sıcaklıklarda yer değiştirme tepkimesi verdiği literatür çalışmalarında sıkça ifade edilmiştir. Buna göre eğer yapıdaki tek klor atomunun yer değiştirmesi isteniyorsa 0 °C' de, iki klor atomunun yer

değiştirmesi 30-50 °C ve çok fazla istenilmemesine rağmen üç klor atomunun birden yer değiştirmesi isteniyorsa yaklaşık 90 °C civarında reaksiyonların sürdürülmesi gerekmektedir (Chang, Matuszko, 1962).

Manyetik nanoparçacıkların (MNP) biyomoleküllerle bağlanmasını sağlamak için organik bir bağlayıcı gerekmektedir (Xie ve ark., 2006). Son yıllarda özellikle enzimlerin nanotanecikler üzerine modifikasyon çalışmaları üzerine yoğun bir ilgi gösterilmektedir. Yüksek yüzey alanlarının olması, kolay sentezlenebilirliği, düşük maliyeti ve düşük toksisite özelliklerinden dolayı manyetik nanotanecikler çalışmalarda tercih edilmektedir (Pekdemir ve ark., 2012). Ancak MNP' lerin yüzey fonksiyonel gruplarının yetersiz olmasından ve kümelenme problemlerinden dolayı biyomoleküllere doğrudan bağlanması zordur. Bu nedenle biyomoleküllere uyumlu bileşiklerle kaplanması gerekmektedir. Şuana kadar yapılan çalışmalarda özellikle kitosan ve dextran gibi polimerler kullanılmış ve aktivitesi yüksek enzimlerin modifikasyonunda yüksek başarı sağlanmıştır. Enzimin doğrudan nanotaneciklere bağlamak için ise genelde CC gibi organik moleküller kullanılmıştır (Soozanipour ve ark., 2019). CC bileşiği, yüzeyleri modifiye edilen MNP' lerin –OH gruplarını aktive etmede kullanılmaktadır (Kalkan ve ark., 2012). CC maliyetinin düşük olması, kemoşecici özelliği ve biyoyumlu oluşu, biyomoleküllerin immobilizasyonunda kullanılmasın da etkili olmuştur (Soozanipour ve ark., 2015).

Bu çalışmada, biyoyumlu bir polimer olan ε-kaprolakton (ECL) polimeri halka açılma yöntemiyle sentezlenmiş ve CC bileşiğinin iki klor atomu üzerinden kovalent olarak bağlanması sağlanmıştır. CC' nin boşta kalan klor atomuna ise önceden 3-amino propil trimetoksisilan (APTS) ile modifiye edilmiş MNP bağlanmış ve bu sayede ECL polimerine manyetik özellik kazandırılmıştır. Sentezlenen polimerin karakterizasyonu FT-IR, <sup>1</sup>H-NMR ve <sup>13</sup>C-NMR ile sağlanmıştır. Ayrıca TGA ve DSC ile termal kararlılığına bakılmış ve SEM-EDX ile yüzey morfolojileri incelenmiştir. Son olarak elde edilen MNP bağlandıktan sonra elde edilen polimerin manyetik özelliği Titreşimli Numune Manyetometresi (VSM) ile belirlenmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### MNP' nin 3-aminopropil trimetoksisilan (APTS) ile Modifikasyonu

100 mL etil alkol içerisinde 0.50 gram MNP olacak şekilde çözelti hazırlandı ve homojenizatör de dispers edildi. Yaklaşık 500 mL mutlak alkol ilave edildi ve 30 dakika boyunca dispers edilmeye devam edildi. Homojen hale gelen çözeltiye 4.80 mL APTS tek bir seferde eklendi ve manyetik karıştırıcıda 7 saat boyunca oda koşullarında karıştırıldıktan sonra 2 gün boyunca geri soğutucu altında ısıtma yapıldı.

Reaksiyon sonrası güçlü bir mıknatıs yardımıyla APTS kaplı manyetik nanoparçacıklar (a-MNP) ayrıldı ve etanol ile 3 kez manyetik yıkama yapıldı ve 40 °C' de vakumlu etüvde kurumaya bırakıldı.

### Poli (ε-kaprolakton) Sentezi

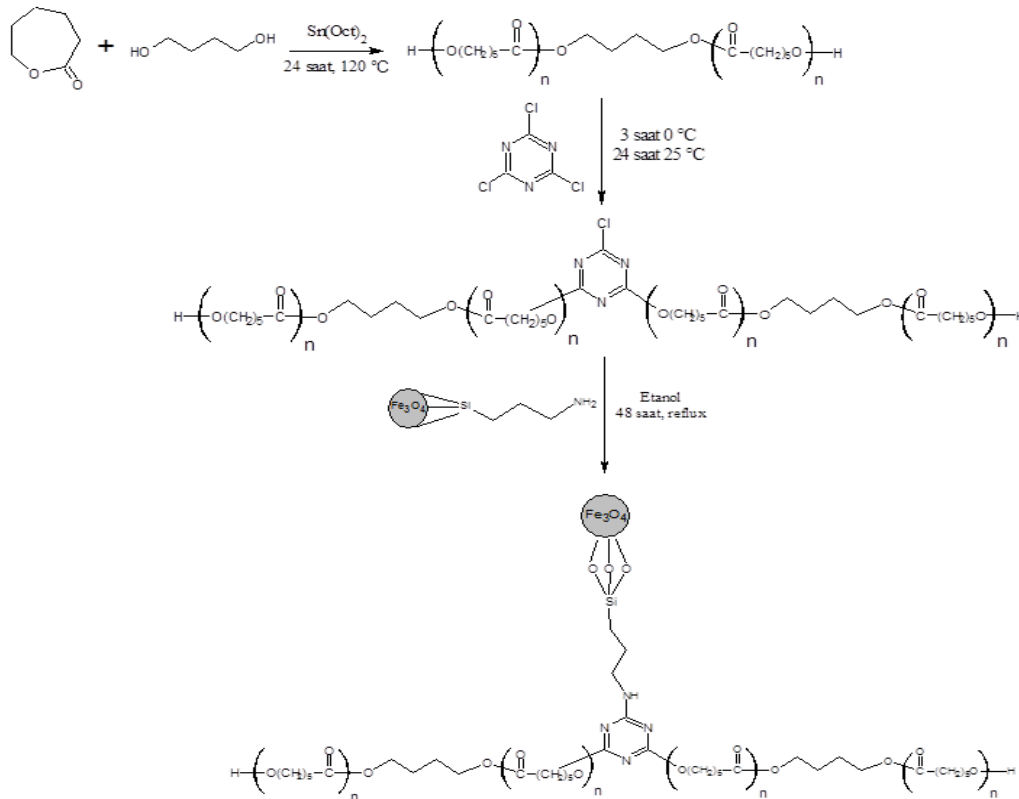
0.60 gram (6.6 mmol) 1,4 bütandiol ve 3.76 gram (33 mmol) ε-kaprolakton ve çözücü olarakta 30 mL toluen 100 mL'lik reaksiyon balonuna konularak manyetik karıştırıcıda karıştırıldı. Katalizör olarak 1-2 damla Sn(Oct)<sub>2</sub> ilave edilerek 30 dakika boyunca Ar gazı geçirildi ve balonun ağzı sıkıca kapatılarak yağ banyosunda 120 °C' de reaksiyon devam ettirildi. Elde edilen poli (ε-kaprolakton) (PCL) hegzanda çöktürüldü.

### PCL' nin Siyanurik klorür' e bağlanması

50 mL diklorometan içerisinde 2.94 gram (5.70 mmol) PCL ve 760 mL (5.70 mmol) trietilamin ilave edildi. Reaksiyon sıcaklığı 0 °C' ye getirildikten sonra 1.00 gram CC (5.40 mmol) eklenerek 24 saat boyunca reaksiyon devam ettirildi. Reaksiyon sonunda oluşan HCl/amin tuzu süzme ile ayrıldı ve ortamdaki çözücü evaporatörle uzaklaştırıldı. Elde edilen PCL-g-CC buzdolabında muhafaza edildi.

### APTS kaplı MNP' nin PCL-g-CC ile reaksiyonu

Öncelikle 0.10 gram a-MNP 100 mL etil alkol içerisinde iyice dispers edildi. Dispers edilen (a-MNP) çözeltisine 25 mL etil alkol içerisinde çözülmüş olan 1.30 gram PCL-g-CC çözeltisi ilave edildi. Bir süre manyetik karıştırıcıda oda koşullarında karıştırılan çözelti 2 gün boyunca reflux edildi ve MNP bağlanan polimer çözeltisi güçlü bir mıknatıs yardımıyla alındı ve etil alkol ile yıkama yapıldı. 40 °C' de vakumlu etüvde kurumaya bırakıldı. [PCL-g-CC-g-(a-MNP)] polimerinin sentez aşamaları Şekil 1' de ayrıntılı olarak verilmiştir.

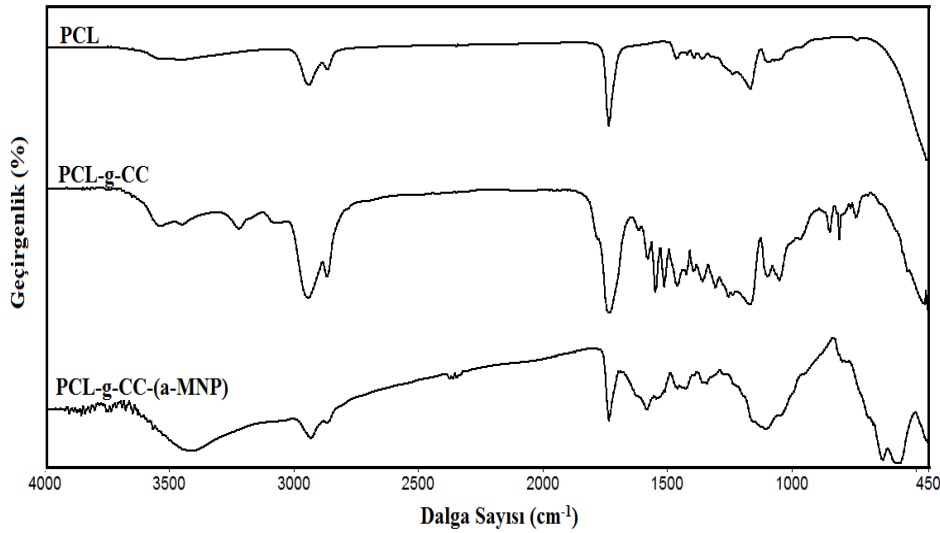


Şekil 1. [PCL-g-CC-g-(a-MNP)]' nin sentez reaksiyonu



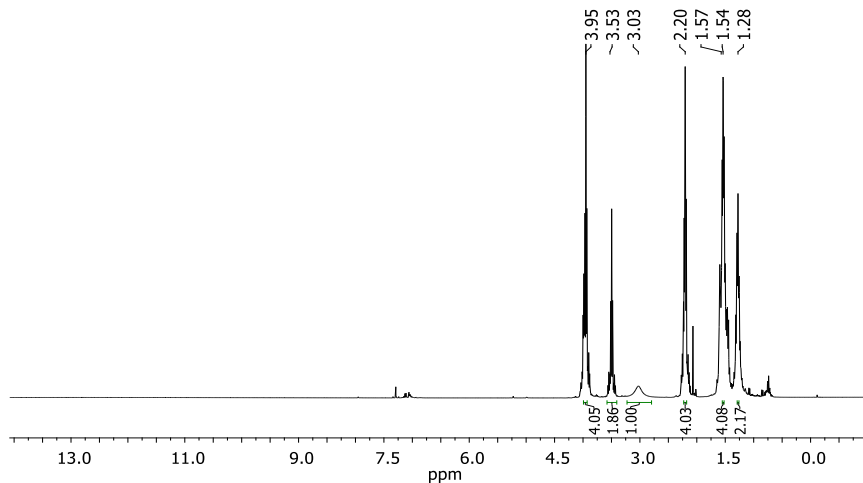
## BULGULAR VE TARTIŞMA

PCL, (PCL-g-CC) and [PCL-g-CC-g-(a-MNP)] polimerlerinin FT-IR spektrumları Şekil 2' de verilmiştir. PCL' ye ait spektrumda 3440 cm<sup>-1</sup>' de OH gerilmesi, 2940 ve 2865 cm<sup>-1</sup>' de alifatik CH gerilmeleri, 1734 cm<sup>-1</sup>' de ε-kaprolakton halkasındaki karbonil' e ait gerilme titreşimi(-C=O) ve 734 cm<sup>-1</sup>' de pik ise metilendeki CH eğilme (rock) titreşimine ait olan piklerdir. PCL-g-CC' ye ait spektrumda ise 1734 cm<sup>-1</sup>' deki -C=O pikinin 1731' e kaydığı görülmüştür. Ayrıca yapıya CC bağlandığı için triazin halkasına ait 1361 cm<sup>-1</sup>' de C-N gerilme titreşimi ve 1511 cm<sup>-1</sup>' de ise C=N gerilme titreşimleri görülmektedir. 848 cm<sup>-1</sup>' deki pik ise CC' de bulunan klor atomuna ait C-Cl gerilme titreşimidir. Yapıya APTS kaplı MNP bağlandıktan sonra meydana gelen [PCL-g-CC-g-(a-MNP)] polimerine ait FT-IR spektrumunda APTS' ye ait 3400-3290 cm<sup>-1</sup> aralığında NH gerilme titreşimi ve 950 cm<sup>-1</sup>' de NH eğilme titreşimleri görüldü. Yine aynı şekilde APTS molekülüne ait Si-O-Si asimetrik ve simetrik gerilme titreşimleri sırasıyla 1040 ve 1105 cm<sup>-1</sup>' deki sinyallere atfedilmiştir. Ayrıca manyetik Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanopartiküllerinin varlığını gösteren Fe-O gerilme titreşimlerinin ise 575-630 cm<sup>-1</sup>' deki sinyallerin olduğu görülmüştür.



Şekil 2. PCL, PCL-g-CC ve [PCL-g-CC-g-(a-MNP)]' nin FT-IR spektrumları

Poli (ε-Kaprolakton)' un <sup>1</sup>H-NMR spektrumu Şekil 3' de, değerlendirmesi ise Tablo 1' de verilmiştir.

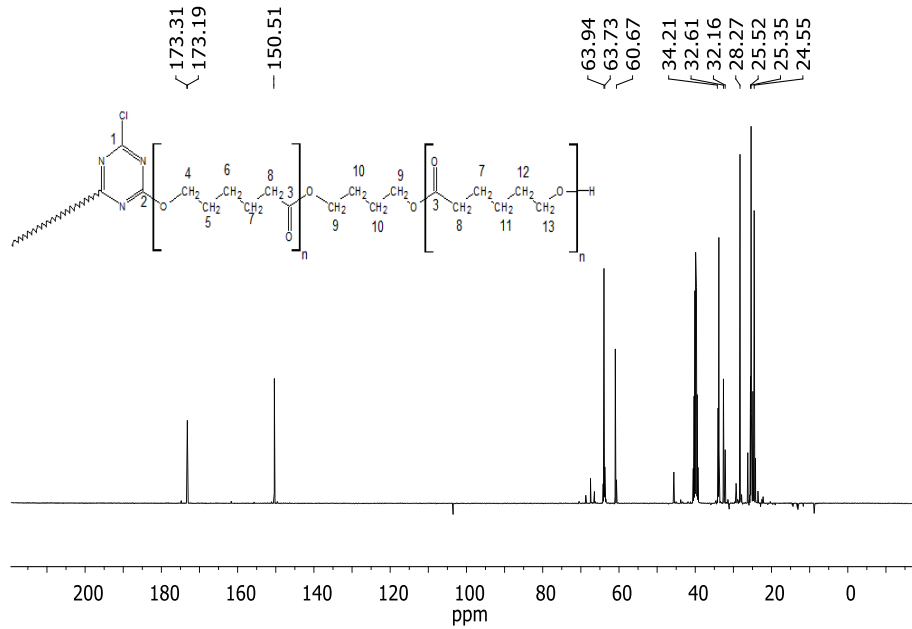


Şekil 3. PCL' nin <sup>1</sup>H-NMR spektrumu

Çizelge 1. PCL' nin <sup>1</sup>H-NMR spektrumu değerlendirmesi

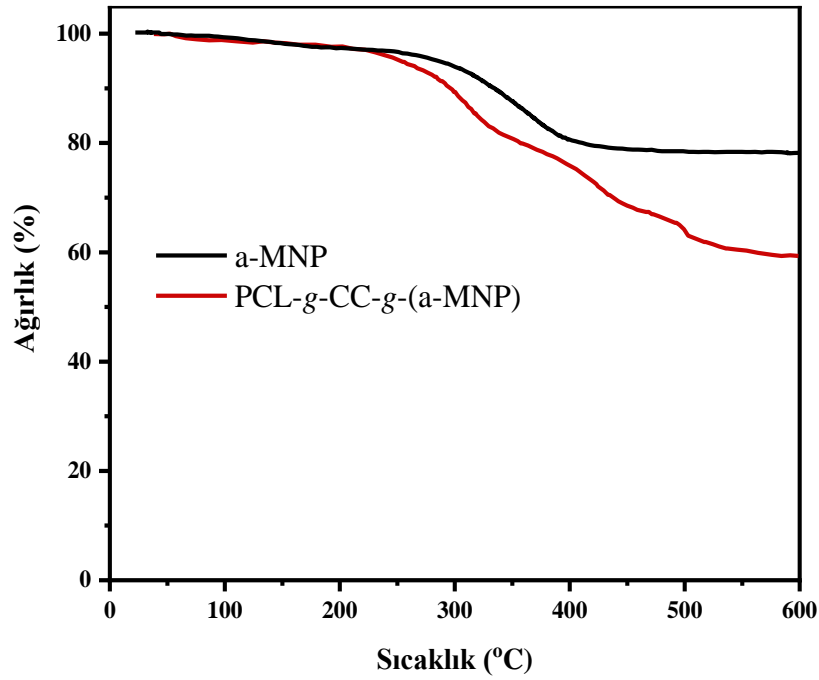
Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
7,3	Çözücü piki
3.95	---OCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> -O-(OC)-(CH) <sub>5</sub> -OH
3.53	---O(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -O-(OC)-(CH) <sub>4</sub> -CH <sub>2</sub> -OH
3.03	---O(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -O-(OC)-(CH) <sub>5</sub> -OH
2.20	---O(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -O-(OC)-CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH
1,57	---OCH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> - (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> -O-(OC)-(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> -
1.28	---O(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -O-(OC)-CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> - CH <sub>2</sub> -

PCL polimeri CC ile reaksiyona girdikten sonra elde edilen (PCL-g-CC) polimerine ait <sup>13</sup>C-NMR spektrumu Şekil 4' de verilirken, spektrumun değerlendirilmesi ise Tablo 2' de gösterilmiştir.

Şekil 4. (PCL-g-CC)' nin <sup>13</sup>C-NMR spektrumuÇizelge 2. (PCL-g-CC)' nin <sup>13</sup>C-NMR spektrumu değerlendirilmesi

Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
173.3	karbonil karbonu (3 nolu C)
173.2	CC' deki Cl' a bağlı karbon (1 nolu C)
150.5	CC' de O atomuna bağlı karbon (2 nolu C)
63.94	bütandiol hakasının O atomuna bağlı olan CH <sub>2</sub> karbonuna ait (9 nolu C)
63.73	O atomuna bağlı 4 nolu C' a ait
60.67	Uç grupta OH' a bağlı CH <sub>2</sub> (13 nolu C)
34.21	Karbonile bağlı CH <sub>2</sub> (8 nolu C)
32.61	Uç grupta bulunan 12 nolu C' a ait
32.16	5 nolu CH <sub>2</sub> ' ye ait
28.27	Bütandiolde arada kalan CH <sub>2</sub> ' lere ait (10 nolu C)
25.52	6 nolu CH <sub>2</sub> ' ye ait
25.35	11 nolu C' a ait
24.55	7 nolu C' a ait

Şekil 5' te a-MNP ve [PCL-g-CC-g-(a-MNP)]' ye ait TGA eğrileri verilmiştir. Saf MNP' ye ait TGA eğrisinde %3' lük bir ağırlık kaybı vardır (Pekdemir, 2019). Silan grubu içeren APTS ile fonksiyonelleştirilmiş MNP' nin 100 ile 600 °C arasında %17' lik ağırlık kaybının nedeni, hem su kaybı hemde organik grup ayrışması ile ilgilidir (Seckin ve ark., 2010). TGA eğrisi, yapıya APTS bağlandığını net olarak göstermektedir. [PCL-g-CC-g-(a-MNP)]' ye ait TGA eğrisine bakıldığında, %41' lik ağırlık kaybı olduğu görülmüştür. %17' lik ağırlık kaybının a-MNP' ye ait olduğu düşünüldüğünde geriye kalan yaklaşık %25'lik ağırlık kaybının, yapıya bağlanan PCL ve CC' den kaynaklanmaktadır. Başlangıç bozunma sıcaklığı ( $T_i$ ), a-MNP ve [PCL-g-CC-g-(a-MNP)] için sırasıyla 299 °C ve 226 °C olduğu görüldü.



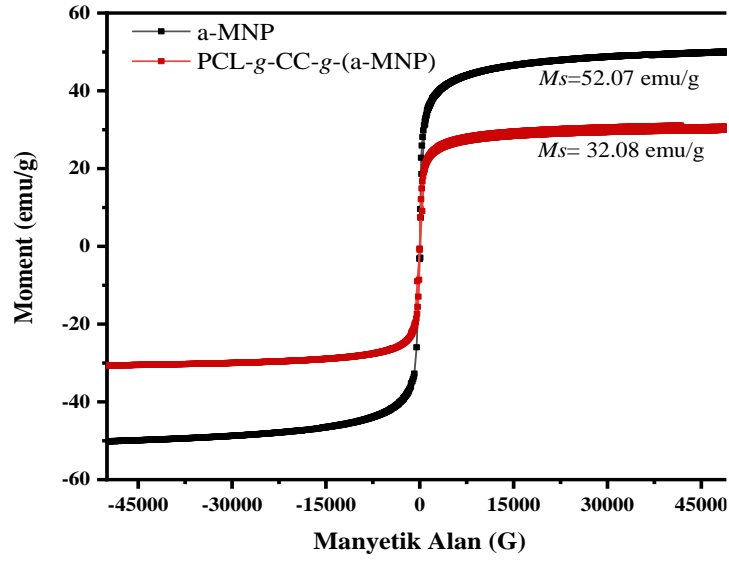
Şekil 5. a-MNP ve [PCL-g-CC-g-(a-MNP)]' nin TGA eğrileri

Tablo 3' de ise PCL, (PCL-g-CC) ve [PCL-g-CC-g-(a-MNP)] polimerlerinin DSC eğrilerinden elde edilen camsı geçiş sıcaklığı ( $T_g$ ) değerleri verilmiştir. Saf PCL' nin  $T_g$  değeri 23.1 °C iken yapıya önce CC, ardından a-MNP bağlandıkça  $T_g$  değerleri sırasıyla 25.2 °C ve 42 °C olarak bulunmuştur. PCL zincirleri arası alandaki mesafe CC ve a-MNP bağlandıkça azalmakta yani serbest hacimde bir azalma meydana gelmektedir. Bu durum  $T_g$  değerlerinin artmasına sebep olmaktadır.

**Çizelge 3.** PCL' nin MNP bağlanana kadar elde edilen polimerlerinin  $T_g$  değerleri

Polimer	$T_g$ (°C)
PCL	23.1
PCL-g-CC	25.2
PCL-g-CC-g-(a-MNP)	42

En son elde edilen polimer manyetik özellik gösterdiği için VSM ile elde edilen manyetizasyon eğrileri Şekil 6' da gösterilmiştir. a-MNP ile [PCL-g-CC-g-(a-MNP)] polimerinin manyetizasyon eğrileri karşılaştırılmıştır. Yapıya PCL ve CC bağlandıktan sonra doyumluk manyetizasyon değerinin ( $M_s=32.08 \text{ emug}^{-1}$ ) düştüğü şekilde görülmektedir.



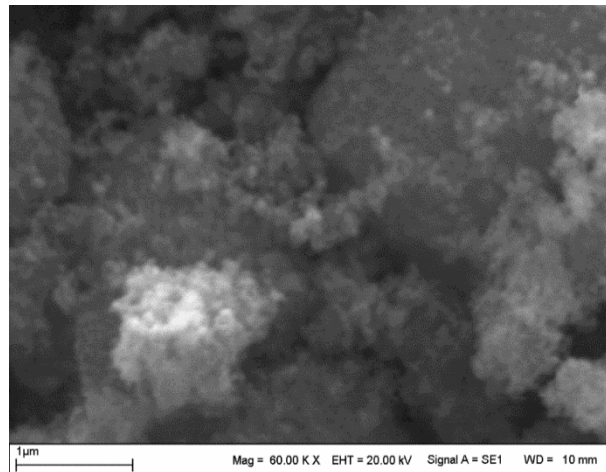
Şekil 6. a-MNP ve [PCL-g-CC-g-(a-MNP)]' nin Manyetizasyon eğrileri

VSM ölçümlerinden (Şekil 6) süperparamanyetik malzemelerin  $\sigma = 0$  noktasındaki eğiminden yola çıkarak manyetik partiküllerin boyutlarının hesaplanabildiği bilinmektedir (Kommareddi ve ark., 1996) (Yaacob ve ark., 1995). Aşağıdaki eşitlikteki  $d\sigma/dH$  değeri manyetik süsseptibilite değerini vermektedir (Burke ve ark., 2002).

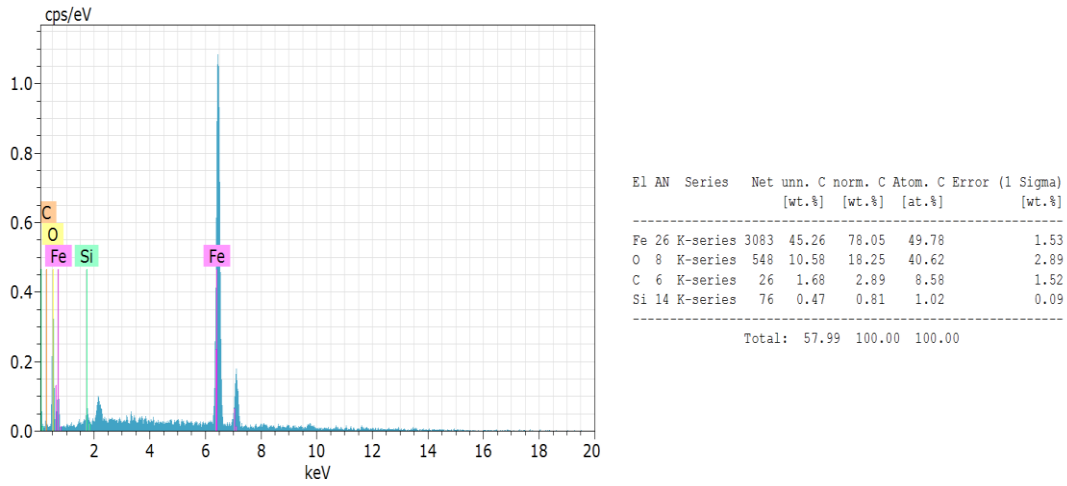
$$d_{mag} = \left( \frac{18kT \left( \frac{d\sigma}{dH} \right)_0}{\pi \rho M_s^2} \right)^{1/3} \quad (1)$$

Eşitlik 1.' de;  $T$  kelvin sıcaklığı,  $k$  Boltzman sabiti,  $\rho$  APTS kaplı MNP' nin yoğunluğu  $d\sigma/dH$  değeri  $\sigma=0$  noktasındaki manyetizasyon eğrisinin eğimi ve  $M_s$  ise doyumluk manyetizasyon değeridir. Bu eşitlik kullanılarak a-MNP ve [PCL-g-CC-g-(a-MNP)]' nin partikül boyutları sırasıyla 15.98 ve 21.41 nm olarak hesaplandı.

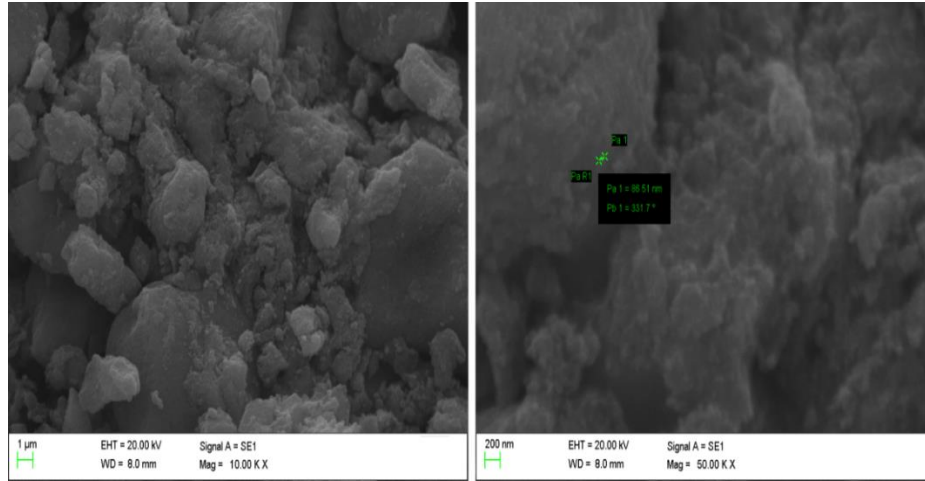
a-MNP' nin SEM görüntüsü Şekil 7' de, EDX verileri ise Şekil 8' de gösterilmektedir. [PCL-g-CC-g-(a-MNP)] polimerinin SEM görüntüsüne bakıldığında (Şekil 9) MNP' lerin polimer içerisinde hapsoldüğünü söyleyebiliriz. Şekil 10' daki EDX analizinde polimere a-MNP bağlandıktan sonra yapıda olması gereken Si ve Fe atomları görülmektedir.



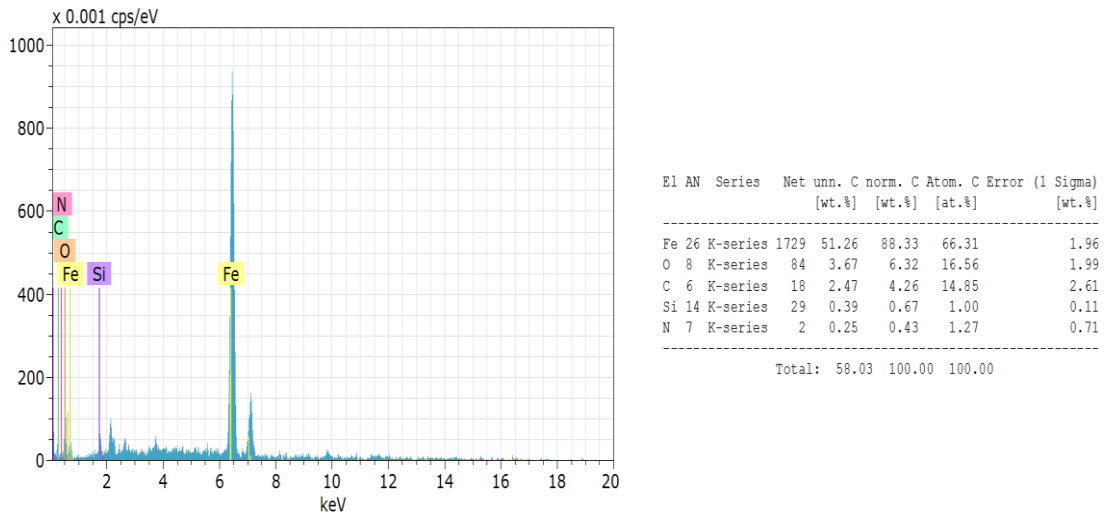
Şekil 7. a-MNP' nin SEM görüntüsü



Şekil 8. a-MNP' nin EDX analizi



Şekil 9. [PCL-g-CC-g-(a-MNP)]' nin SEM görüntüsü



Şekil 10. [PCL-g-CC-g-(a-MNP)]' nin EDX analizi



## SONUÇ

Çalışmada sentezlenen polimerler öncelikle FT-IR spektroskopisi ile karakterize edilmeye çalışıldı. PCL' nin karakteristik pikleri 1734 cm<sup>-1</sup>' de ki C=O gerilme titreşimi ve 734 cm<sup>-1</sup>' deki metilene ait CH eğilme titreşimleridir. Yapıya CC bağlandıktan sonra 1361 cm<sup>-1</sup>' de C-N gerilme titreşimi ve 1511 cm<sup>-1</sup>' de ise C=N gerilme titreşimleri ortaya çıkmıştır. Son olarak 575-630 cm<sup>-1</sup>' deki Fe-O bağına ait olan sinyal APTS kaplı MNP bağlandığını kanıtlar niteliktedir. Karakterizasyonu daha iyi yapmak için öncelikle sentezlenen PCL' nin <sup>1</sup>H-NMR spektroskopisine bakılarak yapı iyice doğrulanmış oldu. CC yapısında H bulunmadığı için (PCL-g-CC) polimerini karakterize etmek için <sup>1</sup>H-NMR yeterli olmayacağından <sup>13</sup>C-NMR ile de desteklendi. <sup>13</sup>C-NMR' de; 173.2 ' deki sinyal (CC' deki Cl atomuna bağlı karbon) ve 150.5 ' deki sinyal (CC' deki O atomuna bağlı karbon) CC' nin bağlandığını net olarak göstermiştir. Ayrıca polimerlerin termal analizleri de yapıldı ve TGA eğrileri Şekil 5' de verildi. TGA eğrilerine bakıldığında a-MNP' nin *T<sub>i</sub>* değerinin 299 °C iken, yapıya (PCL-g-CC) bağlandığında *T<sub>i</sub>* değerinin 226 °C' ye düştüğü görüldü. Bu durum (PCL-g-CC) polimerinin a-MNP' nin termal kararlılığını düşürdüğü anlamına gelebilir. Ayrıca PCL polimerine diğer bileşikler bağlandıkça polimerin hareketinin azaldığı ve serbest hacmin de arttığından dolayı *T<sub>g</sub>* değerlerinin arttığı görülmektedir.

Şekil 6' da verilen manyetizasyon eğrisinden a-MNP' nin *M<sub>s</sub>* değeri 52.07 emug<sup>-1</sup> iken, [PCL-g-CC-g-(a-MNP)] polimerinin *M<sub>s</sub>* değeri 32.08 emug<sup>-1</sup> olarak bulundu. Eşitlik 1' den a-MNP' nin tanecik boyutu 15.98 nm, [PCL-g-CC-g-(a-MNP)]' nin tanecik boyutu ise 21.41 nm olarak hesaplandı. [PCL-g-CC-g-(a-MNP)] polimerinin Şekil 9' daki SEM görüntüsüne bakıldığında, APTS bağlı MNP' lerin sentezlenen polimerlerin içerisinde hapsediği bu nedenle tam anlamıyla görülemediği belirlendi. Ancak EDX analizinde görülen Fe atomu yapıya a-MNP' nin bağlandığını doğrulamıştır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından "FF.15.11" kodlu proje ile desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Blotny G, 2006. Recent applications of 2, 4, 6-trichloro-1, 3, 5-triazine and its derivatives in organic synthesis. Tetrahedron, 62 (41): 9507-9522.
- Burke NA, Stöver HD, Dawson FP, 2002. Magnetic nanocomposites: preparation and characterization of polymer-coated iron nanoparticles. Chemistry of Materials, 14 (11): 4752-4761.
- Chang M, Matuszko A. (1962). Synthesis and Properties of Some Cyanuric Chloride Derivatives: Bureau Of Naval Weapons Washington DC.
- Kalkan NA, Aksoy S, Aksoy EA, Hasirci N, 2012. Preparation of chitosan-coated magnetite nanoparticles and application for immobilization of laccase. Journal of Applied Polymer Science, 123 (2): 707-716.
- Kommareddi NS, Tata M, John VT, McPherson GL, Herman MF, Lee Y-S ve Kaplan DL, 1996. Synthesis of superparamagnetic polymer– ferrite composites using surfactant microstructures. Chemistry of Materials, 8 (3): 801-809.
- Kumar R, Gupta L, Pal P, Khan S, Singh N, Katiyar SB ve Kanaujiya JK, 2010. Synthesis and cytotoxicity evaluation of (tetrahydro-β-carboline)-1, 3, 5-triazine hybrids as anticancer agents. European journal of medicinal chemistry, 45 (6): 2265-2276.
- Ma X, Tan S-T, Khoo C-L, Sim H-M, Chan L-W, Chui W-K, 2011. Synthesis and antimicrobial activity of N1-benzyl or N1-benzyloxy-1, 6-dihydro-1, 3, 5-triazine-2, 4-diamines. Bioorganic & medicinal chemistry letters, 21 (18): 5428-5431.

- Pekdemir ME. (2019). Manyetik nanotanecekler üzerinde modifikasyon çalışmaları (Doktora Tezi), Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Pekdemir ME, Ertürkan D, Külah H, Boyacı İH, Özgen C, Tamer U, 2012. Ultrasensitive and selective homogeneous sandwich immunoassay detection by Surface Enhanced Raman Scattering (SERS). *Analyst*, 137 (20): 4834-4840.
- Popiołek Ł, Baran I, 2015. Synthesis of New Cyanuric Chloride Derivatives. *International Research Journal of Pure and Applied Chemistry* 1-6.
- Seckin T, Vural S, Köytepe S, 2010. Preparation and structural properties of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-polyimide hybrid nanocomposites. *Polymer bulletin*, 64 (2): 115.
- Soozanipour A, Taheri-Kafrani A, Barkhori M, Nasrollahzadeh M, 2019. Preparation of a stable and robust nanobiocatalyst by efficiently immobilizing of pectinase onto cyanuric chloride-functionalized chitosan grafted magnetic nanoparticles. *Journal of colloid and interface science*, 536 261-270.
- Soozanipour A, Taheri-Kafrani A, Isfahani AL, 2015. Covalent attachment of xylanase on functionalized magnetic nanoparticles and determination of its activity and stability. *Chemical Engineering Journal*, 270 235-243.
- Wang Q, Liu G, Shao R, Huang R, 2003. Synthesis and antiviral activity of 1, 3, 5-triazine derivatives. *Heteroatom Chemistry: An International Journal of Main Group Elements*, 14 (6): 542-545.
- Xie J, Xu C, Xu Z, Hou Y, Young KL, Wang S ve Sun S, 2006. Linking hydrophilic macromolecules to monodisperse magnetite (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) nanoparticles via trichloro-s-triazine. *Chemistry of Materials*, 18 (23): 5401-5403.
- Yaacob II, Nunes AC, Bose A, 1995. Magnetic nanoparticles produced in spontaneous cationic-anionic vesicles: room temperature synthesis and characterization. *Journal of colloid and interface science*, 171 (1): 73-84.

## Nitric Oxide Molecule as A Potential Target of Alternative Strategies for the Diagnosis of Subclinical Mastitis in Cows

Canan GULMEZ<sup>1\*</sup>, Onur ATAKISI<sup>2</sup>

**ABSTRACT:** The mastitis is an important disease affecting daily milk yield and quality in lactating cows, it negatively affects both animal welfare and economic income. The aim of this study is to investigate the effect of subclinical mastitis on nitric oxide (NO), total antioxidant capacity (TAC), total oxidant capacity (TOC), albumin, total protein, globulin, glucose and gamma glutamyl transpeptidase activity (GGT) levels in plasma. The research was carried out in Brown Swiss and Holstein cows. The mammary lobes of the animals were scanned with the California Mastitis Test (CMT) and those with subclinical mastitis were identified. Samples with CMT (-) were classified as healthy (n = 10) and those with CMT (+) were classified as subclinical mastitis group (n = 10). The study presented is a basic feature and results clearly showed that significant amounts of NO was released in plasma during subclinical mastitis. There was no statistically significant difference between cows with or without subclinical mastitis for plasma TAC, TOC, albumin, total protein, globulin, glucose, albumin/globulin levels and GGT activity. Consequently, nitric oxide is an important mediator in subclinical mastitis as a potential target of therapeutic strategies and can be evaluated in alternative diagnosis.

**Keywords:** Subclinical mastitis, Cow, Nitric oxide

<sup>1</sup> Canan GULMEZ (Orcid ID: 0000-0003-3253-1407), Department of Pharmacy Services, Tuzluca Vocational High School, Iğdir University, Iğdir-Turkey

<sup>2</sup> Onur ATAKISI (Orcid ID: 0000-0003-1183-6076), Department of Chemistry, Faculty Science and Letter, Kafkas University, Kars-Turkey

\*Corresponding Author: Canan GULMEZ, e-mail: canan\_glm@hotmail.com

Geliş tarihi / Received: 14-05-2020

Kabul tarihi / Accepted: 27-07-2020

## INTRODUCTION

Mastitis, defined as an “inflammation of the mammary gland”, decreases milk yield and quality in lactating cows. Since mastitis is an important disease affecting daily milk yield, it negatively affects both animal welfare and economic profit. Also, it has a high treatment cost and high culling rate (Seegers et al., 2003) While clinical mastitis is easily identified (changes in milk visible in the dark-bottomed mug test), subclinical mastitis is diagnosed with California Mastitis Test (CMT) as well as somatic cell counts in milk (Brito et al., 2006).

Currently, there are limited number of effective treatment options involving the use of antibiotics, and most bacteria (*Escherichia coli*, *staphylococci*, and *streptococci* etc.) that causes mastitis have been found to be resistant to drugs used in farms. In two different studies using ceftiofur hydrochloride in the treatment of clinical and subclinical mastitis, 70% and 65.8% of the cows recovered, respectively (Cortinhas et al., 2016; Regev et al., 2018; Zduńczyk and Janowski, 2020). In most countries, milk is allowed to sell when antibiotic residues are zero or too low. When the literature is examined, antibiotic residues were found in milk for a certain period of time after ceftiofur application (Neto et al., 2015; Cristina et al., 2010). The duration of antibiotic therapy, along with the milk withdrawal period, can cause milk loss for about 6-10 days and worsen economic losses (Bhosale et al., 2014; Conzuelo et al., 2013).

Excessive amounts of neutrophils, macrophages, lymphocytes and eosinophils are produced in milk as a response of mammary tissue to microorganisms. Increased levels of tumor necrosis factor- $\alpha$ , interleukin-1 $\beta$ , interleukin 6, interleukin 8 (TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , IL-6, IL-8) and nitric oxide (NO) have been reported during infection. Nitric oxide is a signaling molecule that has important roles in biological systems. It has been shown to act as an endocrine molecule in recent years (Simontacchi et al., 2013). NO produce in higher amount during inflammation by inducible nitric oxide synthase (iNOS) and activated by cytokines, known as primer defense system (Lee et al., 2017). During inflammation, NO increases and reacts with superoxide anions leading to formation of peroxynitrite radical (Beckman et al., 1990) and free radicals (Pryor and Squadrito, 1997). Oxidative stress occurs when the balance between antioxidant and oxidant system changes in favor of oxidants. The oxidative stress has been observed in pneumonia, sepsis and mastitis diseases in farm animals and rodents. Free radicals that causes oxidative stress are produced in inflammation and oxidative reactions and accumulate in cells and tissues, thereby causing injury (Lykkesfeldt and Svendsen, 2007; Basu and Eriksson, 2001; Ilgun et al., 2016). In this sense, early diagnosis and treatment of mastitis is important as it will minimize economic losses. The aim of this study is to investigate the effect of subclinical mastitis on some biochemical parameters including NO, total antioxidant capacity (TAC), total oxidant capacity (TOC), albumin, total protein, globulin, glucose and gamma glutamyl transpeptidase activity (GGT) in circulating blood and to evaluate the potential of these parameters to be a marker for the early diagnosis of mastitis in cows.

## MATERIAL AND METHODS

The research was carried out in Brown Swiss and Holstein cows, which were housed under the same feeding and stable conditions at Atatürk University, Veterinary Faculty, Research and Training Farm. First, the mammary lobes of the animals were scanned with the California Mastitis Test (CMT) and those with subclinical mastitis were identified. Samples with CMT (-) were classified as healthy (n = 10) and those with CMT (+) were classified as subclinical mastitis group (n = 10). Blood samples were taken from the animals into EDTA tubes and their plasma was obtained by centrifugation at 3000 rpm

for 15 minutes. Samples were stored at  $-20^{\circ}\text{C}$  until to be assayed. Total antioxidant and total oxidant capacity levels, albumin, total protein, glucose and NO levels and GGT activity were determined calorimetrically in the plasma samples. All chemicals and reagent were analytical grade products from Sigma (St. Louis, MO, USA).

## Biochemical analysis

### Determination of total antioxidant (TAC) and total oxidative capacity (TOC) levels

The TAC and TOC in the samples were determined as colorimetric (PowerWave XS, BioTek, Instruments, USA) with the commercial kit (Rel Assay, Mega Tıp San.Tic.Ltd.Sti., Gaziantep, Turkey). The principle of total antioxidant capacity measurement is based on the decolorization of the 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt (ABTS) in the dark green color of the antioxidant substances present in the samples. The absorbance change of the samples at 660 nm varies in proportion to the concentration of antioxidants. The principle of total oxidant capacity measurement is based on the oxidation of the oxidant molecules in the samples to the ferrous ion-chelate complex to the ferric ion and measuring the color formed at 530 nm. Trolox and hydrogen peroxide in total oxidant capacity was used as standard for total antioxidant capacity in (Erel, 2015).

### Nitric oxide (NO) assay

Plasma NO levels, Miranda et al. (2001) measured colorimetrically. Firstly, the samples were treated with 10% zinc sulfate and proteins were removed. The nitrate contained in the samples was converted to nitrite with vanadium (III) chloride. It is based on the principle of the formation of the diazonium compound, based on the color formed by the reaction of sulfanilamide with N- (1-Naphtyl) ethylenediamine dihydrochloride in acidic medium. Different concentrations of nitrate and nitrite were used as standard in the measurements.

### Determination of levels of plasma glucose, total protein, albumin, globulin and gamma glutamyl transpeptidase activity

The glucose, total protein, albumin levels and gamma glutamyl transpeptidase activity in plasma samples were determined using commercial kits via colorimetrically (TML®, Ankara, Turkey). The globulin concentration was calculated by subtraction of the albumin value from the total protein value.

### Statistical analysis

Statistical analyses were performed in triplicate and average values with standard deviation (mean  $\pm$  SD) are reported. Biochemical parameters were analyzed by ANOVA followed by post hoc Tukey test using SPSS 16.0 software package (SPSS ver. 16.0 for windows professional edition). Values were considered statistically significant if P value was less than 0.05.

## RESULTS

The NO, TAC, TOC, albumin, total protein, glucose levels and GGT activity in plasma samples were investigated (Table 1). There was no statistically significant difference between plasma total antioxidant and total oxidant capacity, albumin, total protein, globulin, glucose and albumin/globulin levels and GGT activities of healthy and with subclinical mastitis cows. Nitric oxide levels were significantly ( $P < 0.05$ ) higher in plasma samples with subclinical mastitis group compared to healthy group. It was  $9.32 \mu\text{mol L}^{-1}$  in the healthy group and  $14.54 \mu\text{mol L}^{-1}$  in subclinical mastitis.



**Table 1.** Plasma NO, TAC, TOC, albumin, total protein, globulin, glucose levels and GGT activity in healthy cows and cows with subclinical mastitis.

Parameters	Healthy	Subclinical mastitis	P
Nitric oxide ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ )	9.32 $\pm$ 1.30	14.54 $\pm$ 1.94	P<0.05
TAC (mmol Trolox Equiv. L <sup>-1</sup> )	0,519 $\pm$ 0,11	0,464 $\pm$ 0.057	Ns
TOC ( $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ Equiv. L <sup>-1</sup> )	0,215 $\pm$ 0,045	0,185 $\pm$ 0,053	Ns
GGT (U L <sup>-1</sup> )	15,84 $\pm$ 0.507	16.0 $\pm$ 1.15	Ns
Albumin (g dL <sup>-1</sup> )	3,81 $\pm$ 0.056	3,69 $\pm$ 0.77	Ns
Total Protein(g dL <sup>-1</sup> )	6,66 $\pm$ 0.12	6,91 $\pm$ 0.14	Ns
Globulin (g dL <sup>-1</sup> )	2.97 $\pm$ 0.13	3.10 $\pm$ 0.17	Ns
Albumin/Globulin (g dL <sup>-1</sup> )	1.27 $\pm$ 0.082	1,26 $\pm$ 0.078	Ns
Glucose (mg dL <sup>-1</sup> )	56.77 $\pm$ 1.18	55.74 $\pm$ 1.79	Ns

Ns: Non significant

## DISCUSSIONS

We used the subclinical mastitis model to investigate the possibility that nitric oxide acts as an inflammatory mediator in this disease (Ingman et al., 2014). Also, the effects of subclinical mastitis in cows on some biochemical parameters were examined. The study presented is a basic feature and results clearly showed that 1) significant amounts of NO are released during subclinical mastitis; 2) subclinical mastitis did not cause a change in levels of plasma TAC, TOC, albumin, total protein, globulin, glucose and GGT activity.

Nitric oxide is a molecule that is produced significantly from mammary gland epithelial cells and macrophages during inflammation and regulates many biological processes. In the endotoxin-induced mastitis model, an increased nitric oxide level in milk was noted as the response of the mammary gland to inflammation. The NO was reported to affect the release of prostaglandin and leukotrienes by bovine mammary gland during experimentally induced mastitis in vivo and in vitro (Piotrowska-Tomala et al., 2015) It has been stated that nitric oxide production increases in cows (n = 15) with endotoxin-induced mastitis and this increase is due to the activity of the inducible form of nitric oxide synthase in the inflammatory response process (Bouchard et al., 1999). In the study in which 15 cows with clinically mastitis and 25 cows subclinical mastitis were examined, it was observed that milk IL-6, lysozyme and nitric oxide levels increased in both groups compared to the control. The milk nitric oxide levels of control, subclinical and clinical mastitis groups was 5.59, 6.23 and 11.51  $\mu\text{M mL}^{-1}$ , respectively (Osman et al., 2010).

Silanikove et al. (2014) reported that milk nitrite, nitrate and S-nitrosamine levels increased significantly in goats (n=15) with subclinical mastitis compared to control. In another study, production, composition and milk quality of healthy and with subclinical mastitis was investigated. It was recorded that milk nitrite/nitrate levels increased in sheep with mastitis. (Alba et al., 2019). Atakisi et al. (2010) found that milk NO level and TOC increased in Brown Swiss and Holstein breed cows with subclinical mastitis (n=35). The milk nitric oxide levels were determined 3.96 and 8.89  $\mu\text{mol L}^{-1}$  in healthy and subclinical mastitis cows, respectively. In the current study, it was reported that plasma nitric oxide levels increased significantly in cows with subclinical mastitis. These levels for control and subclinical mastitis groups were 9.32 and 14.54  $\mu\text{mol L}^{-1}$ , respectively. In this sense, changes in nitric oxide level have the potential for alternative diagnosis of subclinical mastitis during inflammation.

During inflammation, NO reacts with superoxide ions, which leads to the formation of peroxynitrite radicals, and these radicals cause lipid peroxidation and formation of free radicals. Acute

phase response is a response to inflammation, tissue injury and immunological disorders in an organism and is characterized by many physiological processes including metabolic and systemic changes. Acute phase proteins, which are the most important components in the response, are very important in the diagnosis, evaluation, treatment and prognosis of various diseases, including inflammation-related diseases. The function of the acute phase proteins (APPs) released in response to inflammation is to prevent free radical scavenging, oxidation of lipids, binding bacterial components and preventing microbial growth. Total protein, albumin, and globulin are some of the APPs (Tuthova et al., 2014). The inflammation profile of cows with subclinical and clinical mastitis was characterized by an increase in acute phase proteins (Serum amyloid A, haptoglobin, complement C3, serpin A3-1, vitronectin) and a decrease in antioxidative and anti-inflammatory proteins (PON1, PAF-AH, apoA-I, complement factor H, C4b-binding protein alpha chain) (Turk et al., 2012). Recently, the active immune response has been recognized to increase glucose demand by the immune system., During mastitis, the use of glucose for both immune system functions (production of reactive oxygen species (ROS) and antibodies) and milk synthesis in the activated immune cells reduces the amount of substrate (glucose, amyloid A). Substrate competition is an important mechanism that reduces milk yield in mastitis (Enger 2019).

It was recorded that milk ROS levels increased in mastitis group. There was no statistically significant difference between serum glucose, total protein, globulin, albumin and ROS levels in control and mastitis groups (Alba et al., 2019). Nedic et al. (2019) show that TAC levels were lower in blood serum and milk serum of cows from subclinical mastitis group (n=55) compared to control group. It has been reported that mastitis also causes changes in saliva biomarkers of cows that reflect inflammation and oxidative stress in animals. When the control and mastitis groups were compared, it was shown that FRAP (ferric reducing ability of plasma) and CUPRAC (cupric reducing antioxidant capacity) methods, which are the methods of determining total antioxidant capacity, did not change salivary levels, while the serum CUPRAC level was low in the mastitis group. In addition, there was no statistically significant difference in total protein levels between both groups (Contreras-Aguilar et al., 2019). In this study, there was no statistically significant difference between plasma total antioxidant and total oxidant capacity, albumin, total protein, globulin, glucose and albumin/globulin levels of healthy and with subclinical mastitis cows. Usually, alanine aminotransferase (ALT), aspartate aminotransferase (AST), alkaline phosphatase (ALP) and GGT enzymes are used to evaluate the functions of the liver. The levels of these enzymes are used as an indicator of damage in a spectrum ranging from inflammation to necrosis rather than indicating liver function (Giannini et al., 2005). In the presented study, there was no statistically significant difference between plasma GGT activity levels of healthy and with subclinical mastitis cows.

In three different in vitro and in vivo (cows and cattle) experiments, where nitric oxide-releasing solution (NORS) can be used as a potential antimicrobial treatment tool for bovine mastitis, NORS was lowered the bacterial concentration in all infected samples, in a time and milk-diluted dependent fashion. Also, the blood and milk nitrite concentrations was increased initially but, during the next 24 h, returned to normal range. They suggested that NORS may have more than one effect as an alternative to antibiotics. It is effective against NORS drug-resistant mastitis infections and reaches shorter cleaning times. Therefore, it has been reported that its use can be safe (Regev et al., 2018). Cardozo et al. (2014) were prepared NO-releasing polymeric particles composed of alginate/chitosan or chitosan/sodium tripolyphosphate against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* and used to encapsulate mercaptosuccinic acid (MSA), which is a thiol-containing molecule. The results show that NO-releasing polymeric particles might be used to combat bacteria in treating and preventing bovine mastitis.

## CONCLUSION

Subclinical mastitis negatively affected milk production, composition and milk quality in cows and cause significant economic losses. To reduce these negative effects of mastitis, it is necessary to understand inflammation reactions and identify and target the mediators involved in inflammation. In this sense, the study presented is a basic feature and it has been observed that NO levels change without changing the acute phase proteins and oxidant and antioxidant capacity levels. Consequently, NO is an important mediator in subclinical mastitis as a potential target of therapeutic strategies and can be evaluated in alternative diagnosis in plasma.

## REFERENCES

- Alba DF, da Rosa G, Hanauer D, Saldanha TF, Souza CF, Baldissera MD, Da Silva AS, 2019. Subclinical mastitis in Lacaune sheep: Causative agents, impacts on milk production, milk quality, oxidative profiles and treatment efficacy of ceftiofur. *Microbial Pathogenesis*, 137: 103732.
- Atakisi O, Oral H, Atakisi E, Merhan O, Pancarci SM, Ozcan A, Marasli S, Polat B, Colak A, Kaya S, 2010. Subclinical mastitis causes alterations in nitric oxide, total oxidant and antioxidant capacity in cow milk. *Research in Veterinary Science*, 89(1): 10-13.
- Basu S, Eriksson M, 2001. Retinol palmitate counteracts oxidative injury during experimental septic shock. *Annals of the Academy of Medicine*, 30: 265–269.
- Beckman JS, Beckman TW, Chen J, Marshall PA, Freeman BA, 1990. Apparent hydroxyl radical production by peroxynitrite: implications for endothelial injury from nitric oxide and superoxide. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 87: 1620–24.
- Bhosale RR, Osmani RA, Ghodake PP, Shaikh SM, Chavan SR, 2014. Mastitis: an intensive crisis in veterinary science. *International Journal of Pharma Research and Health Sciences*, 2: 96–103.
- Bouchard L, Blais S, Desrosiers C, Zhao X, Lacasse P, 1999. Nitric oxide production during endotoxin-induced mastitis in the cow. *Journal of Dairy Science*, 82(12): 2574-2581.
- Brito M, González FD, Ribeiro LA, Campos R., Lacerda, L, Barbosa PR, Bergmann, G, 2006. Composição do sangue e do leite em ovinos leiteiros do sul do Brasil: variações na gestação e na lactação. *Ciência Rural*, 36 (3): 942–948.
- Cardozo VF, Lancheros CA, Narciso AM, Valereto EC, Kobayashi RK, Seabra AB, Nakazato, G, 2014. Evaluation of antibacterial activity of nitric oxide-releasing polymeric particles against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* from bovine mastitis. *International Journal of Pharmaceutics*, 473(1-2): 20-29.
- Contreras-Aguilar MD, Monkeviciene I, Ceron JJ, Silinskas I, Vallejo-Mateo PJ, Tecles F, Zelvyte R, 2019. Biochemical changes in saliva of cows with inflammation: A pilot study. *Research in Veterinary Science*, 124: 383-386.
- Conzuelo F, Campuzano S, Gamella M, Pinacho DG, Reviejo AJ, Marco MP, Pingarrón JM, 2013. Integrated disposable electrochemical immunosensors for the simultaneous determination of sulfonamide and tetracycline antibiotics residues in milk. *Biosensors and Bioelectronics*, 50: 100–105.
- Cortinhas CS, Tomazi T, Zoni MSF, Moro E, Santos, MV, 2016 Randomized clinical trial comparing ceftiofur hydrochloride with a positive control protocol for intramammary treatment of nonsevere clinical mastitis in dairy cows. *Journal Dairy Science*, 99 (7): 5619–5628.
- Cristina M, Melo RT, Mendonça EP, Coelho LR, Rossi DA, 2010. Uso de ceftiofur em vacas leiteiras e sua excreção no leite, *PUBVET. Londrina* 4 (33): 931–937.
- Enger BD, 2019. Invited Review: Reevaluating how mastitis reduces milk yield: Discussion of competitive substrate utilization. *Applied Animal Science*, 35(4): 408-415.
- Erel O, 2005. A new automated colorimetric method for measuring total oxidant status. *Clinical Biochemistry*, 38: 1103–1111.

- Giannini EG, Testa R, Savarino V, 2005. Liver enzyme alteration: a guide for clinicians. *Canadian Medical Association Journal*, 172(3): 367-379.
- Ilgun T, Dalgınlı KY, Gulmez C, Atakisi O, 2016. Changes in the levels of liver HSP70, plasma nitric oxide and antioxidative system in experimentally induced endotoxemia mouse model and the role of reduced glutathione. *Turkish Journal of Biology*, 40: 1272-1277.
- Ingman WV, Glynn DJ, Hutchinson MR, 2014. Inflammatory mediators in mastitis and lactation insufficiency. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*, 19(2):161-167.
- Lee M, Rey K, Besler K, Wang C, Choy J, 2017. Immunobiology of nitric oxide and regulation of inducible nitric oxide synthase. *Macrophages*, 62: 181-207
- Lykkesfeldt J, Svendsen O, 2007. Oxidants and antioxidants in disease: oxidative stress in farm animals. *Veterinary Journal*, 173: 502–511.
- Miranda KM, Espey MG, Wink DA, 2001. A rapid, simple spectrophotometric method for simultaneous detection of nitrate and nitrite. *Nitric Oxide: Biology and Chemistry*, 5: 62–71.
- Nedić S, Vakanjac S, Samardžija M, Borozan S, 2019. Paraoxonase 1 in bovine milk and blood as marker of subclinical mastitis caused by *Staphylococcus aureus*. *Research in Veterinary Science*, 125: 323-332.
- Neto AE, Júnior FG, Santos JCA, Silva LCA, Matos RAT, 2015. Evaluation of antibiotic residues in milk samples from cows after dry cow therapy. *Arquivos do Instituto Biológico*, 82: 1–4.
- Osman KM, Hassan HM, Ibrahim IM, Mikhail MM, 2010. The impact of staphylococcal mastitis on the level of milk IL-6, lysozyme and nitric oxide. *Comparative immunology, microbiology and infectious diseases*, 33(1): 85-93.
- Piotrowska-Tomala KK, Bah MM, Jankowska K, Lukasiak K, Warmowski P, Galvao AM, Skarzynski DJ, 2015. Lipopolysaccharides, cytokines, and nitric oxide affect secretion of prostaglandins and leukotrienes by bovine mammary gland during experimentally induced mastitis in vivo and in vitro. *Domestic Animal Endocrinology*, 52:90-99.
- Pryor WA, Squadrito GL, 1995. The chemistry of peroxynitrite: a product from the reaction of nitric oxide with superoxide. *American Journal of Physiology*, 268: 699–722.
- Regev G, Martins J, Sheridan MP, Leemhuis J, Thompson J, Miller C, 2018. Feasibility and preliminary safety of nitric oxide releasing solution as a treatment for bovine mastitis. *Research in Veterinary Science*, 118: 247-253.
- Seegers H, Fourichon C, Beaudeau F, 2003. Production effects related to mastitis and mastitis economics in dairy cattle herds. *Veterinary Research*. 34: 475–491.
- Silanikove N, Merin U, Shapiro F, Leitner G, 2014. Subclinical mastitis in goats is associated with upregulation of nitric oxide-derived oxidative stress that causes reduction of milk antioxidative properties and impairment of its quality. *Journal of Dairy Science*, 97(6): 3449-3455.
- Simontacchi M, Garcia-Mata C, Bartoli Cg, Santa-Maria Ge, Lamattina L, 2013. Nitric oxide as a key component in hormone-regulated processes. *Plant Cell Reports*, 32(6): 853-866.
- Tothova CS, Nagy O, Kovac G, 2014. Acute phase proteins and their use in the diagnosis of diseases in ruminants: a review. *Veterinarni Medicina*, 59(4).
- Turk R, Piras C, Kovačić M, Samardžija M, Ahmed H, De Canio M, ... Roncada P, 2012. Proteomics of inflammatory and oxidative stress response in cows with subclinical and clinical mastitis. *Journal of Proteomics*, 75(14): 4412-4428.
- Zduńczyk S, Janowski T, 2020. Bacteriophages and associated endolysins in therapy and prevention of mastitis and metritis in cows: Current knowledge. *Animal Reproduction Science*, 106504.

## Facile One-pot Synthesis of A Novel Propargyl-Azulene Hybrid Derivative: Cycloaddition Reaction and Some Spectroscopic Properties

Musa ERDOĞAN<sup>1\*</sup>

**ABSTRACT:** Guaiazulene, *1,4-dimethyl-7-isopropylazulene*, is one of the non-benzenoid aromatic compounds consisting of fused of the seven- and the five-membered ring. Guaiazulene is an important natural product and having great potential due to its unique optical and electronic properties. In this study, a method for propargyl insertion into the C-4 methyl group of the guaiazulene is developed. A one-pot reaction of the guaiazulene, LDA, and propargyl bromide in THF affords the corresponding a new propargyl-azulene hybrid derivative. Additionally, Diels-Alder cycloaddition reaction between the propargyl-GA and tetraphenylcyclopentadienone was performed, and the cycloadduct was obtained with excellent yield. The structures of new compounds were elucidated on the basis of extensive spectroscopic (IR, NMR, and UV-vis) data analysis. This approach may be potentially useful for the development of the new azulene derivatives.

**Keywords:** Azulene, guaiazulene, propargylation, alkynylation, one-pot synthesis, Diels-Alder, cycloaddition

<sup>1</sup>Musa ERDOĞAN (Orcid ID: 0000-0001-3097-2862), Kafkas Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Kars, Türkiye.

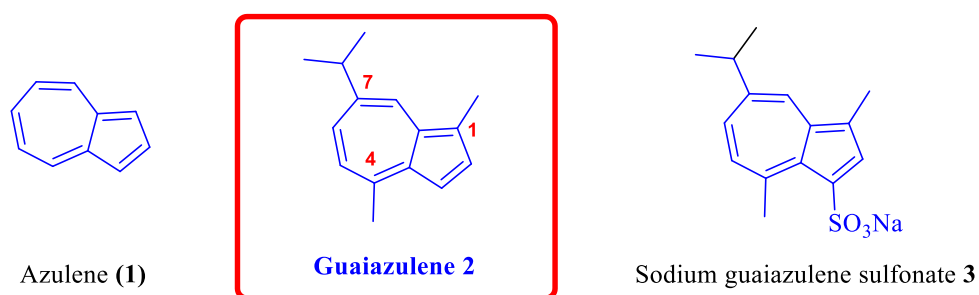
\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Musa ERDOĞAN, musaerdogan0@gmail.com

Geliş tarihi / Received: 11-05-2020  
Kabul tarihi / Accepted: 25-06-2020



## INTRODUCTION

Azulene (**1**) is a non-alternant aromatic hydrocarbon that has fascinated chemists for many years due to its excellent blue color and high dipole moment (Cowper et al., 2016; Narita et al., 2018). Azulene skeleton is one of the bicyclic aromatic systems containing  $10\pi$ -electron (Kiriazis et al., 2017) (Figure 1). The azulene (**1**) one of the isomer of colorless naphthalene and displays a blue color that has fascinated people since medieval times (Amir et al. 2011; Woodward et al., 2016). In general, naturally occurring derivatives can be obtained from plant sources (Gordon, 1952). The most typical features of azulene derivatives are the ability to have redox processes easily. It has also a polar character due to the contributions of charged aromatic scaffold structures such as cyclopentadienyl anion and tropylium cation (Aumüller and Yli-Kauhaluoma 2009). The fused two-ring system contributes to the dipolar nature of the molecule with a high, 1.08 D dipole moment and increased reactivity. Five-membered cyclopentadienyl unit of the azulene carries a partial negative charge, so electrophilic aromatic substitution reactions ( $S_{EAr}$ ) occur at the C1 and C3 positions of this unit (Székely et al., 2017). Therefore, substituted azulene reported in the literature relates to the positions, which are the most reactive in  $S_{EAr}$  reactions.

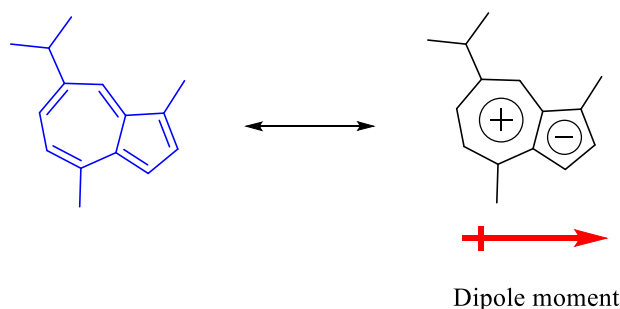


**Figure 1.** Structures of azulene (**1**), guaiazulene **2** and sodium guaiazulene sulfonate **3**.

With their unique chemical and electronic properties, the substituted azulenes have diverse applications in medicinal chemistry (as antiulcer (Yanagisawa et al., 1988), antidiabetic (Imamura et al., 2012), anticancer (Asato et al., 1993), antiarrhythmic (Tanaka and Shigenobu, 2001) and anti-erectile-dysfunction (Shoji et al., 2020) agents, and as TXA2 receptor antagonists (Tomiyama et al., 1993)), in photosensitizers (Ghasimi et al., 2016), multistate switches (Vlasceanu et al., 2016), as metal-organic frameworks for hydrogen storage (Barman et al., 2010), chromophores (Wang et al., 1999; Zadeh et al., 2015).

Guaiazulene (GA) **2** is a natural derivative of the azulene (**1**) and can be extracted from plants. It is found in nature as a component of the pigments of mushrooms, guaiac wood oil, and some marine invertebrates, and these natural resources currently serve as commercial sources. The GA **2** is an FDA approved cosmetic color additive and has potential applications as an anti-inflammatory, pain reliever, antioxidant, antiviral, and anti-ulcer drug. Due to its rose-like scent, it is used as a fragrance in some formulations. Because of these multiple uses, the discovery of simple access to guaiazulene derivatives would be very useful (Zhao et al., 2013). The GA **2** is the main active ingredient of the plant '*Matricaria chamomilla L.*', and displays alluring pharmacological properties, including antipepsin, antiinflammatory, antianaphylaxis and promoting mucosa's metabolism (Zhang et al., 2011; Cao et al., 2016). Sodium guaiazulene sulfonate **3**, a hydrophilic derivative of GA **2** with its excellent anti-inflammatory effect, is the main component of *Compound Glutamine Granules* which used in gastric ulcer treatment (Seo et al., 1996; Chen et al., 2012). Among the known natural pigments, the GA **2** has recently gained popularity due to its interesting physical and electronic properties. As a non-toxic natural

product found in *Guajacum Officinale* and *Matricaria chamomilla* oils and lively blue mushroom *Lactarius indigo*, the GA **2** is approved by the FDA as a cosmetic color additive. GA core exhibits a relatively large permanent dipole moment because it contains a fused electron-rich cyclopentadiene and electron-poor heptathrine skeleton, which causes aromatic delocalization energy to be 5 times lower than that of benzene (Zhao et al., 2013; Ghazvini et al., 2015) (Figure 2).



**Figure 2.** Resonance structures of the guiazulene **2**.

The GA core has low transition energy to the S1 state and an unusually large S1-S2 gap, where S1 and S2 refer to the first and second electronically excited states, respectively. As a result of the high electron density in the C-3 position, the GA **2** can easily participate in the S<sub>E</sub>Ar. In fact, the treatment of GA **2** with strong acids leads to protonation at the C-3 position and the formation of a resonance-stabilized 6π-electron tropylium cation. Conjugated systems, resulting from hybridization of the GA nucleus with different conjugated units, show significant optical, electrochemical, and electrochromic properties (Zadeh et al., 2015). These systems have diverse applications such as modular building blocks for the construction of conducting polymers, as cathode modification layers in bulk-heterojunction solar cells, and in electrochromic and nonlinear optical materials (Takekuma et al., 2012; Ghazvini et al., 2015). Despite all this, these fascinating and electronic approaches often suffer from excessively long, low efficiency, or general lack. Access to most of azulens' replacement templates is still difficult (Crombie et al., 2004; Carret et al., 2005). Therefore, the development of efficient synthetic methods of these compounds from the easily available starting materials is in constant demand. In this context, it is important to hybridize the GA with an important functional group due to the preparation of azulene derivatives (Park et al., 2014).

There is a limited number of synthesis related to derivatives from 4 positions of the GA in the literature (Kurokawa, 1983; Razus et al., 2008; Aumüller et al., 2011; Zhao et al., 2013; Cao et al., 2016; Woodward et al., 2016). There is also only one study in the literature that is about directly the propargylation from the 3-position of GA core (Székely et al., 2017) [8]. Herein, we focus on the placed of propargyl into the 4-position on the seven-membered ring of the GA scaffold. This approach offered the possibility of synthesizing a new propargyl-azulene hybrid derivative. We also examined the Diels-Alder cycloaddition reaction between the obtained propargyl-GA **4** and tetraphenylcyclopentadienone **5**.

## MATERIALS AND METHODS

### Materials

The reaction was carried out under nitrogen atm. and monitored by TLC and/or <sup>1</sup>H-NMR spectroscopy. THF, used as a solvent, was dried and distilled before use. Column chromatography was performed on silica gel (60 mesh, Merck) or on neutral alumina. TLC was carried out on silica gel 60 HF254 aluminum plates (Fluka). The one and two dimensional <sup>1</sup>H spectra were recorded on a Varian-

400 or a Bruker-400 spectrometer in  $\text{CDCl}_3$  using tetramethylsilane as the internal reference. All spectra were recorded at 25 °C and coupling constants ( $J$  values) are given in Hz. Chemical shifts are given in parts per million (ppm). Abbreviations used to define the multiplicities are as follows: s = singlet; d = doublet; dd = doublet of doublets; td = triplet of doublets. IR spectra were recorded on an Perkin Elmer FT-IR spectrometer. Absorption spectrometry was performed using a Perkin Elmer Lambda 35 spectrophotometer. Absorbance spectroscopy measurement was kept in  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  (5  $\mu\text{M}$ ).

### Experimental procedure

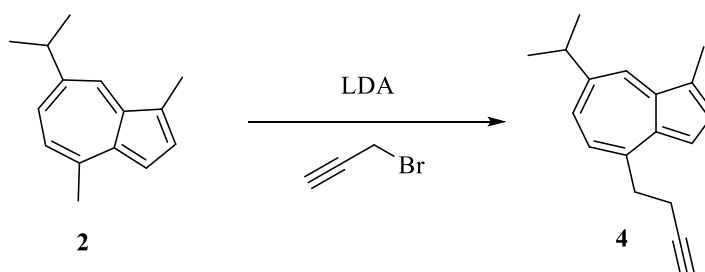
**Synthesis of the propargyl-GA 4:** Under nitrogen atm., a solution of *n*-BuLi in hexane (2.5 M, 2.52 mL, 6.30 mmol) was added to a solution of dry diisopropylamine (1.24 mL, 8.82 mmol) in dry THF (10 mL) cooled at -78 °C. After 40 min, a solution of guaiazulene **2** (0.50 g, 1.31 mmol) in dry THF (15 mL) was added and the mixture was maintained at the same temperature for 30 min. The solution is allowed to warm to -10 °C. During this time the color changes from blue to brown-yellow. Then, the solution is cooled again to -78 °C and the propargyl bromide (0.30 mL, 2.77 mmol, 80 wt. % in toluene) is added dropwise. The solution is stirred for 30 min at -78 °C and then allowed to warm to rt slowly. The resulting mixture was stirred at the same temperature for 12 h. Meanwhile, a color change from brown-yellow to black-blue is observed. The final mixture was diluted with water (50 mL) and extracted with EtOAc (3  $\times$  50 mL). Combined EtOAc extracts were dried over  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , and concentrated in vacuo. The crude product was purified by column chromatography on silica gel (25% EtOAc/*n*-hexane). The obtained solid was recrystallized from  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ /*n*-hexane (9:1) to give black-blue crystals the propargyl-GA **4** (yield 580 mg, 97%). 4-(*But-3-yn-1-yl*)-7-isopropyl-1-methylazulene (**4**): Mp. 134 °C,  $^1\text{H}$  NMR (400 MHz,  $\text{CDCl}_3$ ):  $\delta$  = 8.20 (d,  $J$  = 1.8 Hz, 1H), 7.66 (d,  $J$  = 3.7 Hz, 1H), 7.44 (dd,  $J$  = 10.7, 1.8 Hz, 1H), 7.29 (d,  $J$  = 3.7 Hz, 1H), 7.05 (d,  $J$  = 10.7 Hz, 1H), 3.40 (t,  $J$  = 7.5 Hz, 2H), 3.09 (sept,  $J$  = 6.9 Hz, 1H), 2.70 (td,  $J$  = 7.5, 2.5 Hz, 2H), 2.68 (s, 3H), 2.04 (t,  $J$  = 2.5 Hz, 1H), 1.37 (d,  $J$  = 6.9 Hz, 6H). IR ( $\text{cm}^{-1}$ ): 3289, 2962, 2928, 2871, 2117, 1695, 1602, 1432, 1384, 1362, 1156, 1067, 1052.

**Synthesis of the compound 6:** Tetraphenylcyclopentadienone **5** (0.976 g, 2.54 mmol) was added to a solution of the propargyl-GA **4** (0.500 g, 2.12 mmol) in *o*-xylene (30 mL) under  $\text{N}_2$  atm. The reaction mixture was heated for 12 h at 160 °C. The resulting reaction mixture was poured into MeOH and the precipitate filtered off. The cycloadduct **6** was obtained by repeated precipitation from EtOH until the red color of the tetraphenylcyclopentadienone **5** had disappeared. The residue was purified via column chromatography on silica gel (100 g) by eluting with 5% EtOAc/*n*-hexane to give the cycloadduct **6** (1.22 g, 97%). 4-(2-(3',6'-Diphenyl-[1,1':2',1''-terphenyl]-4'-yl)ethyl)-7-isopropyl-1-methylazulene (**6**): Mp. 139-141 °C.  $^1\text{H}$  NMR (400 MHz,  $\text{CDCl}_3$ ):  $\delta$  = 8.15 (d,  $J$  = 1.8 Hz, 1H), 7.52-7.50 (m, 2H), 7.34 (dd,  $J$  = 1.8, 10.6 Hz, 1H), 7.27-7.15 (m, 9H), 6.94-6.81 (m, 11H), 6.77 (d,  $J$  = 3.7 Hz, 1H), 6.73 (d,  $J$  = 10.6 Hz, 1H), 3.31-3.27 (m, 2H), 3.11-3.04 (m, 3H), 2.64 (s, 3H), 1.35 (d,  $J$  = 7.0 Hz, 6H).  $^{13}\text{C}$  NMR (100 MHz,  $\text{CDCl}_3$ ):  $\delta$  = 148.43, 142.21, 142.06, 141.08, 140.83, 140.65, 140.30, 140.27, 139.92, 139.43, 138.38, 137.08, 136.62, 136.11, 135.49, 133.38, 131.83, 131.49, 130.88, 130.67, 130.19, 127.93, 127.80, 127.09, 126.77, 126.52, 126.42, 125.71, 125.49, 125.36, 124.78, 112.53, 40.67, 38.47, 36.43, 24.99, 13.13. IR ( $\text{cm}^{-1}$ ): 3054, 3023, 2958, 2928, 2866, 1710, 1600, 1575, 1555, 1526, 1495, 1440, 1387, 1364, 1321, 1263, 1206, 1178, 1154, 1072, 1026, 912, 887, 807.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Synthesis

Starting from the GA **2**, more than one methyl group can be involved by the nucleophilic addition. Our approach was to extend the guaiazulene carbon framework through nucleophilic addition of the resonance-stabilized anion **2**<sup>-</sup> to propargyl bromide, yielding the propargyl-GA **4**. It is well known that, due to the hyperconjugation of methyl at the 4-positions of a GA **2**, the C $\alpha$  protons of the alkyl groups can be removed using a strong base such as LDA (Balduzzi et al., 2004). Typically, the resulting azulene carbanions are quite stable due to the presence of an aromatic cyclopentadienyl anionic moiety in their resonance forms. In the literature, the carbanion **2**<sup>-</sup> has a limited number of nucleophilic addition reactions with electrophilic centers (Kurokawa, 1983; Razus et al., 2008; Balduzzi et al., 2004; Aumüller et al., 2011; Woodward et al., 2016). The GA **2**, which was commercially available, became the key structure that allowed us to prepare propargyl-GA **4**.



**Figure 1.** One-pot reaction for the synthesis of the compound **4** via nucleophilic addition.

In this study, we report the one-pot synthesis of the propargyl-GA **4**, and its activation step based on Diels-Alder cycloaddition. Firstly, the compound **4** was synthesized by the nucleophilic addition reaction of the propargyl bromide with GA carbanion **2**<sup>-</sup>, which was obtained *in situ* as a result of the reaction between the acidic H-atom of the methyl group existing in the 4-position of the guaiazulene ring and LDA in THF solution (Figure 1-2), in excellent yield 97%. Then, the compound **6** was obtained by the Diels-Alder cycloaddition between the propargyl-GA **4** and tetraphenylcyclopentadienone **5** in excellent yield 97% (Figure 3).

### NMR and FT-IR analysis

The <sup>1</sup>H-NMR spectrum of compound **4** consists of sets of signals appearing in aromatic and aliphatic regions (Figure 4). In comparison with Spectra 1 in Figure 3, Spectra 2 in Figure 4 was observed that the signal of the C-4 methyl group of the guaiazulene scaffold was disappeared. In addition, it was observed that three new signals were formed in the aliphatic region, which is 3.40, 2.70, and 2.04 ppm in Figure 4. The aromatic H<sub>a</sub> protons are split into triplet only by the coupling with H<sub>b</sub> protons  $\delta=3.40$  (t,  $J = 7.5$  Hz, 2H<sub>a</sub>). H<sub>b</sub> protons resonate as a triplet of doublets at 2.70 ppm from the coupling firstly with H<sub>a</sub> and then with H<sub>c</sub> protons, two different coupling constants of ( $J = 7.5, 2.5$  Hz). In addition, the acetylenic H<sub>c</sub> proton, one of the most specific peaks, resonates as a triplet at 2.04 ppm (t,  $J = 2.5$  Hz, 1H<sub>c</sub>) due to only by the coupling with H<sub>b</sub> protons.

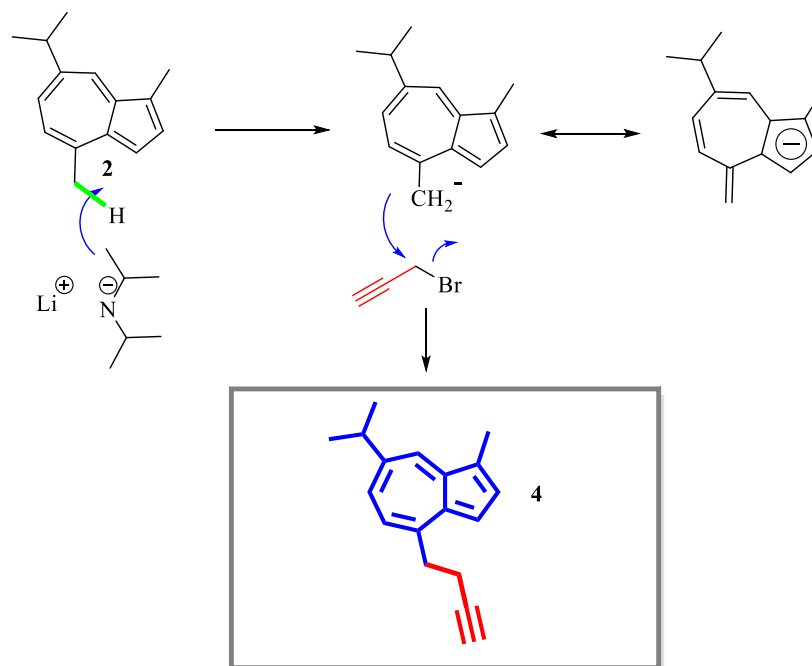


Figure 2. Synthesis mechanism for the formation of the compound 4.

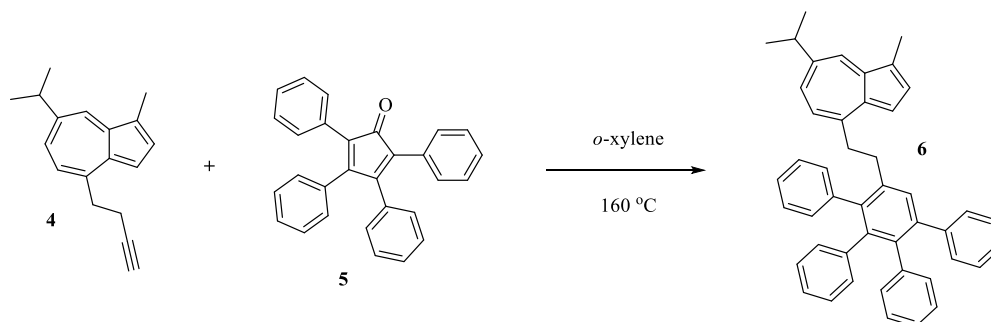


Figure 3. Synthesis of cycloadduct 6

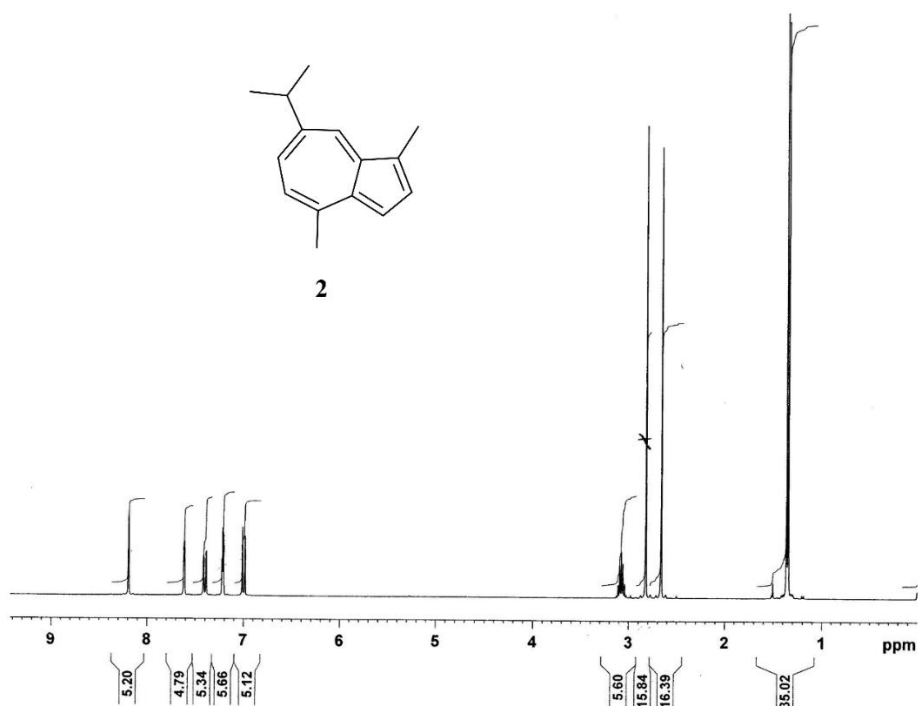


Figure 3. <sup>1</sup>H-NMR (400 MHz, CDCl<sub>3</sub>) spectrum of the compound 2 (Spectra 1).



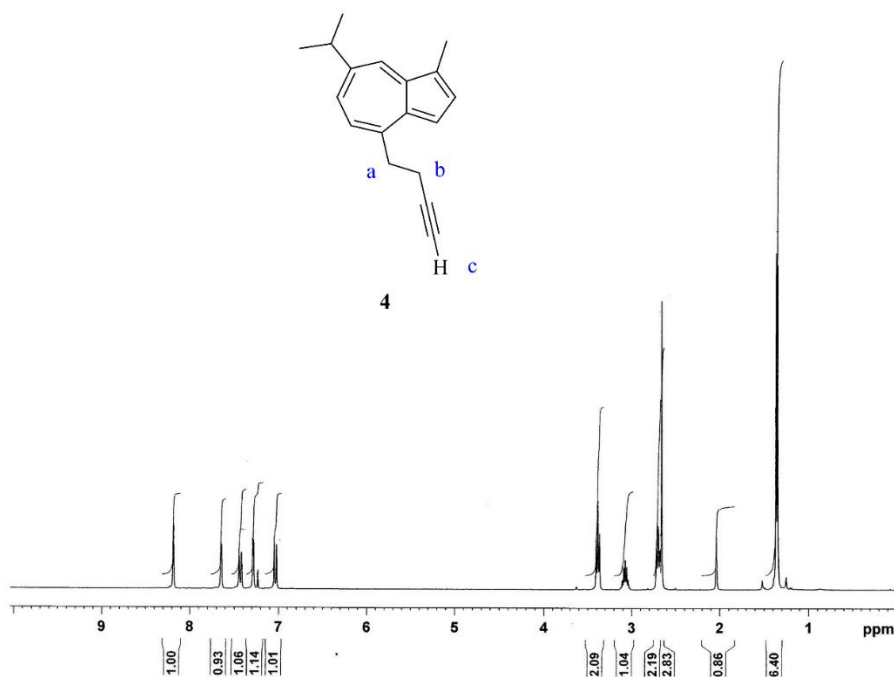


Figure 4.  $^1\text{H-NMR}$  (400 MHz,  $\text{CDCl}_3$ ) spectrum of the compound **4** (Spectra 2).

In similar to, the  $^1\text{H-NMR}$  and  $^{13}\text{C-NMR}$  spectrum of cycloadduct **6** consists of sets of signals appearing in aromatic and aliphatic regions (Figure 5-6). In comparison with the Spectra 2 (Figure 4), in the Spectra 3 (Figure 5) was observed that the signal of the propargyl functional group of the propargyl-GA **4** was disappeared. Additionally, the NMR data were in very good agreement with the structure of the cycloadduct **6**.

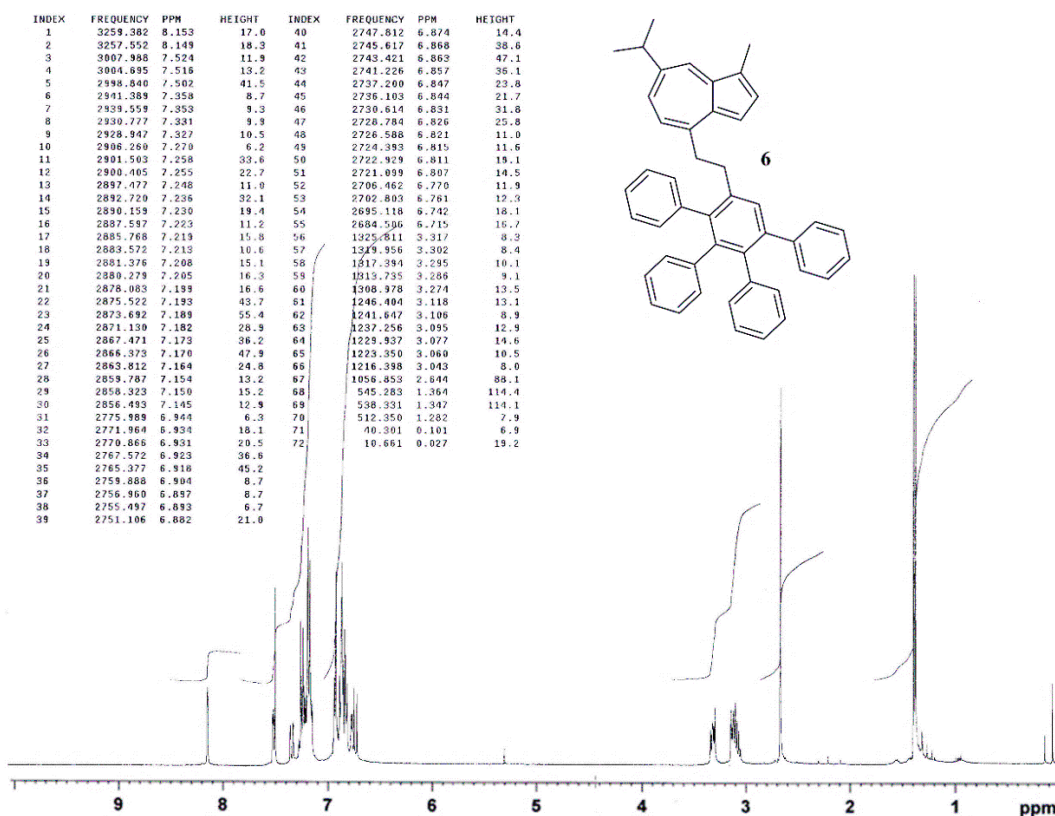


Figure 5.  $^1\text{H-NMR}$  (400 MHz,  $\text{CDCl}_3$ ) spectrum of the compound **6** (Spectra 3).

## Facile One-pot Synthesis of A Novel Propargyl-Azulene Hybrid Derivative: Cycloaddition Reaction and Some Spectroscopic Properties

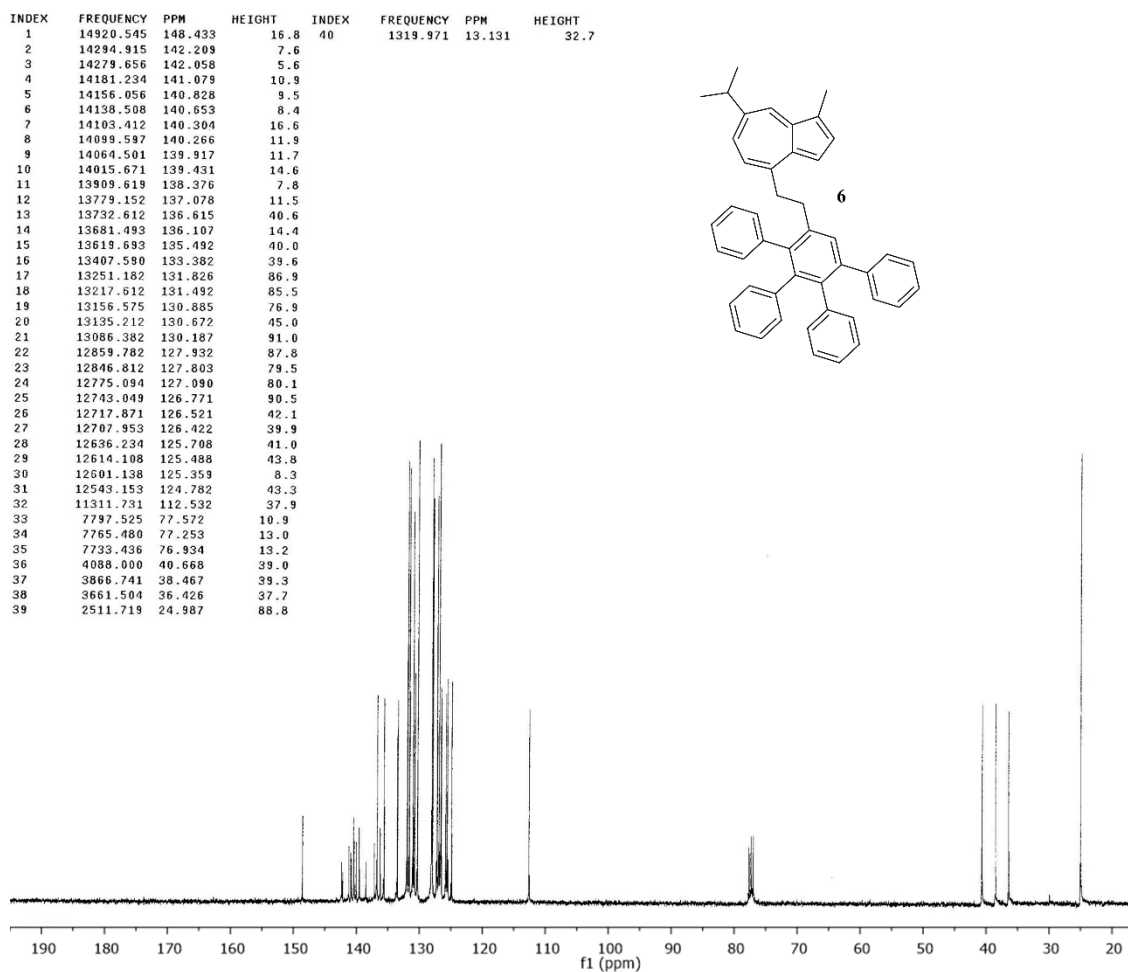


Fig. 6.  $^{13}\text{C}$ -NMR (100 MHz,  $\text{CDCl}_3$ ) spectrum of the compound 6 (Spectra 4).

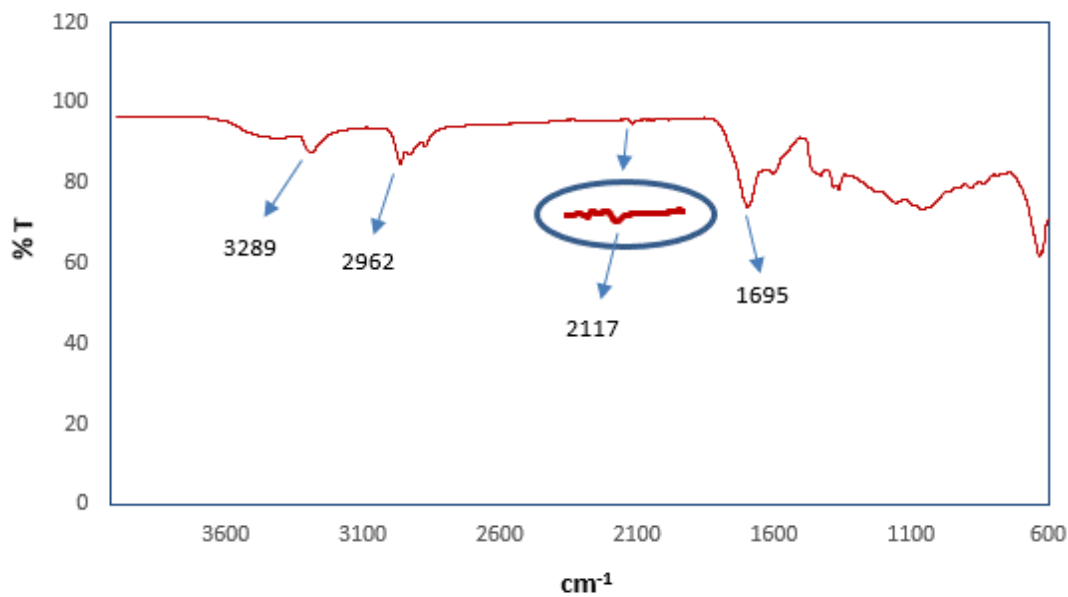
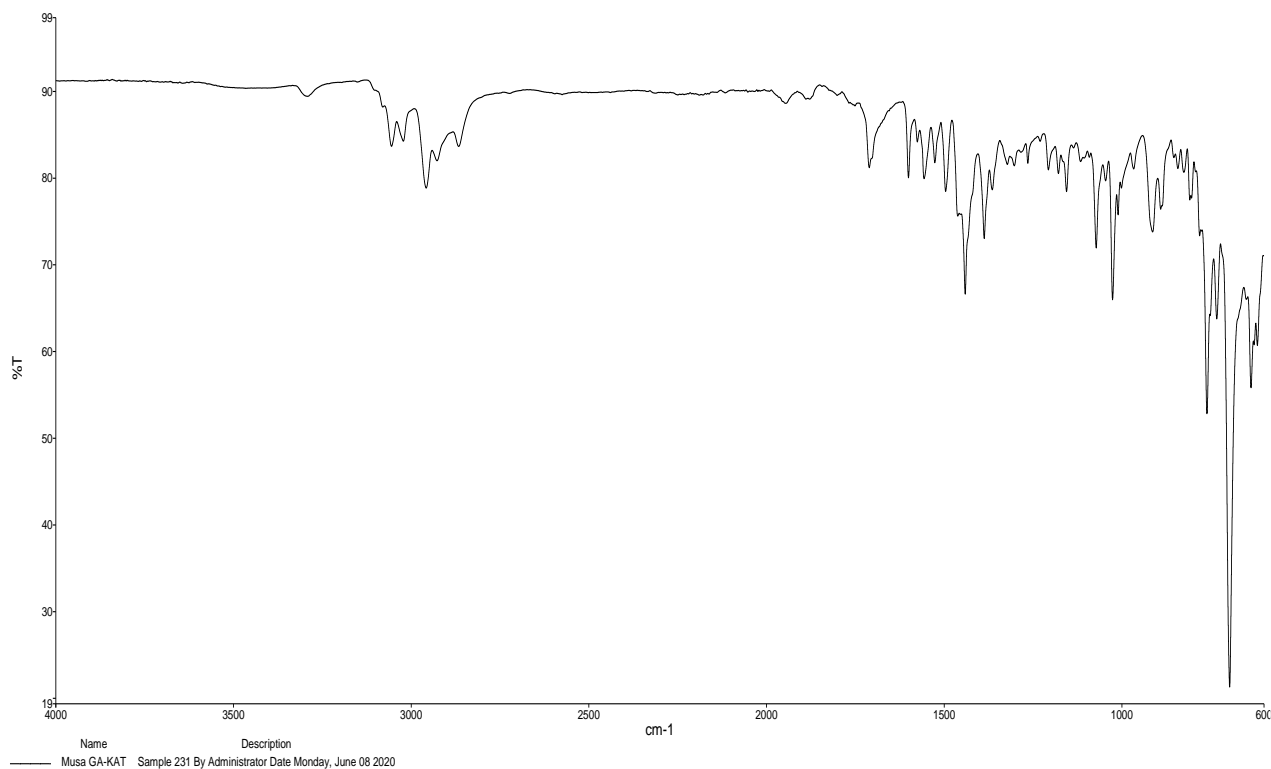


Figure 7. FT-IR spectrum of the compound 4 (Spectra 5).



**Figure 8.** FT-IR spectrum of the compound **6** (Spectra 6) (see the Experimental part for details).

Figure 7 displays FT-IR spectra of the compound **4**. The IR spectrum of **4** exhibited characteristic absorption bands for acetylen-H, aromatic C-H, acetylene functional group, and aromatic C=C bonds. The C-H stretch in acetylen-H is observed at  $3289\text{ cm}^{-1}$ . The absorption bands at  $2962$ ,  $2928$  and  $2871\text{ cm}^{-1}$  are attributed to aromatic C-H bending vibrations of compound **4**. The absorption band at  $2117\text{ cm}^{-1}$  is assigned to stretching vibrations of the acetylene functional group, and those at  $1695\text{ cm}^{-1}$  are due to the aromatic C=C groups. Figure 8 displays FT-IR spectra of cycloadduct **6**. The IR spectrum of **6** exhibited characteristic absorption bands for aromatic C-H, and aromatic C=C bonds. The absorption bands at  $3054$ ,  $3023$ ,  $2958$ ,  $2928$  and  $2866\text{ cm}^{-1}$  are attributed to aromatic C-H bending vibration of the compound **6**. The absorption band at  $1710$ ,  $1600$  and  $1575\text{ cm}^{-1}$  are assigned to the stretching vibration of the aromatic C=C groups. It was observed that the signal of the propargyl functional group was disappeared in Spectra 6.

### UV-vis analysis

The result of the absorbance measurement for the GA **2**, propargyl-GA hybrid derivative **4** and the compound **6** is shown in Figure 9. The UV-vis absorption spectra of the compounds GA **2**, propargyl-GA hybrid derivative **4** and the compound **6** in  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  ( $5\text{ }\mu\text{M}$ ) are dominated by absorption bands at **2**;  $290$ ,  $351$ ,  $367$ , and  $396\text{ nm}$ , **4**;  $284$ ,  $354$ ,  $356$ , and  $396\text{ nm}$  and **6**;  $396$ ,  $369$ ,  $352$  and  $340\text{ nm}$ , respectively. These compounds displayed similar band substructures, because of the  $\pi$ -conjugation is interrupted via methylene or ethylene bridges.

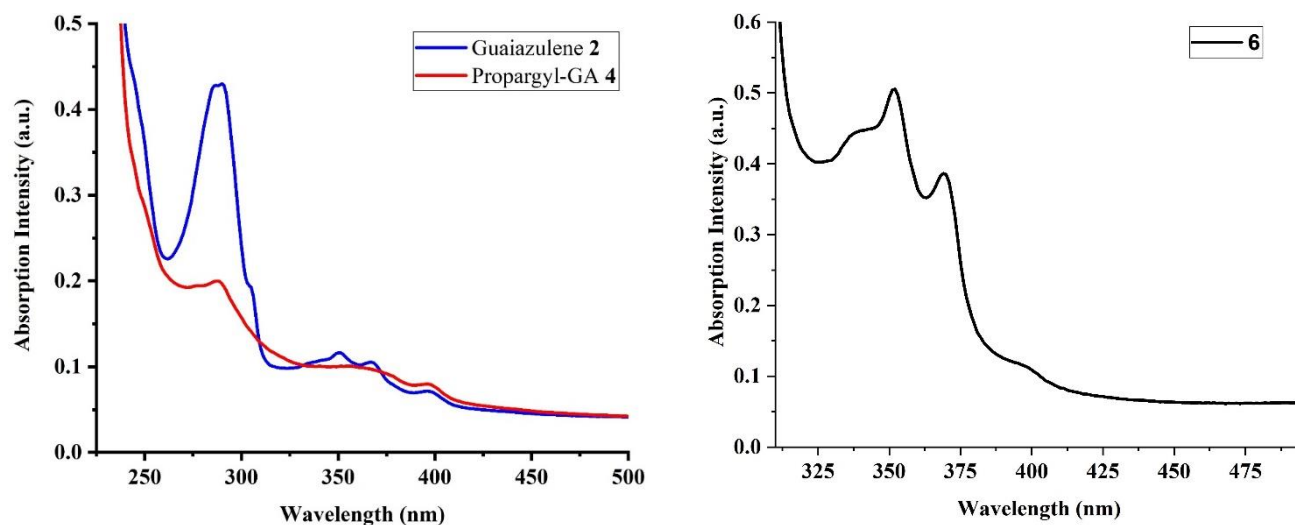


Figure 9. Absorbance spectra of the compounds 2, 4 and 6.

## CONCLUSION

A new propargyl-GA hybrid derivatives **4** and **6** have been designed, synthesized and characterized. The absorbance properties of these compounds were also investigated. The compound **4** was synthesized in excellent yield using the nucleophilic addition reaction. Additionally, Diels-Alder cycloaddition reaction between the propargyl-GA **4** and tetraphenylcyclopentadienone **5** was performed, and then the cycloadduct **6** was obtained with excellent yield. We have exhibited that  $sp^3$  direct propargylation of GAs is possible when convenient reaction conditions are occupied. The current study potentially also makes inroads into the construction of novel GA for use of other GA derivatives in different applications since the obtained product **4** contains the propargyl unit.

## ACKNOWLEDGEMENT

The author is indebted to Atatürk University for its financial support and thanks Professor Arif Daştan for helpful discussions. The author would also like to thank Assistant Professor Yunus Ensari for their technical assistance.

## REFERENCES

- Amir E, Amir RJ, Campos LM, Hawker CJ, 2011. Stimuli-responsive azulene-based conjugated oligomers with polyaniline-like properties. *Journal of the American Chemical Society*, 133(26): 10046-10049.
- Asato AE, Peng A, Hossain MZ, Mirzadegan T, Bertram, JS, 1993. Azulenoid aromatic retinoids: novel nonbenzenoid aromatic retinoids with anticancer activity. *Journal of Medicinal Chemistry*, 36(21): 3137-3147.
- Aumüller IB, Yli-Kauhaluoma J, 2009. Benzo [cd] azulene skeleton: Azulene, heptafulvene, and tropone derivatives. *Organic Letters*, 11(23): 5363-5365.
- Aumüller IB, Yli-Kauhaluoma J, 2011. Synthesis and Tautomerization of Benzo [cd] azulene-3-ones. *Organic Letters*, 13(7): 1670-1673.
- Balduzzi S, Müller-Bunz H, McGlinchey MJ, 2004. A Convenient Synthetic Route to Benz [cd] azulenes: Versatile Ligands with the Potential To Bind Metals in an  $\eta^5$ ,  $\eta^6$ , or  $\eta^7$  Fashion. *Chemistry-A European Journal*, 10(21): 5398-5405.

- Barman S, Furukawa H, Blacque O, Venkatesan K, Yaghi OM, Berke H, 2010. Azulene based metal-organic frameworks for strong adsorption of H<sub>2</sub>. *Chemical Communications*, 46(42): 7981-7983.
- Cao T, Li Y, Yang Z, Yuan M, Li Y, Yang H, Yin S, 2016. Synthesis and Biological Evaluation of 3, 8-dimethyl-5-isopropylazulene Derivatives as Anti-gastric Ulcer Agent. *Chemical Biology & Drug Design*, 88(2): 264-271.
- Carret S, Blanc A, Coquerel Y, Berthod M, Greene AE, Deprés JP, 2005. Approach to the blues: a highly flexible route to the azulenes. *Angewandte Chemie International Edition*, 44(32): 5130-5133.
- Chen D, Yu S, van Ofwegen L, Proksch P, Lin W, 2012. Anthogorgienes A-O, new guaiazulene-derived terpenoids from a Chinese gorgonian *Anthogorgia* species, and their antifouling and antibiotic activities. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(1): 112-123.
- Cowper P, Jin Y, Turton MD, Kociok-Köhn G, Lewis SE, 2016. Azulen sulfonium Salts: accessible, stable, and versatile reagents for cross-coupling. *Angewandte Chemie International Edition*, 55(7): 2564-2568.
- Crombie AL, Kane JL, Shea KM, Danheiser RL, 2004. Ring expansion-annulation strategy for the synthesis of substituted azulenes and oligoazulenes. 2. Synthesis of azulenyl halides, sulfonates, and azulenylmetal compounds and their application in transition-metal-mediated coupling reactions. *The Journal of Organic Chemistry*, 69(25): 8652-8667.
- Ghasimi S, Landfester K, Zhang KA, 2016. Water Compatible Conjugated Microporous Polyazulene Networks as Visible-Light Photocatalysts in Aqueous Medium. *ChemCatChem*, 8(4): 694-698.
- Ghazvini Zadeh EH, Woodward AW, Richardson D, Bondar MV, Belfield KD, 2015. Stimuli-Responsive Cyclopenta [ef] heptalenes: Synthesis and Optical Properties. *European Journal of Organic Chemistry*, 2015(10): 2271-2276.
- Gordon M, 1952. The Azulenes. *Chemical Reviews*, 50(1): 127-200.
- Imamura M, Nakanishi K, Suzuki T, Ikegai K, Shiraki R, Ogiyama T, Yokota M, 2012. Discovery of ipragliflozin (ASP1941): a novel C-glucoside with benzothiophene structure as a potent and selective sodium glucose co-transporter 2 (SGLT2) inhibitor for the treatment of type 2 diabetes mellitus. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 20(10): 3263-3279.
- Kiriazis A, Aumüller IB, Arnaudova R, Brito V, Rüffer T, Lang H, Yli-Kauhaluoma J, 2017. Nucleophilic Substitution of Hydrogen Facilitated by Quinone Methide Moieties in Benzo [cd] azulene-3-ones. *Organic Letters*, 19(8): 2030-2033.
- Kurokawa S, 1983. Synthesis of 2-(4-azulenyl) ethanamine derivatives as a nonbenzenoid analog of biogenic amine. *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, 56(8): 2311-2318.
- Narita M, Murafuji T, Yamashita S, Fujinaga M, Hiyama K, Oka Y, Ishiguro K, 2018. Synthesis of 2-iodoazulenes by the iododeboronation of azulene-2-ylboronic acid pinacol esters with copper (I) iodide. *The Journal of Organic Chemistry*, 83(3): 1298-1303.
- Park S, Yong WS, Kim S, Lee PH, 2014. Diastereoselective N-Sulfonylaminoalkenylation of Azulenes from Terminal Alkynes and Azides via N-Sulfonyl-1, 2, 3-triazoles. *Organic Letters*, 16(17): 4468-4471.
- Razus AC, Birzan L, Tecuceanu V, Cristea M, Enache C, 2008. Condensation of alkylazulenes with thiophene-2-carboxaldehyde and the corresponding azomethines. *Arkivoc*, 11: 210-226.
- Seo Y, Rho JR, Geum N, Yoon JB, Shin J, 1996. Isolation of guaianoid pigments from the gorgonian *Calicogorgia granulosa*. *Journal of Natural Products*, 59(10): 985-986.
- Shoji T, Sugiyama S, Kobayashi Y, Yamazaki A, Ariga Y, Katoh R, Ito S, 2020. Direct synthesis of 2-arylazulenes by [8+ 2] cycloaddition of 2H-cyclohepta [b] furan-2-ones with silyl enol ethers. *Chemical Communications*.



- Székely A, Péter A, Aradi K, Tolnai GL, Novák Z, 2017. Gold-Catalyzed Direct Alkynylation of Azulenes. *Organic Letters*, 19(4): 954-957.
- Takekuma SI, Yamamoto M, Nakagawa A, Iwata T, Minematsu T, Takekuma H, 2012. Preparation, crystal structure, and spectroscopic, chemical, and electrochemical properties of (2E, 4E)-1, 4-di (3-guaiazulenyl)-1, 3-butadiene compared with those of (E)-1, 2-di (3-guaiazulenyl) ethylene. *Tetrahedron*, 68(39): 8318-8329.
- Tanaka Y, Shigenobu K, 2001. A Review of HNS-32: A Novel Azulene-1-Carboxamidine Derivative with Multiple Cardiovascular Protective Actions. *Cardiovascular Drug Reviews*, 19(4): 297-312.
- Tomiyama T, Yokota M, Wakabayashi S, Kosakai K, Yanagisawa T, 1993. Design, synthesis, and pharmacology of 3-substituted sodium azulene-1-sulfonates and related compounds: non-prostanoid thromboxane A2 receptor antagonists. *Journal of Medicinal Chemistry*, 36(7): 791-800.
- Vlasceanu A, Andersen CL, Parker CR, Hammerich O, Morsing TJ, Jevric M, Nielsen MB, 2016. Multistate Switches: Ruthenium Alkynyl-Dihydroazulene/Vinylheptafulvene Conjugates. *Chemistry-A European Journal*, 22(22): 7514-7523.
- Wang P, Zhu P, Ye C, Asato AE, Liu RS, 1999. Theoretical investigation and molecular design of some azulene derivatives with large hyperpolarizabilities. *The Journal of Physical Chemistry A*, 103(35): 7076-7082.
- Woodward AW, Ghazvini Zadeh EH, Bondar MV, Belfield KD, 2016. Computer aided chemical design: using quantum chemical calculations to predict properties of a series of halochromic guaiazulene derivatives. *Royal Society Open Science*, 3(11): 160373.
- Yanagisawa T, Wakabayashi S, Tomiyama T, Yasunami M, Takase K, 1988. Synthesis and anti-ulcer activities of sodium alkylazulene sulfonates. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 36(2): 641-647.
- Zadeh EG, Tang S, Woodward AW, Liu T, Bondar MV, Belfield KD, 2015. Chromophoric materials derived from a natural azulene: syntheses, halochromism and one-photon and two-photon microlithography. *Journal of Materials Chemistry C*, 3(33): 8495-8503.
- Zadeh EG, Tang S, Woodward AW, Liu T, Bondar MV, Belfield KD, 2015. Chromophoric materials derived from a natural azulene: syntheses, halochromism and one-photon and two-photon microlithography. *Journal of Materials Chemistry C*, 3(33): 8495-8503.
- Zhang LY, Yang F, Shi WQ, Zhang P, Li Y, Yin SF, 2011. Synthesis and antigastric ulcer activity of novel 5-isopropyl-3, 8-dimethylazulene derivatives. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 21(19): 5722-5725.
- Zhao L, Bruneau C, Doucet H, 2013. A straightforward access to guaiazulene derivatives using palladium-catalysed sp<sup>2</sup> or sp<sup>3</sup> C-H bond functionalisation. *Chemical Communications*, 49(49): 5598-5600.

## SAE 4140 Çeliğin Tornalanmasında Kesme Parametrelerinin Ses Seviyesi ve Yüzey Pürüzlüğüne Etkileri: Parametrelerin Optimizasyonu

Sirer ALBAYRAK<sup>1</sup>, Faruk YEŞİLDAL<sup>2\*</sup>, Cemalettin YILDIRIM<sup>1</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada, SAE 4140 çeliğin tornalanması esnasında ses seviyesini ve yüzey pürüzlülüğünü etkileyen parametrelerin optimizasyonu amaçlanmıştır. Kesme parametreleri (ilerleme miktarı, devir sayısı ve talaş derinliği) üçer seviyede incelenmiştir. Deneysel Yanıt Yüzey Yöntemine göre elde edilen deney planına uygun olarak yürütülmüştür. Minitab 18 programıyla yapılan analiz sonuçlarına göre ses seviyesi için en etkili parametreler sırasıyla devir sayısı, ilerleme miktarı ve talaş derinliği olarak elde edilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü için en etkili parametreler ise ilerleme miktarı ve devir sayısı olarak elde edilmiştir. Hem ses seviyesi hem de yüzey pürüzlülüğü için optimum çalışma seviyeleri belirlenmiştir. Bu değerler ilerleme miktarı için  $0.1 \text{ m s}^{-1}$ , devir sayısı için  $750 \text{ dev dak}^{-1}$  ve talaş derinliği için  $0.5 \text{ mm}$  olarak önerilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Optimizasyon, Ses seviyesi, Yüzey pürüzlülüğü, Tornalama

### Effects of Cutting Parameters on Volume Level and Surface Roughness of SAE 4140 Steel in Turning: Optimization of Parameters

**ABSTRACT:** In this study, optimization of parameters affecting noise level and surface roughness during turning of SAE 4140 steel is aimed. Cutting parameters (feed rate, speed and depth of cut) were examined at 3 levels. The experiments were carried out in accordance with the test plan obtained according to the Response Surface Method. According to the results of the analysis made with the Minitab 18 program, the most effective parameters for noise were obtained as spindle speed, feed rate and depth of the cut, respectively. The most effective parameters for surface roughness were obtained as the feed rate and spindle speed. Optimum levels are determined for both volume level and surface roughness. These values are suggested as  $0.1 \text{ m s}^{-1}$  for spindle speed,  $750 \text{ rpm}$  for feed rate and  $0.5 \text{ mm}$  for depth of cut.

**Keywords:** Optimization, Volume level, Surface roughness, Turning

<sup>1</sup> Sirer ALBAYRAK (Orcid ID: 0000-0002-3201-1789), Cemalettin YILDIRIM (Orcid ID: 0000-0003-4349-9780), Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Makina ve Metal Teknolojileri Bölümü, Ağrı, Türkiye, <sup>2</sup>Faruk YEŞİLDAL (Orcid ID: 0000-0002-7307-3556), Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 25240, Erzurum.

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Faruk YEŞİLDAL, e-mail: fyesildal@atauni.edu.tr

## GİRİŞ

Makine imalatçısı için ürettiği parçanın yüzey kalitesi büyük bir öneme sahiptir. Yüzey işlemesi, işleme operasyonlarında çeşitli malzemelerin işlenmesi sırasında hayati önem taşıyan konulardan biridir. Bu nedenle, optimum yüzey parametreleri seçiminin yapılması ve gerekli yüzey kalitesinin kontrol edilmesi çok önemlidir. Bu bir başarı ölçüsüdür. Ama bunu yaparken çıkarttıkları gürültüyü hiç dikkate almazlar. Şimdiye kadar çalışmaların çoğu parçaların yüzey kalitesinin iyileştirilmesi ile ilgilidir. Ancak takım tezgâhlarının çıkarttığı gürültüyü azaltma ile ilgili fazla çalışma yoktur. Talaşlı imalatta malzemenin işlenmesi sırasında ses seviyesi iş sağlığı ve güvenliği açısından özellikle dikkat edilmesi gereken bir parametredir. Makine imalat sanayinde özellikle de aralarında sınırlı bir alana sahip çok sayıda takım tezgâhı bulunduran büyük işletmelerde tezgâh operatörleri yüksek gürültüye maruz kalmaktadır. Bu proseste ses seviyesinin azaltılması gereklidir. Bunun için bazı referans değerler mevcuttur. Avrupa Birliği Komisyonu'nun 2003/10 /EC sayılı yönergesi, 8 çalışma saati için iki günlük ses seviyesi maruziyet seviyesini göstermektedir: (i) 80 dBA'nın altında koruma tavsiye edilmez, (ii) 85 dB(A)'nın üzerinde, koruma gereklidir ve şirket ses seviyesi emisyonunu azaltmak için bir program başlatmalıdır. 80 ila 85 dBA arasında şirket, operatörlere bireysel koruma sunmalı ve yıllık olarak işitme kapasitelerini test etmelidir. (iii) Yeterli ölçümle tespit edilen haftalık ses seviyesi maruziyet düzeyi 87dB(A) maruziyet sınır değerini aşamaz (Resmi Gazete, 2013). İmalat endüstrisinde günlük maruziyet seviyesi genellikle aşılmaktadır. Ses seviyesi ile birlikte yüzey kalitesi de önemli bir performans karakteristiğidir. Yüzey pürüzlülüğü, tornalanmış yüzeylerin aşınma direnci, yorulma mukavemeti, yağlama, sürtünme ve optik özellikleri gibi kullanılabilirlik üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Hanief ve ark., 2017; Brinksmeier ve ark., 2017). Literatürde en uygun kesme parametrelerini belirlemeye yönelik birçok çalışma mevcuttur.

Araştırmacılar CNC torna tezgâhında, kuru kesme şartlarında, CuZn39Pb3 malzeme kullanarak 4 farklı ilerleme, 5 farklı talaş derinliği ve 4 farklı kesme hızında oluşan ses şiddeti, titreşim, tezgâhın çektiği akım değeri ve yüzey pürüzlülük değerleri arasındaki ilişkiyi incelediler. Optimum kesme parametrelerini belirlediler. İlerleme miktarının artmasıyla yüzey pürüzlülüğü, ses şiddeti, titreşim ve tezgâhın çektiği akım değerlerinin de arttığını belirttiler. Ayrıca titreşim değerinin artmasıyla, yüzey pürüzlülük değerinin ve ses şiddetinin de arttığını gördüler (Şahinoğlu and Güllü). Buna karşılık torna tezgâhında yapılan bir başka deneysel çalışmada (Davis ve ark., 2014) EN24 çeliğinin ıslak tornalamada kesme parametreleri (kesme derinliği, ilerleme hızı, iş mili hızı) optimize edilmiştir. EN24 çeliğinde karbür P-30 kesici takım ile ıslak koşullarda tornalama işlemlerini gerçekleştirmiş ve parametrelerin optimal seviyelerinin bir kombinasyonu elde etmişlerdir. Optimizasyon için kullandıkları Taguchi yöntemi, devir sayısının ardından kesme derinliği ve ilerleme hızının EN24 çeliğinin karbür kesici takım ile işlenirken optimum faktör seviyelerinin birleşimi olduğunu gösterdi. Bir başka çalışmada (Ranganath, Vipin, 2013), Alüminyum 6061 malzemesi için tornalama işlemi sırasında üretilen yüzeylerin pürüzlülüğünü etkileyen parametreleri araştırdılar. Bunun için Taguchi deneysel tasarım yöntemini kullanarak tornalama parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini analiz ettiler ve sonuçta devir sayısı ve ilerleme hızını yüzey pürüzlülüğü üzerinde en etkili işlem parametreleri olarak tanımladılar. Yine Taguchi yöntemi ile yapılan bir optimizasyon çalışmasında araştırmacılar (Verma, Agrawal, Bajpai, 2012) ASTM A242 Tip-1 alaşım çeliğinin tornalanmasında en düşük yüzey pürüzlülüğünü elde etmek için optimum kesme koşullarının analizine odaklandılar. Yapılan ANOVA analizi sonuçlarına göre kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi yaklaşık %57 ve devir sayısının katkı yüzdesi ise %16 elde etmişlerdir. He, vd. bu çalışmada, tornalama işleminde yüzey pürüzlülüğünü etkileyen faktörlerin ve teorik modelleme yöntemlerinin sistematik bir derlemesini sundular. Bir başka

çalışmada (Özdemir, 2019), AISI 409 (ferritik krom paslanmaz çelik) malzemenin CNC tornada işlenmesinde kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne etkisini deneysel olarak incelediler. Taguchi L27 deney planına göre kesme parametrelerinin optimum seviyelerini belirlediler. Yüzey pürüzlülüğünü etkileyen en önemli parametreleri sırasıyla ilerleme hızı, kesme derinliği ve kesme hızı olarak belirlediler. Yine (Özdemir, 2019) yürüttüğü başka bir çalışmada C45 imalat çeliğinin tornalanması esnasında kesme hızı, ilerleme miktarı, kesme derinliği ve takım uç radyüsü gibi değişkenlerin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini inceleyerek, optimum kesme parametrelerini Yanıt Yüzey Yöntemi kullanarak belirledi. Sonuç olarak, hedef fonksiyonu olarak belirlediği yüzey pürüzlülüğü üzerinde en etkili parametreleri ilerleme miktarı ve takım uç yarıçapı olduğu belirlendi. Co28Cr6Mo tıbbi alaşımının yüzey pürüzlülüğünün deneysel verilerinin modellenmesini içeren bu çalışmada araştırmacılar (Asiltürk ve ark., 2016), CNC tornada kesme parametrelerinin optimizasyonu için Yanıt Yüzey Yöntemi kullanmışlardır. Minimum yüzey pürüzlülüğünü elde etmek için devir sayısı, kesme derinliği ve takım ucu yarıçapı için elde edilen optimum değerleri belirlediler. Bu çalışmada (Tekaslan ve ark., 2008) AISI 304 östenitik paslanmaz çelik malzeme için CNC torna tezgahında yüzey pürüzlülükleri açısından optimum kesme parametrelerini belirlemeyi hedeflediler. Kesme hızının 50 m/dak'dan 75 m/dak'ya artırıldığında yüzey pürüzlülüğünün iyileştiğini, 75 m/dak' dan sonra ise ilerlemenin artırılması ile yüzey pürüzlülüğünün kötüleştiğini gördüler. Hanief ve ark. bu çalışmada, yüksek hız çeliği (HSS) kesme ucu kullanarak kırmızı pirincin (C23000) tornalanma işlemi sırasında kesme parametrelerinin (hız, kesme derinliği ve ilerleme hızı) kesme kuvvetleri üzerindeki etkilerini araştırmak için bir model geliştirmeyi amaçladılar. Kesme kuvvetlerini kesme parametreleri temelinde modellemek için yapay sinir ağı ve çoklu regresyon yaklaşımını kullandılar (Hanief ve ark., 2017). Bu makalede, kaplanmış karbür takım kullanılarak MQL destekli sert tornalamada pürüzlülük parametreleri (Ra, Rq, Rz), takım aşınma parametreleri (VB, VS) ve malzeme çıkarma oranını (MRR) Taguchi deney tasarımı ile optimize ettiler. Kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliğinin etkilerini belirlediler. Kantitatif analiz sonucunda, kesme hızının yüzey pürüzlülüğünü; kesme derinliğinin takım aşınmasını; besleme hızının ise ağırlıklı olarak malzeme uzaklaştırma oranını etkilediğini belirttiler (Mia ve ark., 2018). Bu çalışmada, farklı kesme parametre değerlerinde soğutma sıvısı ile yüksek hız çeliği kullanarak Al6061 iş malzemesi üzerinde tornalama deneyleri yaptılar. Her deney için kesme Sıcaklığı ve yüzey pürüzlülüğü değerlerini genetik algoritma kullanarak incelediler (Rajesh ve ark., 2017). Yüzey pürüzlülüğü, eşleşen yüzeylerin hassas bir şekilde oturması, yorulma ömrünün iyileştirilmesi, korozyon direnci ve estetik bakımından ürün kalitesinin yaygın olarak kullanılan bir ölçüttür. Araştırmacılar buna yönelik olarak Yapay Sinir Ağı (YSA) ve Genetik Algoritmayı (GA) entegre ederek minimum yüzey pürüzlülüğüne yol açan optimum işleme parametrelerini belirlemek için bir yaklaşım sundular. Bu çalışmada araştırmacılar yüzey pürüzlülüğünün tahmini ve optimizasyonu için ANN-GA yaklaşımının kapasitesini kontrol etmek için, Ti-6Al-4V titanyum alaşımının tornalanması sırasında elde edilen verileri kullanarak ileri beslemeli bir sinir ağı geliştirdiler (Sangwan ve ark., 2015).

Modern işleme endüstrileri genellikle iş parçası boyutsal doğruluğu, yüzey kalitesi, kesme sıcaklığı, yüksek üretim oranı, kesme takımlarında daha az aşınma, maliyet tasarrufu, iş sağlığı ve işleme performansı açısından yüksek kalitenin elde edilmesine odaklanmışlardır. Yüzey pürüzlülüğü ve gürültü birçok alanda önemli bir rol oynar ve işletme parametreleriyle birlikte değerlendirildiğinde çok önemli faktörlerdir. Yüzey pürüzlülüğü ve ses seviyesi işletme parametreleriyle birlikte değerlendirildiğinde çok etkin faktörler olup birçok alanda etkin rol oynarlar. Yüzey pürüzlülüğünün yanında ses seviyesinin de değerlendirilmesi gereklidir. Bu bilgiler ışığında bu çalışmada SAE 4140 çeliğin ses seviyesini ve

yüzey pürüzlülüğünü etkileyen parametrelerin optimizasyonu amaçlanmıştır. Dolayısıyla bu çalışmada incelenen ilerleme miktarı, devir sayısı ve talaş derinliği Yanıt Yüzey Yöntemi ile optimize edilmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

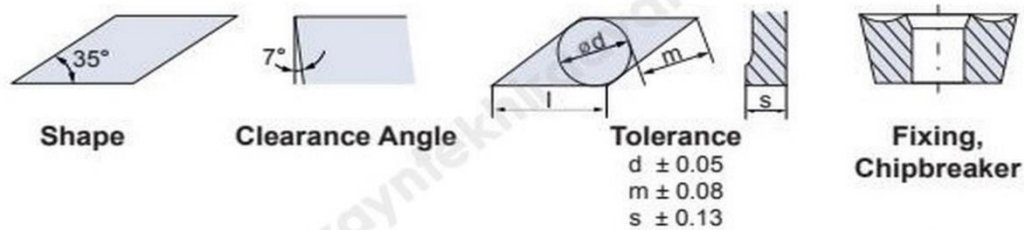
### Materyal

Araştırma SAE 4140 çeliğin Gildemeister NEF400 CNC torna tezgahında 50 mm çapında ve 150 mm boyunda tornalanması esnasında ses seviyesi ve yüzey pürüzlülüğü parametrelerinin optimizasyonunu amaçlamaktadır. Numuneler kuru kesme şartlarında gerçek üretim ortamında 50 mm çapında ve 150 mm boyunda SAE 4140 çelikten yapılmıştır. Çalışmada kullanılan SAE 4140 ıslah çeliği; krank mili gibi sünekliği yüksek olan otomotiv aksamalarında, dişli çarklarda, zirai makinalarda, civata ve somun gibi geniş ve önemli bir kullanım alanına sahiptir. Yüksek kullanım yelpazesi, yüksek tokluk özelliği ve sertleştirmeye uygun olması gibi özelliklerinden dolayı bu çalışmada SAE 4140 çeliği tercih edilmiştir. Deneyler mesai saatleri dışında atelyede hiçbir çalışma olmaksızın, yani ortam sessizliği sağlandıktan sonra sadece torna tezgahı çalıştırılarak ve mikrofon tezgah operatörünün bulunduğu yere 50 cm mesafe uzaklığa sabitlenerek yapılmıştır. Ses ölçümleri mikrofon bilgisayara bağlanarak kaydedildi. Her bir deneyde oluşan ses seviyelerinin ortalaması alındı. Gürültü ölçümü çalışanın kişisel maruziyetini gösterecek şekilde yapılmıştır. Çalışmada malzeme sertleştirilmemiş ve ses şiddetinin ölçümü için kaba tornalama işlemi tercih edilmiştir. Yani finiş tornalama işlemi yapılmamıştır. Yüksek kesme hızı ve yüksek ilerleme değerleri tercih edilerek yüksek ses şiddeti değerlerine ulaşılması amaçlanmıştır. Hem bu yüzden hem de yapılan tornalama işleminin bir kaba tornalama işlemi olmasından dolayı yüzey pürüzlülük değerlerinin nispeten yüksek çıkması sorun teşkil etmemektedir.

Deneyler Yanıt Yüzey Yöntemi'ne göre merkezi kompozit dizayn ve yüzey merkezli tasarım kullanılarak belirlenen deney planına uygun olarak yürütülmüştür. İlerleme hızı, devir sayısı ve talaş derinliği olmak üzere üç parametre için 3'er seviyede belirlenen iki hedef fonksiyon için incelenmiştir. Parametreler ve seviyeleri Çizelge 1'de verilmiştir. Devir sayısı yerine kesme hızı da kullanılabilir. Aslında devir sayısı sabit kalsa bile kesme hızı değişir. Yani çap düştükçe kesme hızı da artar. Bu da işlenebilirlik koşullarının değişmesine neden olur. Ancak bu çalışmada numune çapı sabit olduğu için (50 mm) devir sayısını kullandık.

**Çizelge 1.** Çalışmada incelenen parametreler ve seviyeleri

Tasarım değişkenleri	Seviyeler		
X <sub>1</sub> , ilerleme miktarı [mm s <sup>-1</sup> ]	0.1	0.2	0.4
X <sub>2</sub> , devir sayısı [devir dak <sup>-1</sup> ]	750	1250	1800
X <sub>3</sub> , talaş derinliği [µm]	0.5	1	2



**Şekil 1.** Akko-Vcmt kesici kalem geometrik özellikleri



Çalışmada ölçümler için kullanılan cihazlar Çizelge 2’ de verilmiştir. Ayrıca Akko-Vcmt 25x25 mm kesici kalemler her deney için ayrı ayrı olmak üzere kullanılmıştır. Kesici kalemin geometrik özellikleri Şekil 1’de detaylı bir şekilde görülmektedir.

**Çizelge 2.** Çalışmada kullanılan ölçüm cihazları

Ölçüm	Cihaz
Çap [mm]	Insize 3101-50A Mikrometre
Ses [dB]	Smartsensor AR344
Yüzey pürüzlülüğü [ $\mu\text{m}$ ]	Mitutoyo SJ-201

Yüzey pürüzlülüğü, ses seviyesi ölçümü ve numunenin işlenmesi Şekil 2’de görülmektedir. Yüzey pürüzlülüğü başlangıçta, ortada ve sonda ölçülmüş ve bu değerlerin ortalaması alınmıştır.



**Şekil 2.** a) Yüzey pürüzlülüğü ölçümü, b) Ses seviyesi ölçümü, c) Numunenin işlenmesi

### Yanıt Yüzey Yöntemi ve Deney Planı

Yanıt yüzey metodolojisi (YYY), yanıtın anlaşılmasına ve optimize edilmesine yardımcı olan gelişmiş bir tasarım tekniğidir. YYY genellikle, tarama tasarımları veya faktöriyel tasarımlar kullanarak önemli faktörleri tanımladıktan sonra modelleri netleştirmek için kullanılır (Minitab 18). Bir yanıt yüzeyi ile faktöriyel tasarım arasındaki fark, bir yanıtta eğriliğin modellenmesine izin veren ve onları yanıt yüzeyinin bir bölgesini anlamak veya eşleştirmek için kullanışlı kılan kare terimlerin eklenmesidir. Ayrıca, bir yanıtı optimize eden değişkenlerin seviyelerini bulmak ve spesifikasyonlara uygun çalışma koşullarını seçmek de diğer avantajlardır. İki ana yanıt yüzeyi tasarımı vardır: Bunlar Merkezi Kompozit Tasarım ve Box-Bohem Tasarımlarıdır. Merkezi Kompozit Tasarımlar tam bir kuadratik modele uyabilir. Sıralı deneyler gerektiğinde kullanılır, çünkü bu tasarımlar doğru planlanmış faktoring testlerinden bilgi içerebilir. Merkezi kompozit tasarımlar, sıralı testlerde özellikle yararlıdır. Benzer avantajları ve probleme uygunluğu nedeniyle, bu çalışmada Merkezi Kompozit Tasarım (Face Centered) seçilmiştir. Bu tasarım çeşitliliği, bu çalışmada olduğu gibi her faktörün 3 seviyesini gerektirir. Çizelge 3’de verilen test planına uygun olarak ses seviyesi ve yüzey pürüzlülüğünün yanıt parametrelerinin değerlerini elde etmek için yirmi deney yapıldı.

Çizelge 3. Deney planı ve sonuçlar

Deney No	Tasarım değişkenleri			Hedef fonksiyon	
	İlerleme miktarı (f)	Devir sayısı (N)	Talaş derinliği (d)	Ses seviyesi	Yüzey pürüzlülüğü (R <sub>a</sub> )
1	0.4	750	2	75	5.00
2	0.1	1800	0.5	74	1.18
3	0.2	1250	2	76	1.50
4	0.4	750	0.5	72	5.30
5	0.2	1250	1	75	0.90
6	0.4	1800	2	81	4.20
7	0.2	1250	0.5	74	0.78
8	0.1	750	0.5	70	1.10
9	0.4	1800	0.5	81	3.80
10	0.2	1250	1	76	0.97
11	0.2	1250	1	75	0.87
12	0.4	1250	1	83	3.47
13	0.2	1250	1	76	1.02
14	0.2	1250	1	76	0.98
15	0.4	750	2	81	4.50
16	0.2	750	1	75	1.56
17	0.1	1250	1	75	0.75
18	0.1	1800	2	80	0.48
19	0.2	1250	1	78	0.80
20	0.2	1800	1	81	0.57

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Yanıt Yüzey Yöntemi Analizi

YYY süreçleri iyileştirmek, geliştirmek ve optimize etmek için yararlı bir matematiksel ve istatistiksel teknikler yöntemidir (Sabreena ve ark., 2017). Geleneksel yöntemlerin aksine, proses değişkenleri arasındaki etkileşimler, istatistiksel tekniklerle belirlenebilir. Bu çalışmanın temel amacı, torna tezgahında ses ve yüzey pürüzlülüğünü etkileyen parametrelerin optimum değerlerini bulmaktır. İlerleme miktarı (f), devir sayısı (N), ve talaş derinliği (d), ses ve yüzey pürüzlülüğünü etkileyeceği göz önünde bulundurularak tasarım parametreleri olarak seçilmiştir. Bağımsız tasarım değişkenleri ve hedef fonksiyonları, aşağıdaki Eşitlik 1. de verilmiştir.

$$\text{Ses, } R_a = f\{f, N, d\} \quad (1)$$

Yanıt Yüzey Yöntemi, tasarım parametreleri ile objektif fonksiyon (verimlilik) arasındaki ilişkiyi polinom formunda açıklamak için kullanılır. Bu fonksiyonun geçerliliğini göstermek için varyans analizi yapılmıştır. Bu çalışmada ikinci dereceden polinom modeli seçilmiştir. Bu model daha sonra istatistiksel ve deneysel testler kullanarak bir modelin uyumunu belirledikten sonra optimizasyon probleminin tanımındaki objektif işlevi değiştirmek için kullanılır. Yanıt yüzeyinin cebirsel bir temsili olan regresyon denklemi, yanıt ve model terimleri arasındaki ilişkiyi tanımlar. Yanıt değişkenleri (ses seviyesi ve yüzey pürüzlülüğü) için ikinci dereceden model elde edildi ve aşağıdaki denklemlerle tanımlandı:

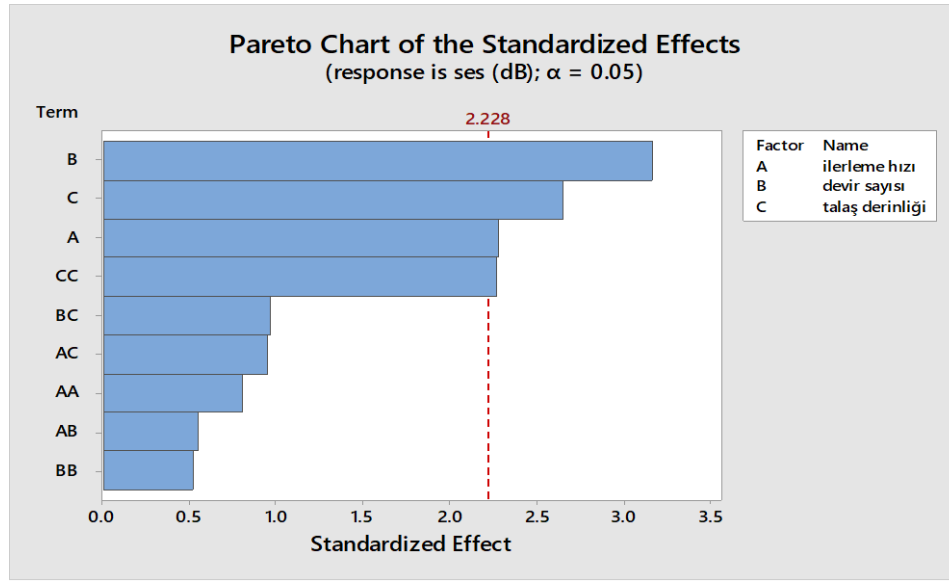
$$\text{Ses} = 59.81 - 12.9 * f - 0.0004N + 22.38d + 54.2f^2 + 0.000002N^2 - 5.96d^2 \quad (2)$$

$$R_a = 3.84 - 4.85f - 0.00266N - 1.92d + 36.1f^2 + 0.000001N^2 + 0.643d^2 \quad (3)$$

Minitab 18 programıyla yapılan YYY analiz sonuçları ve grafikler ses ve yüzey pürüzlülüğü için ayrı ayrı başlıklar halinde aşağıda verilmiştir.

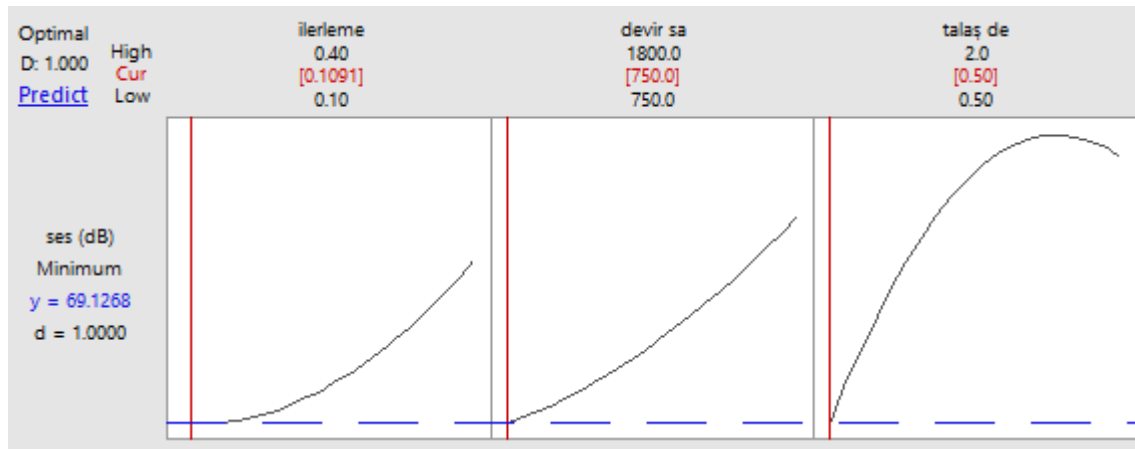
### Optimizasyon Analizi (Ses seviyesi):

Parametrelerin daha önce belirlenen performans karakteristikleri üzerindeki ana, kare ve etkileşim etkilerinin göreceli büyüklüğünü ve istatistiksel önemini karşılaştırmak için Pareto grafiği kullanılır (Minitab 18).



Şekil 3. Ses için Pareto etkileri grafiği

Ses için Pareto grafiği Şekil 3'te görülmektedir. Etkiler, mutlak değerlerin azalan düzeninde çizilmiştir. Grafikteki referans çizgisi hangi etkilerin anlamlı olduğunu göstermektedir. Bu referans çizgisinin kestiği herhangi bir etki istatistiksel olarak anlamlıdır. Şekil 2'deki Pareto grafiğinin sonuçlarına dayanarak, devir sayısı (B), talaş derinliği (C) ve ilerleme miktarının (E) istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Ayrıca talaş derinliğinin kare etkilerinin de (CC) etkili olduğu görülmektedir. Devir sayısının en büyük etkiye sahip olduğu açıktır.



Şekil 4. Ses için optimum sonuçlar

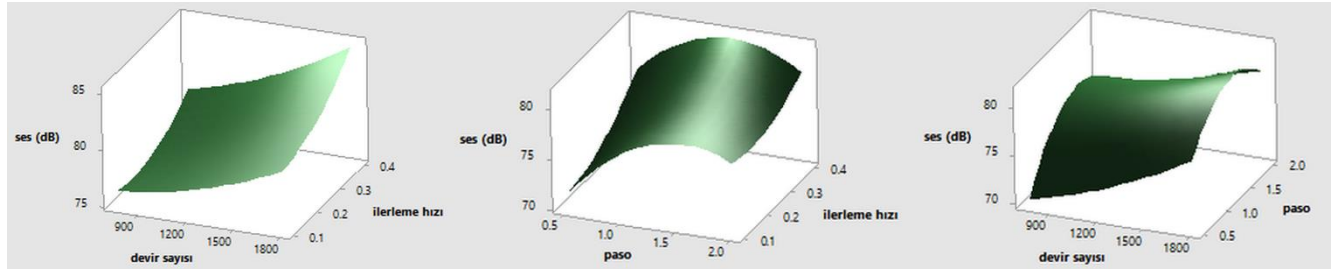
Optimizasyon grafiği, önceden belirttiğimiz parametreler göz önüne alındığında tahmin için en uygun ayarları belirlemek için kullanılır. Ses verileri için, bileşik arzu edilebilirlik 1'dir. Amaç ses seviyesini en aza indirmektir. Tahmin edilen değeri 69.1268 dB olarak elde edilmiştir. Şekil 3'den

görüldüğü gibi optimum seviyeler ilerleme için 0.1 m/s, devir sayısı için 750 d/dak ve talaş derinliği için 0.5 mm olarak elde edilmiştir. Verilen D değeri, maksimum nesnel fonksiyon değerini ifade etmektedir. Objektif fonksiyonun optimum değerinin modelden elde edilebilecek maksimum değere oranını temsil etmekte ve ayrıca geometrik parametrelerin ve optimal olarak hesaplanan değerlerin kesişimini göstermektedir (Şekil 4).

**Çizelge 4.** Tahmin çizelgesi (ses)

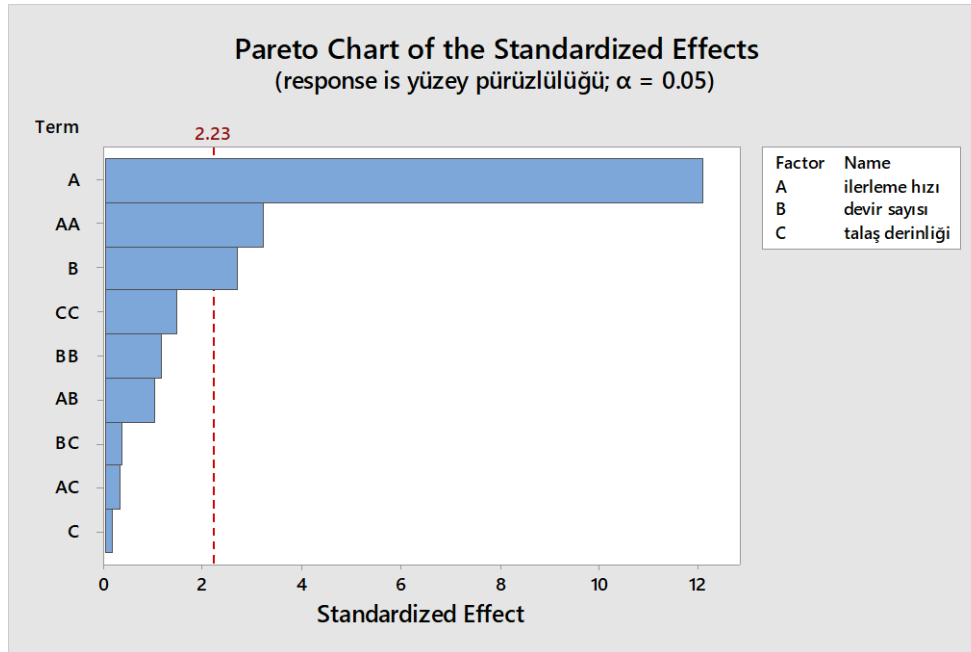
Fit	SE Fit	95% CI	95% PI
69.1327	1.86459	(64.9781; 73.2872)	(62.8051; 75.4602)

Çizelge 4'de görüldüğü gibi, giriş değişkeni ayarları aşağıdaki tahmin aralıkları ve öngörülen araçlarla ilişkilidir. Ortalama verimlilik 1.865'dir ve tek bir değer için olası değerler 62.8 ile 75.46 aralığındadır. Sonuç olarak, bu tablodan tahmin aralıklarının kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu görülmektedir.



**Şekil 5.** Ses seviyesi için parametrelerin üç boyutlu etkileşim yüzey grafikleri

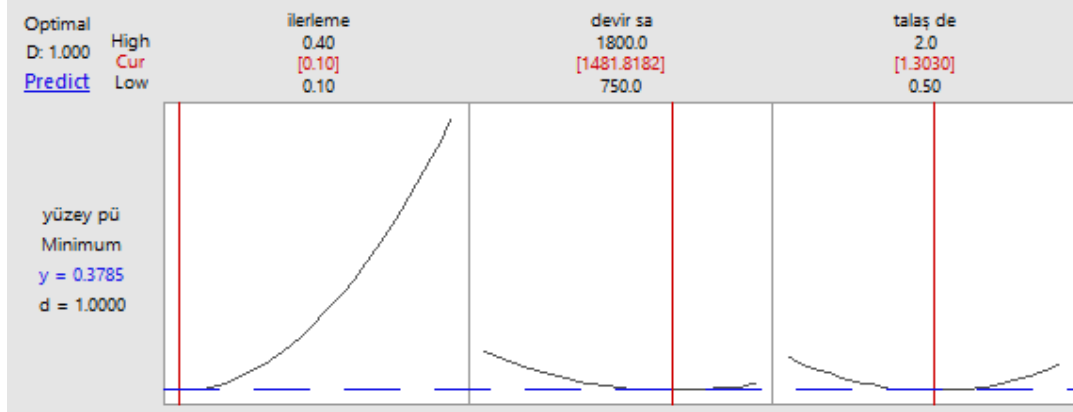
### Optimizasyon Analizi (Yüzey Pürüzlülüğü):



**Şekil 6.** Yüzey pürüzlülüğü için Pareto grafiği

Yüzey pürüzlülüğü için Pareto grafiği Şekil 6'da görülmektedir. Bu grafik; etkilerin göreceli büyüklüğünü ve ayrıca ana, kare ve etkileşim etkilerinin istatistiksel önemini karşılaştırmak için kullanılır. Şekil 1'deki ses sonuçlarına benzer şekilde yorumlanacak olursa burada Pareto grafiğinin

sonuçlarına dayanarak, ilerleme miktarı (A), ilerleme miktarının kare etkileri (AA) ve devir sayısının (B) istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Talaş derinliğinin (C) anlamlı bir etkiye sahip olmadığı da görülmektedir. İlerleme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerine en büyük etkiye sahip olduğu açıkça görülmektedir.



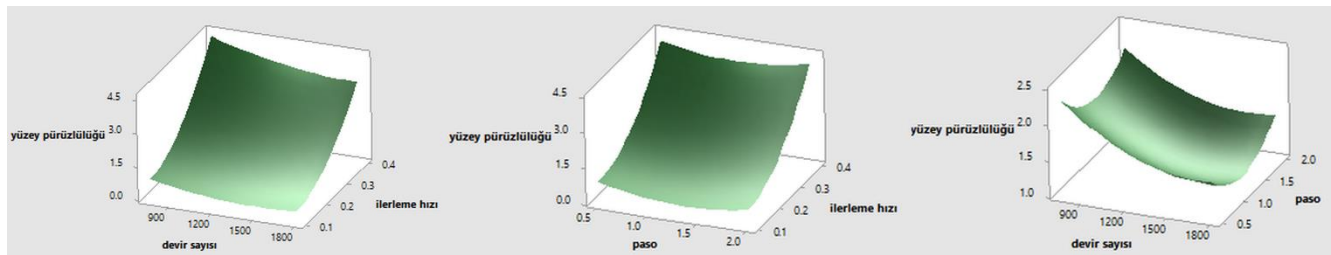
Şekil 7. Yüzey pürüzlülüğü için optimum sonuçlar

Ses verileri için, bileşik arzu edilebilirlik seste olduğu gibi burada da 1'dir. Amaç yüzey pürüzlülüğünü en aza indirmektir. Yüzey pürüzlülüğünün tahmin edilen değeri 0.3785 olarak elde edilmiştir. Şekil 6'dan görüldüğü gibi optimum seviyeler ilerleme için  $0.1 \text{ m s}^{-1}$ , devir sayısı için  $750 \text{ d}^{-1}$  ve talaş derinliği için  $0.5 \text{ mm}$  olarak elde edilmiştir.

Çizelge 5. Tahmin çizelgesi (yüzey pürüzlülüğü)

Fit	SE Fit	95% CI	95% PI
1.35275	0.310578	(0.660743; 2.04477)	(0.298795; 2.40671)

Çizelge 5'e göre ortalama verimlilik 0.31'dir ve tek bir değer için olası değerler 0.29 ile 2.4 aralığındadır. Sonuç olarak, bu tablodan tahmin aralıklarının kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu görülmektedir.



Şekil 8. Yüzey pürüzlülüğü için üç boyutlu etkileşim yüzey grafikleri

## SONUÇ

Bu çalışmada hem yüzey pürüzlülüğü hem de ses seviyesi hedef fonksiyonları olarak belirlenmiş, her ikisini de etkileyeceği düşünülen parametreler ve seviyeleri birlikte değerlendirilerek optimizasyon yapılmıştır. Çalışma sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Sonuçta ses seviyesi için en etkili parametrelerin sırasıyla devir sayısı, ilerleme miktarı ve talaş derinliği olduğu belirlenmiştir. Buradaki devir sayısının önemli bir parametre olarak elde edilmesinin tezgâhın kendi sesinin bir sonucu olduğu düşünülmektedir. Yüzey pürüzlülüğü için



ise en etkili parametrelerin ilerleme miktarı ve devir sayısı olduğu görülmüştür. Yüzey pürüzlülüğü açısından talaş derinliğinin anlamlı bir etkisi olmamıştır.

- Optimum sonuçlar hem ses, hem de yüzey pürüzlülüğü açısından aynı çıkmıştır. Bu da karar vermek açısından bize kolaylık sağlamaktadır. Bu sonuçlara göre hem ses hem de yüzey pürüzlülüğü seviyesini en aza indirmek için optimum değerler; ilerleme miktarı için  $0.1 \text{ m s}^{-1}$ , devir sayısı için  $750 \text{ dev dak}^{-1}$  ve talaş derinliği için  $0.5 \text{ mm}$  olarak elde edilmiştir.
- Artan devir sayısı iş parçasının birim zamanda daha fazla işlenmesine neden olmaktadır. Bundan dolayı ses şiddeti de artmaktadır.
- İlerleme hızı özellikle yüzey pürüzlülüğü üzerinde çok büyük bir etkiye sahiptir. Bu etki gürültü maruziyeti ile birlikte değerlendirildiğinde ilerleme miktarının kontrol edilmesi gereken bir parametre olduğu açıktır.
- İlerleme miktarı arttıkça yüzey pürüzlülüğü de artar. İlerleme miktarının artması ses seviyesini de olumsuz etkilemektedir. Talaş derinliğinin artması yüzey pürüzlülüğünü bir miktar arttırsa da ses seviyesinde ciddi bir artışa neden olmaktadır. Devir sayısı ve kesme hızının artması ise yüzey pürüzlülüğünü azaltırken ses seviyesinin artmasına neden olur.
- Optimum kesme şartlarının belirlenmesi ile malzeme israfının önüne geçmek, yüzey pürüzlülüğünü iyileştirmek ve işçilerin gürültü maruziyetlerinin azaltılması hedeflenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Asiltürk İ, Neşeli S, İnce MA, 2016. Optimisation of parameters affecting surface roughness of Co28Cr6Mo medical material during CNC lathe machining by using the Taguchi and RSM methods. *Measurement*, 78: 120-28.
- Brinksmeier E, Preuss W, Riemer O, Rentsch R, 2017. Cutting forces, tool wear and surface finish in high speed diamond machining. *Precision Engineering*, 49: 293-304.
- Davis R, Singh V, Priyanka S, 2014. Optimization of process parameters of turning operation of EN 24 steel using Taguchi Design of Experiment Method. In *Proceedings of the World Congress on Engineering*. 2-4 July 2014, London.
- Hanief M, Wani MF, Charoo MS, 2017. Modeling and prediction of cutting forces during the turning of red brass (C23000) using ANN and regression analysis. *Engineering science and technology, an international journal*, 20: 1220-26.
- Mia M, Prithbey R, Hossain MS, Arafat T, Asaduzzaman M, Shoriat Ullah M, Zobaer T, 2018. Taguchi S/N based optimization of machining parameters for surface roughness, tool wear and material removal rate in hard turning under MQL cutting condition. *Measurement*, 122: 380-91.
- Minitab 18 Statistical Software (2010). [Computer software]. State College, PA: Minitab, Inc. (www.minitab.com)
- Özdemir M, 2019. Yüzey Pürüzlülüğü üzerinde Kesme Parametrelerinin Etki Oranlarının Yüzey Yanıt Yöntemi Kullanarak Analizi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(3): 639-648.
- Özdemir M. 2019. Optimization with Taguchi Method of Influences on Surface Roughness of Cutting Parameters in CNC Turning Processing, *Mechanika*, 25(5): 397-405.
- Resmi Gazete, 2013. Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik. 28721, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/07/20130728-11.htm> (Erişim Tarihi: 10.04.2020).
- Rajesh, N, Yohan M, Venkataramaiah P, 2017. Optimization of cutting parameters for minimization of cutting temperature and surface roughness in turning of Al6061 alloy. *Materials Today: Proceedings*, 4: 8624-32.

- Ranganath MS, Vipin RS, 2013. Optimization of Process Parameters in Turning Operation of Aluminium (6061) with Cemented Carbide Inserts Using Taguchi Method and Anova. *International Journal*, 1: 13-21.
- Sabreena AH, Azma YN, Mohamad O, 2017 "Response Surface Methodology for Optimisation of Parameters for Extraction of Stevia Rebaudiana Using Water, H<sub>2</sub>O. *IIOAB Journal*, 7(1): 459-66.
- Sangwan, KS, Saxena S, Kant G, 2015. Optimization of machining parameters to minimize surface roughness using integrated ANN-GA approach. *Procedia Cirp*, 29: 305-10.
- Şahinoğlu A, Güllü A, 2015. CuZn39Pb3 malzemenin torna tezgâhında işlenmesinde oluşan akım, ses şiddeti, titreşim ve yüzey pürüzlülük değeri arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Politeknik Dergisi*, 29: 3015-10.
- Tekaslan Ö, Gerger N, Şeker U, 2008. AISI 304 östenitik paslanmaz çeliklerde kesme parametrelerine bağlı olarak yüzey pürüzlülüklerinin araştırılması. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10: 3-12.
- Verma J, Agrawal P, Bajpai L, 2012. Turning parameter optimization for surface roughness of ASTM A242 Type-1 alloys steel by Taguchi method. *International Journal of Advances in Engineering & Technology*, 3: 255.

## The Effect of Mechanical Vibration on Casting Properties of Grain Refined A356 Alloy

Abdulhadi KOŞATEPE<sup>1</sup>, Ahmet KABİL<sup>2</sup>

**ABSTRACT:** In this study, it was aimed to have the desired microstructure at low cost (fine and spherical) of aluminum alloys which have a wide usage in engineering materials and a wide variety of production methods. Al5Ti1B was added to the A356 aluminum alloy melted in a 700 °C resistive furnace with Ti content of 0.1, 0.2 and 0.3% by weight. Casting was performed on a 20, 10 and 5 mm cross-section metal mold placed on a vibration table producing a mechanical vibration of 50 Hz fixed frequency and 1.5 mm amplitude, vibration and non- vibration. Microstructural investigations on the cross-sections of the final casting products were carried out in two stages. In the first step, the distance between the secondary dendrite arms (SDAS) and the length of the secondary dendrite arms (SDAL) were measured on the images taken by optical microscope. In the second stage, EDS analysis was performed by SEM. Hardness measurements of the samples were made by Brinell method and the relationship between the microstructure and hardness values was tried to be revealed. SDAS and SADAL values decreased due to Ti content and section thickness. Accordingly, hardness tends to decrease as it progresses from thin section to thick section.

**Keywords:** A356 alloy, grain refining, sdas, sdal, mechanical vibration

1 Abdulhadi KOŞATEPE (Orcid ID: 0000-0002-7767-4981), Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Patnos Meslek Yüksekokulu, Ağrı, Türkiye

2 Ahmet KABİL (Orcid ID: 0000-0001-9078-8652), Yıldız Teknik Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, İstanbul Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Abdulhadi KOŞATEPE, akosatepe@agri.edu.tr

## INTRODUCTION

In view of advancing technological needs, cost, quality, safety and aesthetics are very important in almost all areas, especially in the automotive and aerospace industries. Although these parameters are closely related to each other, the need to keep costs to a minimum despite the increase in safety and quality forms the basis of engineering research and production methods. Along with the superior properties of aluminum and its alloys, the differences between the alloys stand out one step further. For example, the A356 (Al7Si0.3Mg) alloy in the group of Al-Si alloys are one of the most preferred alloys in casting ( Koşatepe et al., 2019). The alloy is preferred because of its excellent pourability, high thermal conductivity, high specific strength, low density and well corrosion resistance. ( Yüksel, 2018 ). The chemical, physical and mechanical properties of aluminum casting alloys are directly related to the microstructure of the alloy. The homogeneity of the casting product is ensured by the fact that the microstructure is fine-grained, the secondary phases are homogeneous and spherical morphology and the micropores are kept at the lowest level. Significant improvements in properties such as hardness, toughness, yield strength, surface roughness and machinability are observed in casting alloys with fine grain microstructure ( Kurban, 1997 ).

The combined effect of vibration and Al-Ti-B master alloy addition on the casting product, which is one of the grain refining methods, is among the subjects worthy of research. The principal vibration effects were found to be related to reduction of grain size by supporting nucleation, reduction of shrinkage pores due to improved metal feeding, and production of a more uniform casting structure (Chirita, 2009 ). Mechanical vibration method, which is one of the vibration application methods, has been shown to be relatively less costly than electromagnetic and ultrasonic vibration methods ( Çolak and Kayıkcı, 2009 ). It has been found that mechanical vibration applied during the casting process can provide localized cooling by drawing heat from the inside of the molten alloy ( Edwards et al., 2004; Sayuti, 2016 ). In addition, by breaking the needle-like dendrite arms by vibration, it has caused the dendrite to become more spherical form in addition to forming a nucleus for new grains ( Lieserberg et al., 2001; Peres et al., 2004; Tunçay, 2012 ). Thus, a substantially fine-grained microstructure can be obtained depending on the amplitude, frequency, and mold wall thickness of the vibration ( Hong-min, 2014; Jiang, 2014). Master alloys used as grain refiners are added to the liquid metal to obtain a finer grain microstructure. Master alloys reduce grain size and increases the grain boundaries ( Braynt et al., 1990; Ibarra, 1999 ). The increased number of grain boundaries improves the mechanical properties while at the same time decreasing the level of impurity (Uludağ, 2016 ).

Al5Ti1B master alloys are widely used as a grain refiner in the form of a rod. Grain refiner master alloys are added to the liquid metal in trace amounts. Ti and B react with aluminum atoms to form a large number of Al<sub>3</sub>Ti and AlB<sub>2</sub> intermetallic compounds in the liquid metal. Since these compounds have high melting points, they serve as solid nucleation centers in liquid aluminum and provide grain refining ( Çolak and Balcı, 2016 ). Emphasis is placed on the morphological changes of the primary aluminum phase of the cast alloy, which are exposed to different mechanical vibration levels at various values of the pouring temperature and solid fraction ( Limmaneevichitr , 2009 ). In a similar study, although the morphology and distribution of eutectic silicon in the aluminum-silicon alloy system have shown the most important influence on the change in mechanical properties, the size and morphology of the primary aluminum phase and the porosity distribution may also play an important role ( Puga et al., 2011 ).

In this study, Al5Ti1B master alloy was added to the A356 liquid alloy with a Ti content of 0.1, 0.2 and 0.3% by weight, followed by casting into the step mold without vibration. In order to examine

the effect of vibration, liquid metal was prepared with the same procedure, then casting was performed with applying mechanical vibration for 90 seconds at 50Hz frequency and amplitude of 1.5 mm. The microstructure and hardness values of step mold sections of the samples were compared.

## MATERIALS AND METHODS

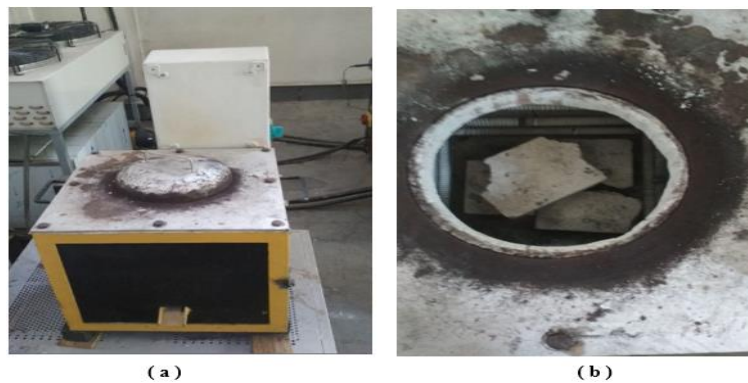
Al7Si0.3Mg primary aluminum alloy was used in each casting as charging material. The chemical composition of the aluminum nugget is components in Table 1.

The melting process was carried out in a SiC crucible at  $\sim 730^\circ\text{C}$  in a resistance furnace. As shown in Figure 1, the metal melted in the resistant furnace used for melting grain refining master alloy was added to the liquid metal and allowed to dissolve for 20 minutes. This is due to the fact that the master alloy added to the metal melt gives time to dissolve completely in the liquid metal and is homogeneously dispersed (Çolak and Kayıkcı, 2009).

**Table 1.** Chemical content of aluminum ingot (% wt.)

Si	Mg	Ti	Mn	Fe	Zn	Al
7.20	0.392	0.12	0.001	0.18	0.005	92.10

Figure 2 (a-b) shows the vibration device and the metal mold used in the casting process. The metal mold has three different cross-section thicknesses of 5, 10, 20 mm. The mold steps are square prism shaped and the surface areas are equal and the size of each step is 40x40 mm. Variable cross-sectional thickness allowed the investigation of the effects of mechanical vibration and grain refiner at different solidification rates.



**Figure 1.** (a) Resistance furnace (b) Al5Ti1B master alloy



**Figure 2.** (a) Vibration device (b) Casting mold



To increase the solidification time, casting mold is preheated to 400 °C . The preheated mold taken from the furnace was then placed on the vibration device producing mechanical vibration at a constant frequency of 50 Hz and amplitude of 1.5 mm shown in Figure 2a. The metal in the step mold Figure 2b was vibrated on the device for 90 seconds to solidify.

In order to examine the changes in the micrograph of the casting product seen in Figure 3, the cast specimens were cut from the step level and cut in the middle and grinded then polished with 1µm diamond paste.



Figure 3. Cast specimen

Firstly, the distance between the secondary dendrite arms (SDAS) and the length of the secondary dendrite arms (SDAL) were measured by means of optical microscope images. Then, EDS analysis of the samples was made by scanning electron microscope (SEM). In addition, hardness measurements of the samples were made by Brinell method and the relationship between the microstructure and hardness values was tried to be revealed.

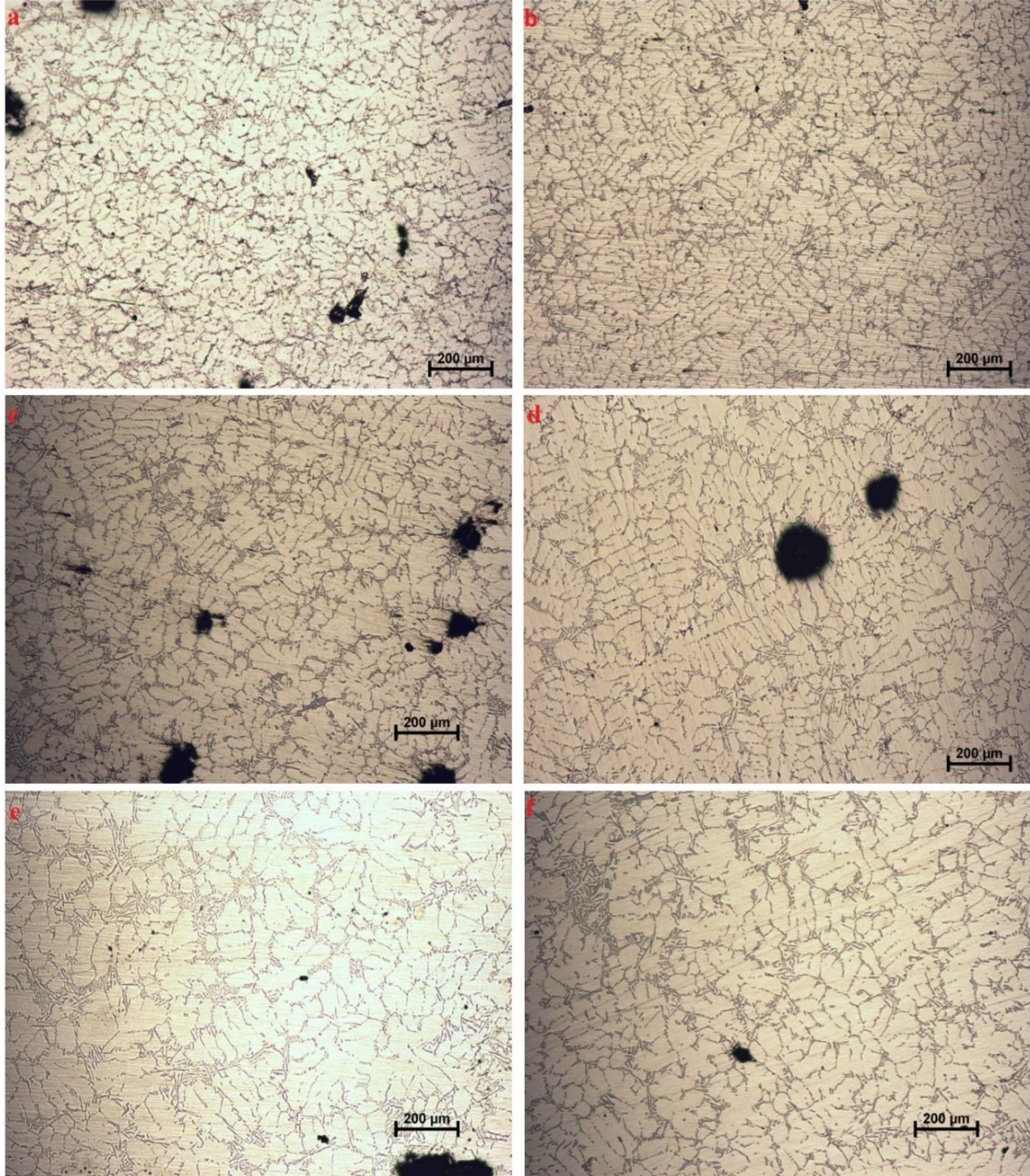
Table 2 shows the spectroscopic analysis of the cast specimens. In the sample names, the first numbers (1, 2, 3) show % Ti content (0.1, 0.2 and 0.3%) respectively, and the other figure indicates that they are without vibration (0) or vibrated (1).

Table 2. Chemical compositions of the cast specimens (% wt.)

Element	Al 1-0	Al 2-0	Al 3-0	Al 1-1	Al 2-1	Al 3-1
Si	7.08	6.83	6.73	7.04	7.03	6.85
Fe	0.0717	0.0292	0.0507	0.0359	0.0339	0.0287
Cu	0.00384	0.00244	0.00311	0.00330	0.00259	0.00273
Mn	0.00582	0.00581	0.00595	0.00571	0.00568	0.00593
Mg	0.0936	0.191	0.188	0.155	0.203	0.209
Zn	<0	<0	<0	<0	<0	<0
Ni	0.0170	0.0174	0.0191	0.0168	0.0169	0.0171
Cr	0.00375	0.00582	0.00560	0.00366	0.00302	0.00434
Pb	0.0129	0.0135	0.0123	0.0120	0.0122	0.0144
Sn	0.0238	0.0285	0.0268	0.0240	0.0252	0.0335
<b>Ti</b>	<b>0.170</b>	<b>0.247</b>	<b>0.307</b>	<b>0.177</b>	<b>0.239</b>	<b>0.360</b>
Na	<0	<0	<0	<0	<0	<0
Sr	0.00016	0.00024	0.00062	0.00013	0.00033	0.00086
V	0.0194	0.0232	0.0224	0.0196	0.0209	0.0273
Zr	0.00148	0.00171	0.00128	0.00150	0.00141	0.00185
Al	92.49	92.56	92.63	92.51	92.41	92.44

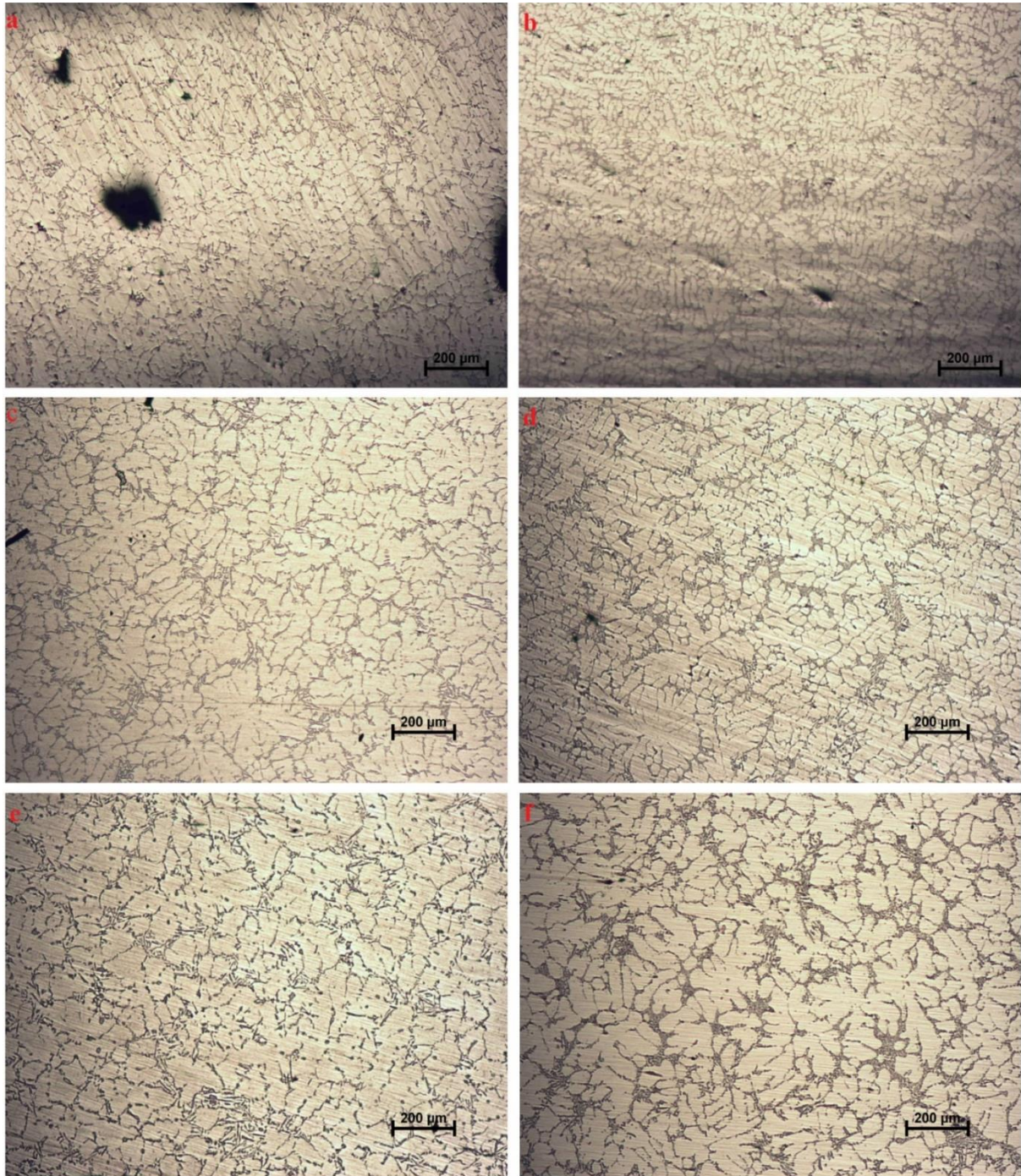
## RESULTS AND DISCUSSION

SDAS and SDAL values of non-vibrated and vibrated samples were measured depending on the thickness of sections. Figures 4, 5 and 6 show the variations of vibrated and non-vibrated micrograph of castings of different cross-sectional thicknesses of 0.1%, 0.2% and 0.3% Ti additions respectively.



**Figure 4.** Micrograph images of cast samples with 0.1% Ti added; **a, c, e** respectively thin, medium, heavy section non-vibrated, **b, d, f** respectively thin, medium, heavy sections of vibrated specimens



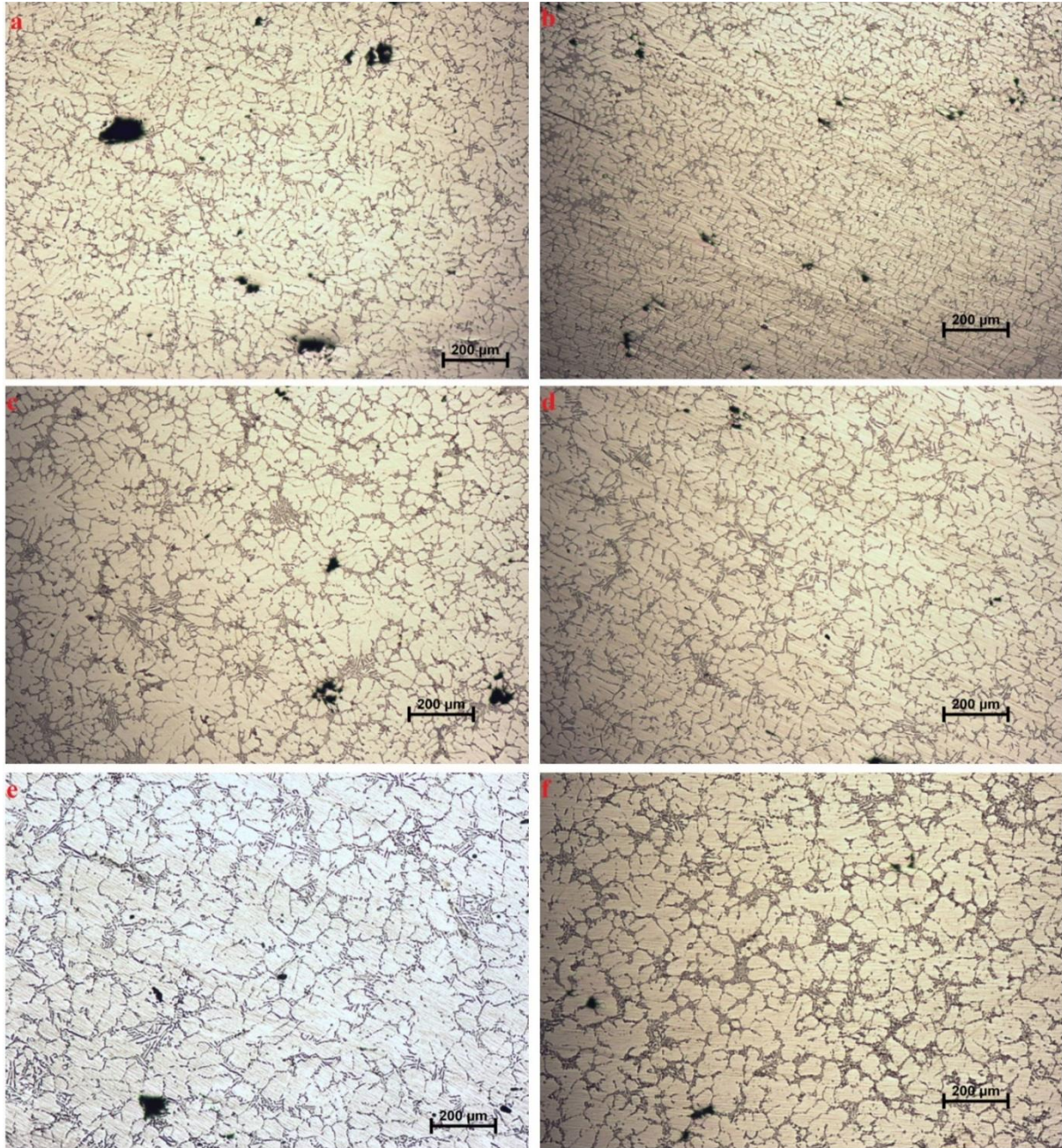


**Figure 5.** Micrograph images of cast samples with 0.2% Ti added; **a, c, e** respectively thin, medium, heavy section non-vibrated, **b, d, f** respectively thin, medium, heavy sections of vibrated specimens

As shown in Figures 4, 5 and 6 as the titanium content increases, the number of grains in both non-vibrated and vibrated samples increase as the cross-sectional thickness decreases. Some researchers have reported that the rate of porosity decreases with vibration and contrast. In these studies, it is known that the porosity in the structure of casting products in the alloy systems which solidify under the effect of mechanical vibration at high cooling rate is caused by the hydrogen dissolved in the metal liquid and the insufficient mass feeding into the spaces between the dendrite arms of the liquid ( Taghavi et al. 2011 ). This increase was higher in vibrated samples due to the effect of spherical and broken dendrite arms. As can be seen again in the non-vibrating samples, a decrease in the porosity density was observed as the cross-sectional thickness increased, but no change in the size of the existing porosities could be



detected. On the other hand, a significant decrease in porosity was observed in casting samples made under vibration and a significant decrease was observed in the existing porosity size. This reduction in the number and size of porosity provides for improved structural integrity as well as improved mechanical properties of the casting product.



**Figure 6.** Micrograph images of cast samples with 0.3% Ti added; **a, c, e** respectively thin, medium, heavy section non-vibrated, **b, d, f** respectively thin, medium, heavy sections of vibrated specimens

Vives has demonstrated that in continuous casting of aluminium alloys, electromagnetic vibrations could be effective on being refined of the microstructures ( Vives et al., 1993 ). Also, same frequency, 50 Hz was used to evaluate 1XXX and 2XXX aluminium alloys. Extensive grain refinement was successfully obtained both alloys. (Wu, et al., 2008 ) has conducted mechanical vibration on semi-solid slurry of aluminium alloy. It is procured that alloy has become more globular, and also grains were decreased from 125 to 90 µm. ( Limmaneevichitr, et al., 2009) has studied producing semi-solid alloy

routes via mechanical vibration as well. They have reported that average grain size of the primary Al-dendrites has become more finer and globular with increasing degree of vibration.

In Figure 7 and Figure 8 scanning electron microscopy images and EDS analysis are given. All samples were examined and the most significant differences were observed in casting samples containing 0.2% and 0.3% Ti. In both Figure 7 and 8, it is seen that the aggregated Ti element rich regions have obtained and this demonstrated with EDS analysis in the samples containing grain refiner 0.2 and 0.3% Ti, respectively. Possible intermetallic phase could be  $TiAl_3$ , which is major actor on grain refining of aluminum alloys. Clustering increases with increasing Ti content in the alloy and also, in SEM micrographs (Fig 7-8) clustering increased in Figure 8 significantly in samples containing 0.3% Ti. It was concluded that the increase in Ti concentration in the melt could increase the grain growth inhibitory parameters, and thus benefit from the final grain refinement effect on pure Al grains. With this grain refinement effect, toughness and strength can be increased in alloy systems ( Vivés, 1993 ).

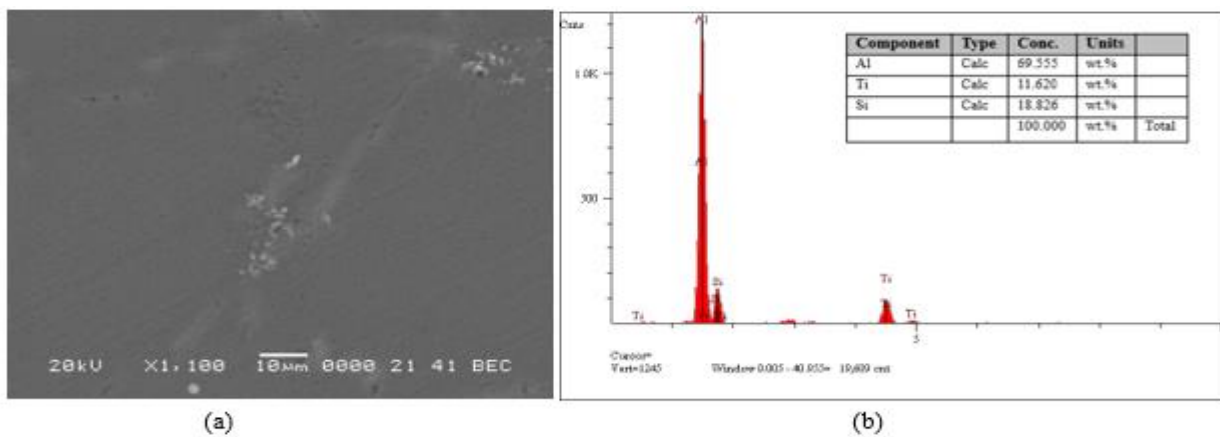


Figure 7. 0.2 %Ti of sample (a) SEM images and (b) EDS analysis

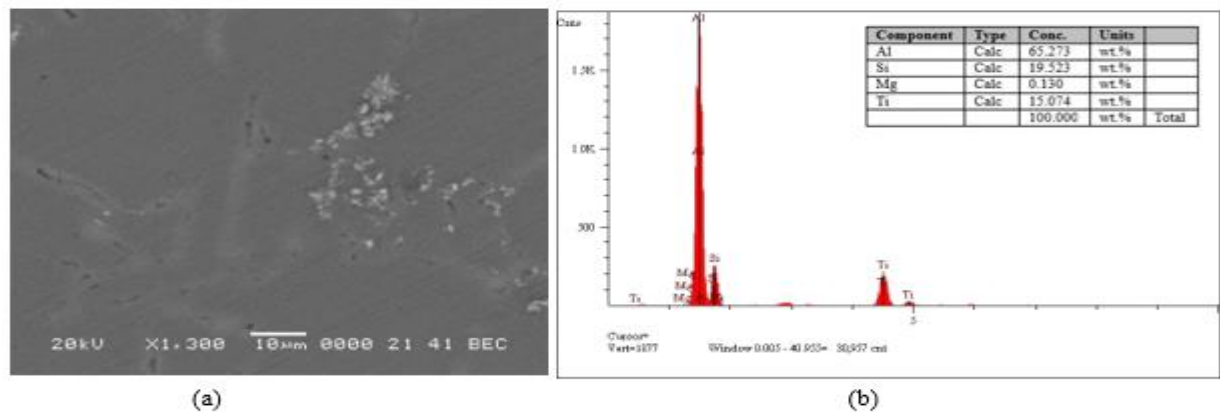
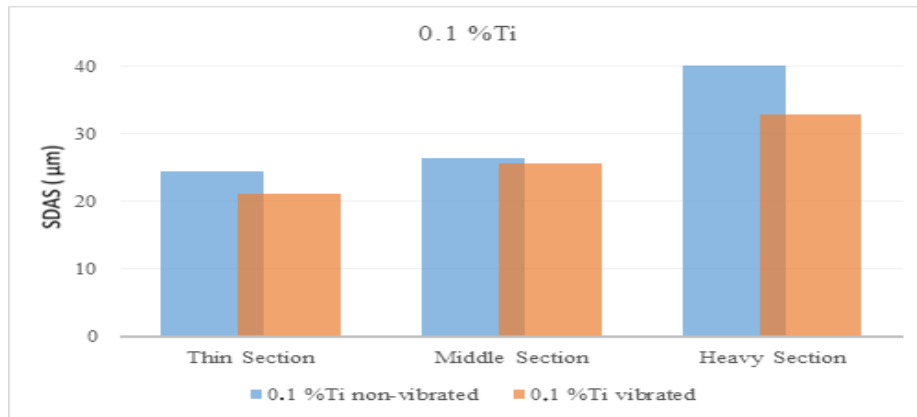


Figure 8. 0.3 %Ti of sample (a) SEM images and (b) EDS analysis

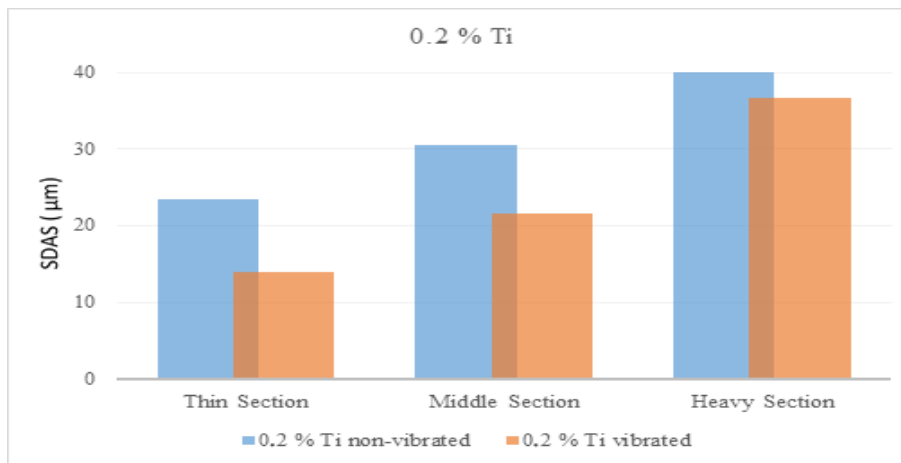
The first phase formed when solidification begins is the primary aluminium phase with dendritic morphology ( Yüksel, 2018 ). The graphics shown in Figure 9, 10 and 11 are intended to draw attention to the relationships between them rather than numerical values. Figures 9 a, b, and c show the SDAS changes with respect to varying Ti ratios for non-vibrated and vibrated castings. When Ti ratio was over 0.3%, it had an effect on SDAS. In addition to that, the application of vibration caused the further decrease on SDAS. The most significant effect of vibration on the SDAS value was found in the casting containing 0.2% Ti. SDAS increases from thin section to thick section due to decreasing cooling rate. During mechanical vibration application, coarse dendrite structures turn into fine and uniformly matched



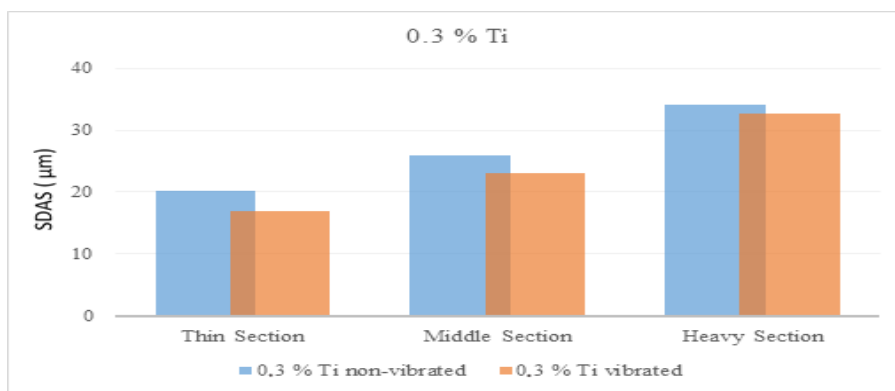
particles. On the other hand, the size, morphology and distribution of the  $\alpha$ -Al primary phase and eutectic silicon particles, as well as SDAS, have been significantly improved and the degree of grain increase has increased with increasing wall thickness ( Jiang et al., 2014; Uludağ et al., 2017; Çolak, 2019 ).



(a)



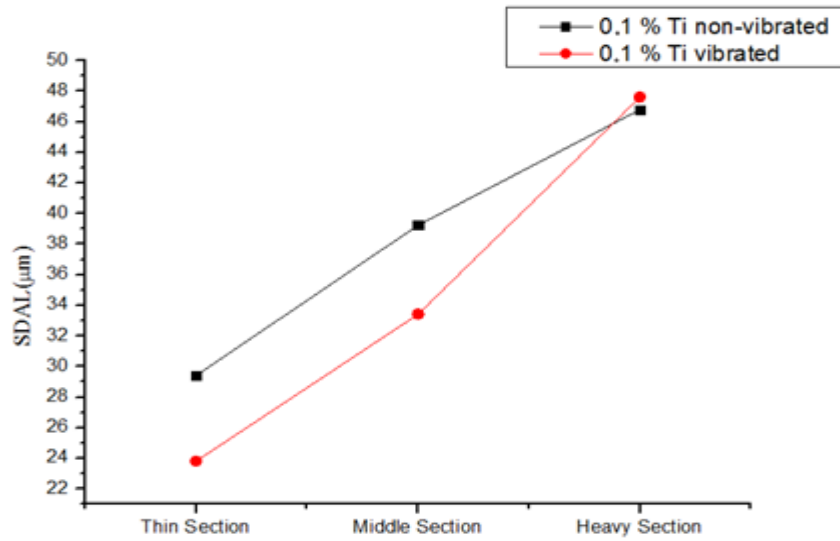
(b)



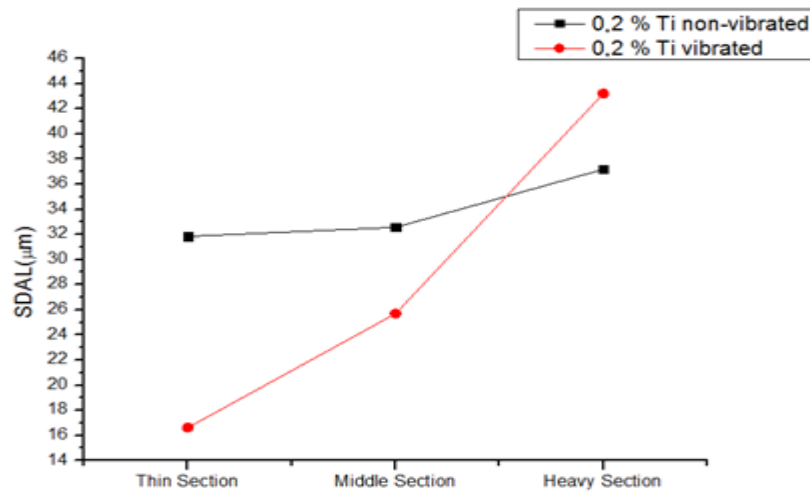
(c)

**Figure 9:** Non-vibrated and vibrated SDAS measurement comparison of castings containing a) 0.1% Ti, b) 0.2% Ti, c) 0.3% Ti

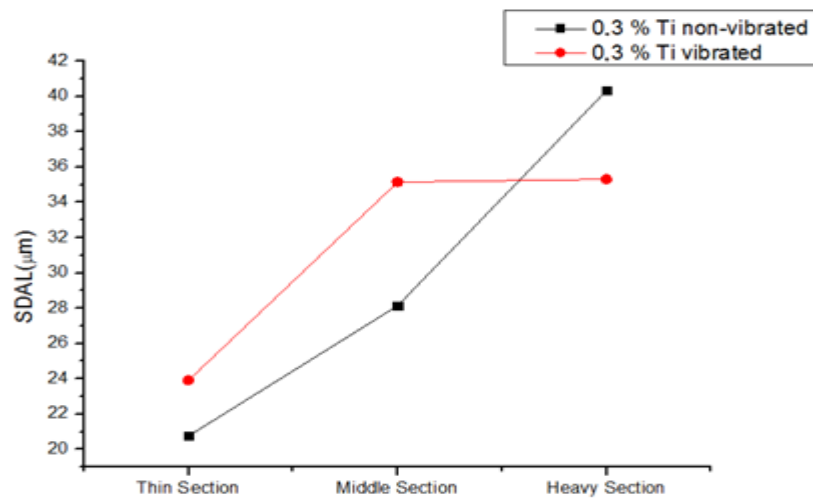
Figures 10 a, b and c show the effect of mechanical vibration on the distance values between secondary dendrite arms (SDAL) in grain refined castings. The SDAL value shows a significant reduction in the 0.3% Ti addition rate, similar to SDAS. It is seen that the addition of Ti is not effective and the vibration effect decreases SDAL at 0.1% and 0.2%. Similar to SDAS, as the thickness of section increases, the SDAL value increases with increasing solidification time.



(a)



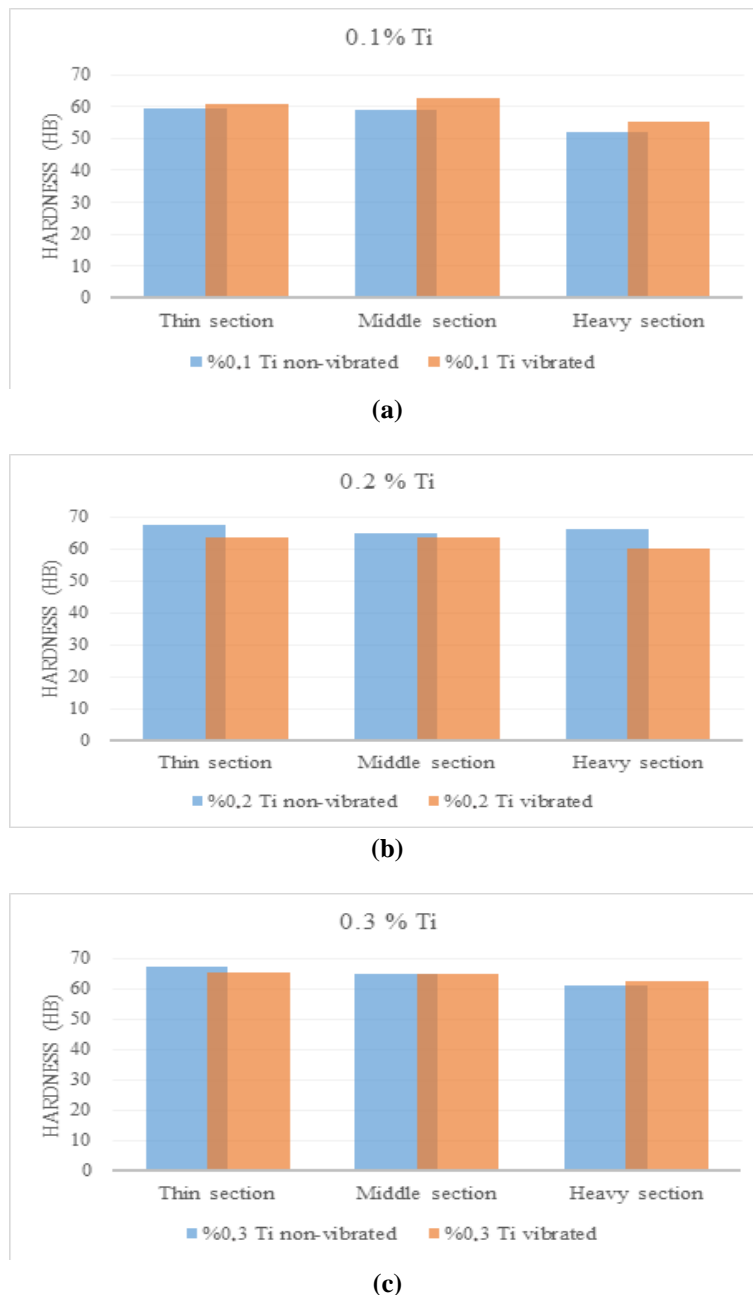
(b)



(c)

**Figure 10:** Non-vibrated and vibrated SDAL measurement comparison of castings containing a) 0.1% Ti, b) 0.2% Ti, c) 0.3% Ti

Figures 11 a, b, and c show hardness values for different non-vibrated and vibrated castings with different Al5Ti1B additions depending on the section thickness. It can be seen that as the Ti content increases, hardness of the sample increases as well in both casting conditions. It is observed that mechanical vibration increases hardness even more in castings with 0.1% Ti added. However, at 0.2 and 0.3% Ti addition rates, the effect of mechanical vibration on hardness increase was less than that of the Ti added castings alone. However, it has been found that with increasing cross-sectional thickness, hardness values decrease with varying cooling rate depending on cross-sectional thickness. In addition to this, hardness values of thick sections have been influenced by the fact that this section is the last solidifying zone, which acts as a riser, and hence the formation of shrinkage cavities in this section. It has been found that the casting conditions, whether vibrated or not, have no significant effect on hardness values.



**Figure 11:** Non-vibrated and vibrated cross-section hardness changes of castings containing a) 0.1% Ti, b) 0.2% Ti, c) 0.3% Ti

## CONCLUSIONS

This study was carried out in order to improve the properties of Al alloys produced by casting method and to show the combined effect of grain refining mechanisms that cause microstructure changes.

It was observed that the vibration mechanism, titanium ratio and cooling rate varying depending on the thickness of cross-section were so effective on microstructural changes.

When titanium content was 0.3%, it had a positive effect on SDAS and SDAL. Furthermore, when Ti ratio is 0.1% and 0.2%, mechanical vibration was so effective on SDAS and SDAL. Also, SDAS and SDAL values decreased in both vibrated and non-vibrated conditions with increasing cooling rate.

In the non-vibrated specimens, porosity rates were decreased, as the thickness of castings were increased. Same situation was obtained in the vibrated specimens but both rates and magnitudes of the porosity were decreased significantly. Considering all the casting conditions, applying vibration to the castings assisted to decrease dramatically both dimensions and amount of the porosity.

Although no significant differences were observed in hardness measurements, it was observed that hardness increased with vibrations at the rate of 0.1 Ti, whereas the vibration had no effect on hardness at the rates of 0.2 and 0.3 Ti, or a negative effect was observed. SDAS, SDAL and hardness values decreased due to the reduced cooling rate as the section thickened.

## REFERENCES

- Chirita G, Stefanescu I, Soares D, Silva S, 2009. Influence of vibration on the solidification behavior and tensile properties of an Al-18 wt %Si alloy. *Materials and Design* 30:1575-1580.
- Çolak M, Kayıkcı R, 2009. Alüminyum döküm alaşımlarında TiB ilavesi ile tane inceltmede bekletme zamanının tane boyutuna etkisinin incelenmesi. 4. Alüminyum Sempozyumu, 15-16 Ekim 2009, İstanbul.
- Çolak M, Kayıkcı R, 2009. A356 Döküm Alaşımında Elektromanyetik Karıştırmanın Mikroyapı ve Mekanik Özelliklere Etkisi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 15 (3): 345-351.
- Çolak M, Balcı M, 2016. Study on effect of the mechanical vibration on solidification in process of A356 aluminium alloy casting. International conference on engineering and natural science, 24-28 May 2016, Sarajevo.
- Çolak M, 2019. Modification of eutectic Al-Si alloys by Sr and CuSn5. *Materials Research Express* 6 (10).
- Edwards L, 2004. Strategic substitution of new materials for old applications in automotive product development. *Materials and Design* (25):529-533.
- Hong-min G, Zhang A, Yang X, Yan M, 2014. Grain refinement of Al-5%Cu aluminum alloy under mechanical vibration using melttable vibrating probe. *Trans. Nonferrous Met. Soc. China* (24):2489-2496.
- Ibarra G, 1999. A thesis submitted to the Faculty of Graduate Studies and Research in partial fulfillment of the requirements of the degree of Doctor of Philosophy, Department of Mining and Metallurgical Engineering McGill University, Master Thesis( Printed)
- Jiang W, Fan Z, Cheen X, Wang B, Wu H, 2014. Combined effects of mechanical vibration and wall thickness on microstructure and mechanical properties of A356 aluminum alloy produced by expendable pattern shell casting. *Materials Science and Engineering A* (619):228-237.
- Dönmez A, Çukur A, Kurban F, Kaba M, Çubuklusu E, Aybarç U, Malayoğlu U, Birol Y, 2017. Tane inceltme işlemlerinin iyileştirilmesi ve alçak basınçlı döküm sistemleriyle AlSi5Mg0.3 alaşımlı jant üretimi. Tüdoksad Akademi 9. Döküm Kongresi 20-21 Ekim 2017, Eskişehir.
- Koşatepe A, Kabil A, Yüksel Ç, 2019. Effect of TiBAl Addition on Electrical Conductivity of Al7Si0.3Mg Alloy in the Vibrated Mold Casting. The International Conference on Materials Science, Mechanical and Automotive Engineerings and Technology, 21-23 June 2019, Cappadocia.

- Lieserberg O, Drossel G, 2001. Casting Aluminium Hand Book 2. Aluminium Verlag GMBH, Düsseldorf, 386-388-406.
- Limmaneevichitr C, Pongananpanya S, Kajornchaiyakul J, 2009. Metallurgical structure of A356 aluminum alloy solidified under mechanical vibration: An investigation of alternative semi-solid casting routes, *Materials and Design* (30):3925–3930.
- Peres D, Siqueira A, Garcia A, 2004. Macrostructural and microstructural development in Al-Si alloys directionally solidified under unsteady-state conditions. *Journal of Alloys and Compounds* (381):168-181.
- Puga H, Costa S, Ribeiro S, Prokic M, 2011. Influence of ultrasonic melt treatment on microstructure and mechanical properties of AlSi9Cu3 alloy. *Journal of Materials Processing Technology* (211):1729– 1735.
- Sayuti M, 2016. Metal matrix composite products by vibration casting method. University Putra Malaysia, Selangor, Malaysia.
- Taghavi F, Saghafian H, Khrrazi Y, 2009. Study on the effect of prolonged mechanical vibration on the grain refinement and density of A356 aluminum alloy. *Materials and Design* (30):1604–1611.
- Tunçay T, 2012. A356 alüminyum döküm alaşımlarında sıvı metal hareketinin mikroyapı ve mekanik özellikleri üzerine etkisinin incelenmesi. Gazi University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Doctoral Thesis(Printed)
- Uludağ M, 2016. Yönlendirilerek dökülmüş Al-Si alaşımlarında tane incelticilerin porozite oluşumu üzerindeki rolü. Published in 4th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science, 3-5 November 2016, Alanya/Antalya.
- Uludağ M, Kocabaş M, Dışpınar D, 2017. Effect of Sr and Ti Addition on the Corrosion Behaviour of Al-7Si-0.3Mg Alloy. *Archives of Foundry Engineering* 125-130.
- Wu S, Xie L, Zhao J, Nakae H, 2008. Formation of non-dendritic microstructure of semi-solid aluminum alloy under vibration. *Scripta Materialia* (58):556–559.
- Vivés Ch, 1993. Effects of electromagnetic vibrations on the microstructure of continuously cast aluminum alloys. *Materials Science and Engineering A* (173):169-172.
- Yüksel Ç, 2018. Titreşimli katılaştırmanın birincil ve ikincil Al7Si0,3Mg alüminyum alaşımlarının içyapısına etkisi. *Omer Halisdemir University Journal of Engineering Sciences* 7(2):986-992.



## Malatya İli Trafik Kaynaklı Hava Kirleticilerinin Emisyon Envanteri

Rasim BEHÇET<sup>1</sup>, Ahmet YAKIN<sup>2\*</sup>

**ÖZET:** Malatya ili coğrafik konum nedeniyle karasal iklime sahiptir. İklim şartlarından dolayı kış ayları soğuk ve uzun sürmektedir. Özellikle bu aylarda, evlerden, iş yerlerinden, fabrikalardan, taşıtlardan; atmosfere atılan kirletici emisyonlar fazla görülür. Türkiye'nin Nüfus yoğunluğu bakımından 27. sırada bulunan Malatya ili, trafik yoğunluğu bakımından da oldukça kalabalık bir yerleşim yeridir. Trafik yoğunluğu beraberinde hava kirliliğini de getirmektedir. Hava kirliliği çevre ve canlılar üzerinde olumsuz etkiler oluşturur. İnsanlığın temel görevlerinden biride, canlıların yaşam alanı olan çevreyi korumaktır. Bu çalışmada, Malatya ilini çevreleyen yollarda seyreden taşıtların sayımları yapılarak trafik yoğunluğu belirlenmiş ve trafik kaynaklı hava kirleticileri hesaplanarak, emisyon envanteri oluşturulmuştur. Çalışma sonuçlarından elde edilen verilere göre Malatya ilinde atmosfere verilen toplam emisyon miktarları içindeki CO miktarı 768.22 ton yıl<sup>-1</sup>, NO<sub>x</sub> miktarı 153.73 ton yıl<sup>-1</sup>, PM miktarı 13.99 ton yıl<sup>-1</sup> ve VOC miktarı 121.79 ton yıl<sup>-1</sup> şeklinde yaklaşık olarak bulunmuştur. Malatya ilinde taşıt kaynaklı hava kirliliğinin azaltılması için, taşıtlarda kullanılan fosil yakıtlar yerine alternatif yakıtların kullanılması kısa mesafelerde taşıt kullanımı yerine yürümenin teşvik edilmesi ile sağlanabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Malatya, motorlu taşıtlar, hava kirliliği, emisyon envanteri

### Emission Inventory of Air Pollutants Based on Traffic in Malatya Province

**ABSTRACT:** Due to its geographical location, Malatya province has a continental climate. Because of the the continental character of the climatic conditions, the winter months are also cold and long. Especially in these months, the pollutant emissions discharged from the houses, workplaces, factories, vehicles and released to the atmosphere are high. In terms of population density in Turkey, Malatya, which is 27th among the provinces, is a very crowded settlement in terms of traffic density. Traffic density also brings air pollution. Air pollution has negative effects on the environment and living things. One of the main duties and responsibilities of mankind is to protect the environment, the living space of living things. In this study, the traffic density of the vehicles running at the streets surrounding the city of Malatya was determined and the the emission inventory was measured by calculating the traffic pollutants. According to the data obtained from the study results, the amount of CO in the total emission amounts given to the atmosphere in Malatya was 768.22 tons per year<sup>-1</sup>, the NO<sub>x</sub> amount was 153.73 tons per year<sup>-1</sup>, the amount of PM was 13.99 tons per year<sup>-1</sup> and the amount of VOC was 121.79 tons per year<sup>-1</sup>. For reducing air pollution caused by vehicles in Malatya province, some measures can be provided by using alternative fuels in internal combustion engines instead of fossil fuels used in vehicles and encouraging walking instead of using vehicles at short distances.

**Key Words:** Malatya, motor vehicles, air pollution, emission inventory

<sup>1</sup> Rasim BEHÇET (Orcid ID: 0000-0002-6897-3066), İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Bölümü, Malatya, Türkiye

<sup>2</sup> Ahmet YAKIN (Orcid ID: 0000-0001-6716-2811), Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van Meslek Yüksekokulu, Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü, Van, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ahmet YAKIN, e-mail: ahmetyakin@yyu.edu.tr

## GİRİŞ

Motorlu taşıtlarda kullanılan fosil yakıtların tükenecek olması, petrol için Ortadoğu'da halen devam eden belirsizlikler, fosil yakıtların çevreye verdiği kirlilik ve yakıt ekonomisi gibi birçok parametre, taşıtlar ile ilgili problemleri de beraberinde getirmektedir. Atmosferdeki hava, coğrafik olarak sınırlandırılmadığı için çevre kirliliği, sadece bir ülkenin problemi olmayıp bütün dünya ülkelerini ilgilendiren ciddi bir konudur. Teknoloji, bir yandan insan yaşamında kolaylık sunarken diğer taraftan geri getirilmesi zor, hatta imkânsız olan bazı problemleri de beraberinde getirmektedir. Ülkemizin gelişmişlik düzeyinin artmasına paralel olarak motorlu taşıt sayısında meydana gelecek artış göz önüne alındığında özellikle nüfus yoğunluğunun fazla olduğu illerde trafikten kaynaklanan hava kirliliğinde önemli bir artış söz konusudur.

Nüfus yoğunluğu bakımından Türkiye'nin 27. şehri olan Malatya ilinin nüfusu 800 000'e yaklaşmıştır. Güney ve Orta Anadolu bölgelerinin kesişme noktasında bulunması nedeniyle sosyal yapısı çeşitlilik gösteren Malatya ili, Doğu Anadolu Bölgesinin yukarı Fırat bölümünde yer almaktadır. İlerdeki nüfusun hızlı bir şekilde artması trafik yoğunluğunu da beraberinde getirmektedir. Trafik kaynaklı hava kirliliğinin belirlenmesinde kullanılan yöntem emisyon envanteridir.

Düzce ilinde 1 Ekim- 31 Mart 2015 tarihleri arasında hava kirliliği ile ilgili olarak günlere, aylara, yaz-kış sezonuna göre yapılan çalışma, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Hava Kalitesi İzleme İstasyonları Web Sitesi'nde, Düzce'nin PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> ve rüzgar ölçüm sonuçları alınmıştır. Hava kirliliği değişimleri en düşük olduğu günler cumartesi ve pazar iken en yüksek olduğu gün çarşamba olarak görülmüştür. Aylar arasında en düşük PM<sub>10</sub> değeri Ağustos iken en yüksek PM<sub>10</sub> değeri Aralık ayında görülmüştür. Düzce'de hafta içinde rüzgar hızının düşük olduğu ve kış aylarında ise hava kirliliğinin yüksek olduğu, rüzgar hızının yüksek olduğu Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında ise PM<sub>10</sub> en düşük düzeyde olduğu görülmüştür(İskender ve ark., 2015).

CO emisyonu genellikle, egzoz gaz sıcaklığının düşük olması ve yakıtın tam olarak oksijenle reaksiyona girememesinden oluşur ve türbülans yoğunluğu da CO oluşumundaki önemli faktörlerden biridir. CO emisyonunun insan vücuduna geçtikten sonra kandaki hemoglobininle birleşerek oksijen taşınımını azaltır. Böylece uyku problemleri, felç ve öğrenme yeteneğinin zayıflamasına yol açar (Agarwal ve ark., 2006).

Zehirli egzoz emisyonları arasında olan HC emisyonları, yakıt sistemindeki buharlaşmadan meydana gelmekte ve yanmaya tam olarak girememesinden kaynaklanmaktadır (Pulkrabek W.W, 2010).

NO<sub>x</sub> emisyonları, akciğerlerin zarar görmesine ve neticesinde solunum yolu rahatsızlıklarına sebep olmaktadır (Amin N, 2009).

Atmosferik emisyon envanteri çalışmaları, hava kalitesi ve emisyon azaltma çalışmalarının belirlenmesinde de önemli katkı sağlamaktadır. Emisyonlar hakkındaki bilgi ile sürdürülebilir hava kalitesini yakalamak mümkündür. Motorlu kara taşıtlarının emisyonlarının kent atmosferindeki kirleticilerin önemli bir kısmını oluşturmaları ve yaşamı olumsuz etkilemeleri emisyon envanteri çalışmalarının önemini arttırmıştır. Atmosfere bırakılan kirleticiler emisyonların çevresel etkilerinin ortaya konulması ve emisyon kontrol çalışmalarının belirlenmesi için sektörel bazda çalışmalar yapılmaktadır (Bellesio ve ark., 2007).

Atmosfere farklı kaynaklardan salınabilecek kirleticilere yönelik sınır değerler, Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği'nde de belirtilmiştir. Genellikle kış mevsiminde hava kirliliğinin belli bölgelerimizde uyarı sınırlarını aşması kirlenmenin insan yaşamını tehdit edebilecek sınırlara geldiğini göstermektedir. Yönetmelikte, hava kirliliğinin önlenmesi için kısa ve uzun dönemlerde uygulanabilecek tedbirler yer almaktadır (Çetin ve ark., 2018).

Hava kirliliği genellikle eksik yanmadan kaynaklanmaktadır. İçten yanmalı motorlardan atmosfere atılan egzoz gazlarının bileşiminde; parafinler, aromatikler ve olefinler gibi yanmamış hidrokarbonlar,

ketonlar, karboksilik asitler, aldehitler gibi kısmen yanmış hidrokarbonlar (HC), karbonmonoksit (CO), azot oksitler ( $\text{NO}_x$ ), kükürt dioksit ( $\text{SO}_2$ ), kurşun bileşikleri ve partikül maddeler ( $\text{PM}_{10}$ ) bulunmaktadır. Dizel motorlarındaki kirleticiler; azot oksitler ( $\text{NO}_x$ ), kükürt dioksit ( $\text{SO}_2$ ) ve partikül madde gibi kirleticiler, benzin motorlarında ise, karbon monoksit (CO) ve yanmadan kalan hidrokarbonlar (HC) dır (Alkaya ve Yıldırım, 2000).

Sapanca Gölü ve çevresinde, taşıtlardan kaynaklanan emisyonlarla ilgili çalışmada, karayolu kaynaklı taşıt emisyon miktarları belirlenmiştir. Çalışmada atmosfere bir hafta boyunca verilen emisyon miktarları hesaplanmış ve  $\text{PM}_2$  ton,  $\text{NO}_x$  41ton, CO 84 ton, VOC (Volatile Organic Compound) 14 ton olarak bulunmuştur (Demirel ve Ateş, 2017).

İzmir’de taşıtlardan kaynaklanan hava kirliliğinin kent merkezinde; saatlik, günlük ve mevsimsel değişimleri incelenmiş, gerekli hesaplamaların yapılması sonucunda 2007 yılında atmosfere verilen, kirleticisi emisyonlar, CO 5607 ton,  $\text{PM}_{10}$  104 ton,  $\text{NO}_x$  2502 ton,  $\text{SO}_2$  340 ton, NMVOC 772 ton, olarak hesaplanmıştır (Elbir ve ark., 2010).

Çorlu ilçesinde trafikten kaynaklanan emisyonların hesaplanmasında, trafiğin yoğun olduğu dört caddede ölçümler yapılmıştır. Bu dört cadde için toplam  $\text{PM}$  0.21 ton  $\text{yıl}^{-1}$ ,  $\text{NO}_x$  5.01 ton  $\text{yıl}^{-1}$ , CO 5.58 ton  $\text{yıl}^{-1}$ , HC 0.41 ton  $\text{yıl}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır (Ünsal ve ark., 2015).

Gaziantep ilinde taşıtlardan kaynaklanan emisyonların hesaplanmasında, trafik akışının yoğun olduğu 30 noktada  $\text{NO}_x$  emisyonları, pasif örnekleme metodu ile belirlenmiş, ilin kirlilik haritası oluşturulmuştur. Çalışmalar neticesinde kirleticisi emisyonlar sınır değerler kapsamında değerlendirilmiştir (Cuci ve Polat, 2015).

Van ili taşıt kaynaklı hava kirliliği ile ilgili yapılan çalışmada, karayolu kaynaklı taşıt emisyon miktarları belirlenmiş atmosfere verilen toplam emisyon miktarları CO 442.78 ton  $\text{yıl}^{-1}$ ,  $\text{NO}_x$  83.01 ton  $\text{yıl}^{-1}$ ,  $\text{PM}$  8.01 ton  $\text{yıl}^{-1}$ , ve VOC miktarı 70.41 ton  $\text{yıl}^{-1}$  şeklinde yaklaşık olarak bulunmuştur (Yakın ve Behçet, 2019).

Samsun Tekkeköy ilçe merkezinde 2017 yılında taşıtlardan kaynaklanan hava kirliliğiyle ilgili çalışmada, karayolundan atmosfere salınan kirleticisi miktarları, CO 13.56 ton,  $\text{NO}_x$  150.23 ton, Uçucu Organik Bileşikler (VOC) 18.33 ton,  $\text{PM}$  5.01ton,  $\text{SO}_2$  0.20 ton olarak hesaplanmıştır (Kaya, 2020).

Çin’de yakıt tüketimi ve taşıt tipine bağlı yapılan emisyon envanteri çalışmasında, 2030 yılına kadar emisyon miktarlarında CO %467.52 , VOC %61.44 ,  $\text{NO}_x$  %8.31 ,  $\text{PM}_{10}$  için %78.35 oranında artış olacağı tahmin edilmektedir (Zahanga ve ark., 2008).

Portekiz’de trafik kaynaklı taşıt emisyon hesaplamasında, taşıt hızının 50 km/h ten az olduğu kabul edilerek VSP/EMEP metodu ile günlük zararlı taşıt emisyonları şehir merkeziyle diğer bölgeler kıyaslanarak hesaplanmış ve şehir merkezindeki emisyonların diğer bölgelere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Borrego ve ark., 2016).

İtalya’da 2001 yılında, trafikten kaynaklanan, zararlı taşıt emisyonları envanteri CORPET III modeli kullanılarak hesaplanmış, CO 79.520 ton,  $\text{NO}_x$  19.380 ton, Metal olmayan uçucu organik bileşikler (NMVOC) 11.547 ton ve  $\text{PM}$  1867 ton olarak bulunmuştur (Bellasio ve ark., 2007).

Güney İtalya’da taşıtlardan kaynaklanan ağır metallerin emisyon envanteri çalışmasında  $\text{NO}_x$ , CO, VOC,  $\text{PM}_{10}$  emisyonlarının envanteri oluşturulmuştur (Lodice ve ark., 2016).

Türkiye’nin nüfus yoğunluğu bakımından 27. sırasında yer alan Malatya’da, Ekim 2019 yılı itibarıyla, motorlu karayolu taşıt sayısı 176 175 adettir (Anonim, 2019).

Bu çalışmada, Malatya ili taşıt kaynaklı emisyon envanteri hesaplanarak Malatya’nın taşıt kaynaklı hava kirliliği bulunmuş ve hava kirliliğinin azaltılması için çözüm önerileri belirtilmiştir.



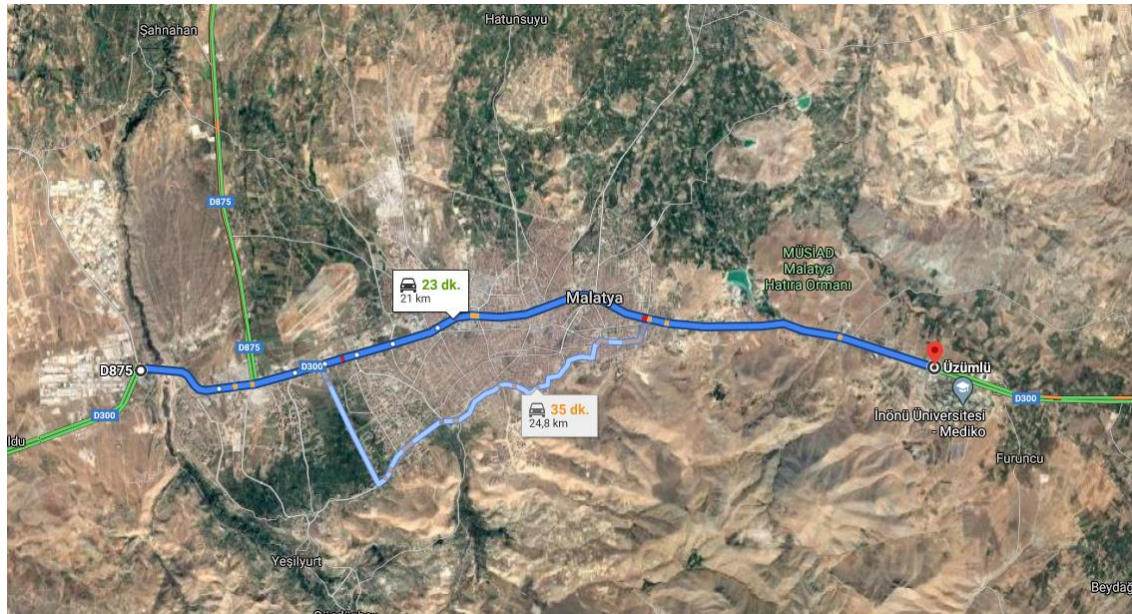
## MATERYAL VE YÖNTEM

### Çalışma Alanı

Bu çalışma, Türkiye'nin yüzölçümü bakımından 21. sırasında olan Malatya ilinde yapılmıştır. Çalışma alanı, Malatya ili İnönü Üniversitesi, kanyon caddesi ile Dem sokak kesim noktasındaki kavşak ile Malatya havaalanı, Ankara yolu ile havaalanı yolu 1. cadde kesim noktasındaki kavşaklar arasında gerçekleştirilmiştir. Çalışma yapılan caddeler şehri çevreleyen ana yollar olduğundan, trafikten kaynaklanan hava kirliliğini doğrudan etkileyebilecek caddelerdir. Bu caddeler dışındaki diğer caddelerde trafik yoğunluğu az olduğundan çalışmaya dâhil edilmemiştir.



Şekil 1. Malatya ili karayolları haritası



Şekil 2. Çalışma kapsamındaki caddelerin uydu görüntüsü

## Taşıt Sayımları

Karayolları Genel Müdürlüğü, karayollarındaki taşıtların sayımları için, kış mevsimi dışında, diğer mevsimlerde tüm yurttan metrocount firmasına ait, “Vehicle classifier system-5600 series rsu” cihazlarını kullanmaktadır. Cihazın karayolu taşıt sayımı yapılabilmesi için yol üzerine iki adet pnömomatik hortum yerleştirilmiştir. Bu cihazlar taşıtların bu hortumlar üzerinden geçerken oluşan hava basıncı etkisiyle sayılması ve uzunluğuna göre sınıflandırılması esasına dayalı, taşınabilir otomatik sınıflandırma cihazlarıdır (Anonim, 2008).

## Emisyon Envanteri

Bu çalışmada ana caddelerde yapılan taşıt sayımlarına göre, emisyon hesapları yapılmıştır. Emisyon değerleri her bir taşıtın yakıt türüne, taşıtın şekline göre günlük olarak hesaplanmıştır. Hesaplamalarda EMEP/EEA emisyon faktörleri kullanılarak emisyon envanteri çıkarılmıştır.

$$E = EF \times A \quad (1)$$

$$E = EF \times A \times FC \quad (2)$$

Burada, E emisyon miktarı (g), EF emisyon faktörü (g km<sup>-1</sup>), A taşıt aktivitesi (km), FC yakıt tüketimi (g-yakıt km<sup>-1</sup>) ve EF bulk emisyon faktörü [ $\mu$ g (kg-yakıt)<sup>-1</sup>]’dür.

Emisyon envanteri hesaplamasında, EMEP/EEA “Air Pollutant Emission Inventory Guidebook” emisyon faktörleri kullanılmıştır. Emisyon faktörleri, taşıt türü, motor teknolojisi, kullanılan yakıt türü, taşıt hızı, parametrelerine bağlıdır (EEA, 2007).

**Çizelge 1.** CORINAIR Emisyon Faktörleri ( $\mu$ g kg<sup>-1</sup>-yakıt<sup>-1</sup>) (EEA 2007)

	CO	NO <sub>x</sub>	VOC	PM
Benzinli otomobil	221.70	28.39	34.41	0
Dizel otomobil	12.66	11.68	3.73	4.95
Benzinli hafif ticari taşıt	305.63	26.58	32.61	0
Dizel hafif ticari taşıt	15.94	20.06	2.08	4.67
Otobüs	15.71	49.18	4.13	2.15
Motosiklet	691.76	4.82	114.71	0

**Çizelge 2.** Km başına yakıt tüketim miktarları (g-yakıt km<sup>-1</sup>) (EEA 2007)

	Otomobil	Hafif ticari	Otobüs	Kamyon	Motosiklet
Benzin pre-euro	77	85	-	-	37
Benzin euro1	66	100	-	-	-
Dizel pre-euro	63	89	366	182	-
Dizel euro1	55	90	-	-	-

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Karayolları tarafından yollara döşenen pnömomatik hortumlar kullanılarak, hortumlara gelen basınçlar sayesinde taşıt sayımları yapılmakta ve taşıt uzunluğuna göre de taşıt sınıflandırılmaları yapılmaktadır. Taşıtların sayımları Karayolları 8. Bölge Müdürlüğü’nün yaptığı 2019 yılı YOGT (yıllık ortalama günlük trafik değerleri) tablosundan alınmıştır. Hava kirliliğinin oluşmasında taşıtlar büyük bir rol oynamaktadır. Günümüzde taşıtlarda kullanılan yakıtlar fosil kökenli olduğu için, yakıtın tam yanmaması veya eksik yanmasından taşıt kaynaklı hava kirliliği oluşmaktadır. Taşıtlarda egzoz emisyonu azaltıcı sistemlerinin kullanılması, emisyonu belli bir oranda düşürmektedir. Egzoz



emisyonları; taşıtların tipine, taşıtın hızına, kullanılan yakıtı bağlı olarak atmosfere salınmaktadır. Bunun sonucunda canlılar ve doğa zarar görmektedir. Çalışma bölgesi olan Malatya İnönü Üniversitesi ve Malatya Havaalanı Kavşağı için, CORNAIR Emisyon Faktörleri ve kilometre başına yakıt tüketim miktarları kullanılarak yukarıda verilen emisyon formülleri ile emisyon hesaplamaları yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar neticesinde aşağıdaki veriler elde edilmiştir.

**Çizelge 3.** Taşıt sayımları yapılan bölgeler (Anonim, 2019)

Malatya İnönü Üniversitesi					
Otomobil	Kamyonet (Minibüs+hafif ticari )	Kamyon	Otobüs	Treyler	Toplam
19 406	1913	1164	404	1300	24 187
Malatya İli Havaalanı Kavşağı					
Otomobil	Kamyonet (Minibüs+hafif ticari )	Kamyon	Otobüs	Treyler	Toplam
20 995	2517	1339	327	1296	26 474

Malatya İnönü Üniversitesi ve Malatya havaalanı kavşağı olmak üzere iki farklı bölge için taşıt sayımları dikkate alınmıştır.

Emisyon envanteri hesaplanırken, karayolu taşıtlarından otomobillerin %73'nün benzinli olduğu, %27'sinin dizel olduğu, hafif ticari araçların %50'sinin benzinli, otobüs ve kamyonların dizel, motosikletlerin ise benzinli olduğu kabul edilmiştir (Anonim, 2014). Her iki yönde geçen toplam taşıt miktarı Çizelge 3'te verilmiş ve bu miktarlar referans alınarak Malatya ilinin emisyon envanteri hesaplamasında, toplam emisyonların, aritmetik ortalaması alınmış ve emisyon değerleri yaklaşık olarak hesaplanarak Çizelge 4 ve Çizelge 5'te verilmiştir.

**Çizelge 4.** Emisyon miktarları (kg gün<sup>-1</sup>), Malatya İnönü Üniversitesi

	Otomobil (Benzinli)	Otomobil (Dizel)	Hafif Ticari Taşıt	Otobüs	Kamyon	Trey	Toplam
CO	1904	29.65	16.5	17.8	25.8	28.9	2022.65
NO <sub>x</sub>	243	27.36	15.24	55.7	32.5	36.3	410.1
VOC	295	8.73	4.86	4.68	3.37	3.7	320.34
PM	0	11.59	6.45	2.43	7.58	8.46	36.51

Çizelge 4'te belirtildiği gibi Malatya ili İnönü Üniversitesi bölgesinde taşıt sayısına göre, Eşitlik 1 ve Eşitlik 2 formülleri kullanılarak yapılan emisyon hesaplamasında binek taşıt sayısı diğer taşıtlara oranla fazla olduğunda binek taşıtların emisyon miktarları diğer taşıtlara göre fazla çıkmıştır. Emisyon miktarları dikkate alındığında en yüksek CO emisyonu, ardından NO<sub>x</sub> emisyonu, VOC emisyonu ve en düşük emisyon ise PM emisyonudur.

Çizelge 4'te benzinli otomobillerde, CO emisyonu toplam emisyonların %94.13'ini oluştururken, dizel otomobillerde ise %0.01'ini oluşturmaktadır. Bunun sebebi ise dizel otomobil sayısının az olmasıdır. Treylerin PM miktarına bakıldığında %23.17, otobüslerin PM miktarına bakıldığında %0.06, dizel otomobillerin PM emisyonuna baktığımızda toplam PM emisyonununun %31.74'ini oluşturmaktadır. Bu durum dizel otomobil sayısının fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Benzinli araçlarda PM emisyonu olmadığından sıfırdır.

**Çizelge 5.** Emisyon miktarları (kg gün<sup>-1</sup>), Malatya ili havaalanı kavşağı

	Otomobil (Benzinli)	Otomobil (Dizel)	Hafif Ticari Taşıt	Otobüs	Kamyon	Trey	Toplam
CO	2060	32.08	21.73	14.41	29.77	28.81	2186.8
NO <sub>x</sub>	263.8	29.59	20.05	45.11	37.47	36.26	432.28
VOC	319.78	9.45	6.40	3.78	3.88	3.76	347.05
PM	0	12.54	8.49	1.97	8.72	8.44	40.16

Çizelge 5 Malatya ili havaalanı kavşağı emisyon miktarlarını göstermektedir. Eşitlik 1 ve Eşitlik 2 formülleri kullanılarak yapılan emisyon hesaplamalarında, İnönü Üniversitesi bölgesinde olduğu gibi binek taşıtların diğer taşıtlara göre sayıları fazla olduğundan, binek taşıtların emisyon miktarları diğer taşıtlara göre yüksek çıkmıştır. En yüksek emisyon miktarı CO, ardından NO<sub>x</sub> emisyonu, VOC emisyonu ve ardından PM emisyonu çıkmıştır. VOC emisyonuna bakıldığında benzinli otomobillerin VOC emisyonu %92 treylerin VOC emisyonu ise %0.01'dir. Bunun sebebi benzinli otomobil sayısının fazla olmasıdır. En düşük emisyon ise otobüslere ait PM emisyonudur.

## SONUÇ

Nüfus artışına paralel olarak artan taşıt sayısı yerleşim yerlerinin havasını kirletip canlıların yaşamını olumsuz etkilemektedir. Malatya ili jeomorfolojik bakımdan çöküntü havzasının kenarında yer alır. İlin yıl boyunca görülen rüzgar yönü güneybatıdır. Şehir çevresine yapılacak yapıların rüzgara koridor oluşturacak ve kirli havayı şehirden uzaklaştıracak şekilde yapılmasına önem verilmelidir. Taşıt kaynaklı hava kirliliği Malatya gibi büyük şehirler için önemli bir problemdir. Malatya ilinde taşıt kaynaklı hava kirliliğini belirlemek amacıyla çalışma alanı olarak İnönü Üniversitesi kavşağı ve Havaalanı kavşağı arasındaki yollarda seyreden taşıtların sayımları yapılarak trafik yoğunluğu belirlenmiş ve trafik kaynaklı hava kirleticilerinin (CO, NO<sub>x</sub>, PM, VOC) emisyon faktörleri kullanılarak, emisyon envanteri çıkarılmıştır. Yapılan çalışmada, taşıtlardan kaynaklanan kirlenici emisyonlar dört kısımda incelenmiş olup bu emisyonlar CO, NO<sub>x</sub>, VOC ve PM şeklinde sıralanmıştır. Çalışma sonuçlarında elde edilen veriler dikkate alındığında atmosfere verilen toplam emisyon miktarları içindeki CO miktarı 768.22 ton yıl<sup>-1</sup>, NO<sub>x</sub> miktarı 153.73 ton yıl<sup>-1</sup>, PM miktarı 13.99 ton yıl<sup>-1</sup> ve VOC miktarı 121.79 ton yıl<sup>-1</sup> şeklinde yaklaşık olarak bulunmuştur.

Malatya ili emisyon değerleri ile Van ili emisyon değerleri kıyaslandığında, Van ilinde yapılan emisyon envanteri çalışmasında, CO miktarı 442.78 ton yıl<sup>-1</sup>, NO<sub>x</sub> miktarı 83.01 ton yıl<sup>-1</sup>, PM miktarı 8.01 ton yıl<sup>-1</sup> ve VOC miktarı 70.41 ton yıl<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur (Yakın ve Behçet, 2019). Malatya ilinde CO, NO<sub>x</sub>, PM, VOC emisyon değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun sebebi Malatya ilinde trafikteki araç sayısının Van iline göre daha fazla olduğundandır.

Taşıt kaynaklı emisyonların azaltılması için otomobil, kamyon, otobüs, hafif ticari araçlar, gibi fosil kaynaklı yakıt kullanan taşıtlar yerine güneş enerjili hibrit araçlar, elektrikli araçlar, hidrojen yakıtlı araçların tercih edilmesi önemlidir. Toplu taşıma araçlarının kullanılması, metro, tramvay, metrobüs gibi teşvik edilmelidir. Yoğun trafikte egzoz emisyonu arttığından taşıtların trafikte daha az beklemesi için trafik ışıkları senkronize olarak yeniden düzenlenmelidir, yeşil dalga uygulaması artırılmalıdır. Araçların düzenli bakıma ve denetime tabi tutulmalıdır. Ayrıca taşıtlardan kaynaklı emisyonların azaltılmasında etkili olabilecek yeni teknolojik egzoz tutucu ve azaltıcı sistemlerin taşıtlarda kullanılması önerilebilir. Böylece yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının taşıtlarda kullanılması ile yerleşim yerlerinin çevre kirliliği azaltılarak daha temiz ve sağlıklı bir yaşam ortamı sağlanabilir.

## KAYNAKLAR

- Agarwal D, Sinha S, Agarwal A.K, 2006. Experimental investigation of control of NO<sub>x</sub> emissions in biodiesel-fueled compression ignition engine. *Renewable energy*, 31:2356-2369
- Alkaya B, Yıldırım M, 2000. Taşıt Kaynaklı Kirleticilerin Azaltılma Yöntemleri, *Çev-Kor Ekoloji Çevre Dergisi*, 9 (34): 15-20.
- Amin N, 2009. Reducing emissions from private cars : Incentive measures for behavioural changes . *United nations environment programme*, 7-9.
- Anonim, 2008. T. C. Karayolları Genel Müdürlüğü, 2007, Trafik ve Ulaşım Bilgileri.

- Anonim, 2014. Türkiye İstatistik Kurumu, Motorlu Kara Taşıtları İstatistikleri 2013, [http://www.tuik.gov.tr/kitap.do?metod=KitapDetay&KT\\_ID=15&KİTAP\\_ID=72](http://www.tuik.gov.tr/kitap.do?metod=KitapDetay&KT_ID=15&KİTAP_ID=72) (Erişim Tarihi: 13.02.2011).
- Anonim,2019. Türkiye İstatistik Kurumu, Motorlu Kara Taşıtları Sayısı, <http://www.oyder-tr.org/Content/document/raporlar/tuik-motorlu-kara-tasitlari-ekim-2019-tablolar.xls> (Erişim Tarihi: 20.03.2020).
- Bellasio R, Bianconi R, Corda G, Cucca P, 2007. Emission inventory for the road transport sector in sardinia, İtaly, Atmospheric environment, no.41, pp. 677- 691.
- Borrego C, Amorim JH, Tchepel O, Dias D, Rafael SE, Pimentel C, Fontes T, Fernandes P, Pereira SR, Banderia JM, Coelho MC, 2016. Urban scale air quality modelling using detailed traffic emissions estimates. Atmospheric environment, no.131, pp. 341- 351.
- Cuci Y, Ergün Polat E, 2015. Gaziantep'in Trafik Kaynaklı Hava Kirliliğinin Belirlenmesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Journal of Engineering Sciences, 18 (2): 1-11.
- Çetin M, Kalaycı OA, Sevik H, Şen B, 2018. Temporal and Regional Change of Some Air Pollution Parameters in Bursa, Air Quality Atmosphere & Health, 1-6.
- Demirel H, Ateş A, 2018. Sapanca Gölü Çevresinde Karayolu Trafiğinden Kaynaklanan Hava Kirleticilerinin Emisyon Envanteri, Sakarya University Journal of Science, 22 (2): 150- 158.
- EEA (European Environment Agency), 2007. EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook-2006.
- Elbir T, Bayram A, Kara M, Altıok H, Seyfioğlu R, Ergün P, Şimşir S, 2010. İzmir Kent Merkezinde Karayolu Trafiğinden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin İncelenmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 12 (1): 1-17.
- İskender S, Bolu F, Yılmaz M, Mayda AS, 2015. Düzce hava kalitesi izleme istasyonu 1 Ekim 2011-31 Mart 2015 tarihleri arasındaki verilerinin incelenmesi, Düzce Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 6(3): 161-167.
- Kaya G, 2020. Tekkeköy /Samsun, İlçe Merkezinde Karayolu Trafiğinden Kaynaklanan Emisyon Envanterinin Belirlenmesi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 6 (1): 24 - 36.
- Lodice P, Adamo P, Capozzi F, Di Palma A, Senatore A, Spagnuolo V, Giordano S, 2016. Air pollution monitorin using emission inventories combined with the moss bag approach, Science of total environment no.541, pp. 1410-1419.
- Pulkrabek WW, 2010. Engineering fundamentals of the internal combustion engine. Prentice hall, new jersey.
- Ünsal D, Erdoğan HK, Bahçacı B, Bulut M, Söyler G, Cokay B, Fıçıcı M, Tecer LH, 2015. Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Emisyon Envanterinin Hesaplanması, Çorlu İlçesi Örneği. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrol Sempozyumu, 7-9 Ekim 2015, İzmir.
- Yakın A, ve Behçet R, 2019. Van İli Trafik Kaynaklı Hava Kirleticilerinin Emisyon Envanteri, Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9 (3): 1567- 1573.
- Zahanga Q, Xua J, Wanga G, Tiana W, Jiangb W, 2008. Vehicle emission inventories projection based on dynamic emission factors : a case study of hangzhou, china, atmospheric environment, 42: 4989- 5002.

## AISI 310 Kalite Östenitik Paslanmaz Sac Malzemenin Lazerle Kesilmesinde Kesme Parametrelerinin Kesim Kalitesine Etkisinin İncelenmesi

İbrahim CEBECİ<sup>1</sup>, Barış ÖZLÜ<sup>2\*</sup>, Halil DEMİR<sup>3</sup>

**ÖZET:** Yapılan çalışmada, AISI 310 paslanmaz sac malzemesinin lazer tezgâhında kesilmesiyle kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve kerf genişliğine etkileri araştırılmıştır. Lazer kesme deneyleri iki farklı gaz basıncı (0.8 bar ve 1 bar), dört farklı kesme hızı (20 mm.dak<sup>-1</sup>, 24 mm.dak<sup>-1</sup>, 28 mm.dak<sup>-1</sup> ve 32 mm.dak<sup>-1</sup>) ve dört farklı frekansta (3500 Hz, 4000 Hz, 4500 Hz ve 5000 Hz) yapılmıştır. Deneyler sonucunda numunelerin yüzey pürüzlülüğü ve kerf genişliği ölçülmüştür. Ayrıca lazer kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve kerf genişliği üzerine etkilerini belirlemek amacıyla varyans analizleri yapılmıştır. Lazer kesme deneylerinde en düşük (2.78 µm) yüzey pürüzlülüğü için optimum lazer kesme parametresi olarak 1 bar basınç, 5000 Hz frekans ve 32 mm.dak<sup>-1</sup> kesme hızı olmuştur. En düşük (0.79 mm) kerf genişliği için optimum lazer kesme parametresi 0.8 bar basınç, 3500 Hz frekans ve 20 mm.dak<sup>-1</sup> kesme hızı olarak tespit edilmiştir. Lazer kesme deneylerinde kesme hızının ve frekansın artması ile yüzey pürüzlülük değerlerinin azaldığı görülmüştür. Kesme hızının artırılması kerf genişliğinin azalmasına neden olurken, frekans değerinin artması kerf genişliğinin artmasına neden olmuştur. Varyans analizlerinin sonucunda da % 38.67 ile yüzey pürüzlülüğü ve % 49.50 ile kerf genişliği üzerine en etkin parametre kesme hızının olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** AISI 310, lazer kesme, yüzey pürüzlülüğü, kerf genişliği, ANOVA.

### Investigation of the Effect of Cutting Parameters on Cutting Quality in Laser Cutting of AISI 310 Quality Austenitic Stainless Steel Sheet Material

**ABSTRACT:** In this study, the cutting experiments of AISI 310 stainless sheet material on the laser bench were done and the effects of the processing parameters on the surface roughness and kerf width were investigated. Laser cutting experiments were carried out at two different gas pressures (0.8 bar and 1 bar), four different cutting speeds (20 mm.min<sup>-1</sup>, 24 mm.min<sup>-1</sup>, 28 mm.min<sup>-1</sup> and 32 mm.min<sup>-1</sup>) and four different frequencies (3500 Hz, 4000 Hz, 4500 Hz and 5000 Hz). As a result of the experiments, the surface roughness and kerf width of the samples were measured. In addition, variance analysis were carried out to determine the effects of laser cutting parameters on surface roughness and kerf width. In laser cutting experiments, the optimum laser cutting parameter for the lowest (2.78 µm) surface roughness was 1 bar pressure, 5000 Hz frequency and 32 mm.min<sup>-1</sup> cutting speed. For the lowest (0.79 mm) kerf width, the optimum laser cutting parameter was determined as 0.8 bar pressure, 3500 Hz frequency and 20 mm.min<sup>-1</sup> cutting speed. In laser cutting experiments, it was observed that surface roughness values decreased with increasing cutting speed and frequency. While increasing the cutting speed caused the kerf width to decrease, the increase in the frequency value caused the kerf width to increase. As a result of variance analysis, it was determined that the most effective parameter cutting speed on surface roughness with 38.67% and kerf width with 49.50%.

**Keywords:** AISI 310, laser cutting, surface roughness, kerf width, ANOVA.

<sup>1</sup> İbrahim CEBECİ (Orcid ID: 0000-0002-8039-0250), Tan Kauçuk Sanayi ve Ticaret Pazarlama Limited Şirketi, Organize Sanayi Mahallesi, SAKARYA 54500, TÜRKİYE, <sup>2</sup>Barış ÖZLÜ (Orcid ID: 0000-0002-8594-1234), Aksaray Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, AKSARAY 68100, TÜRKİYE, <sup>3</sup>Halil DEMİR (Orcid ID: 0000-0002-9802-083X), Karabük Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü, KARABÜK 78050, TÜRKİYE

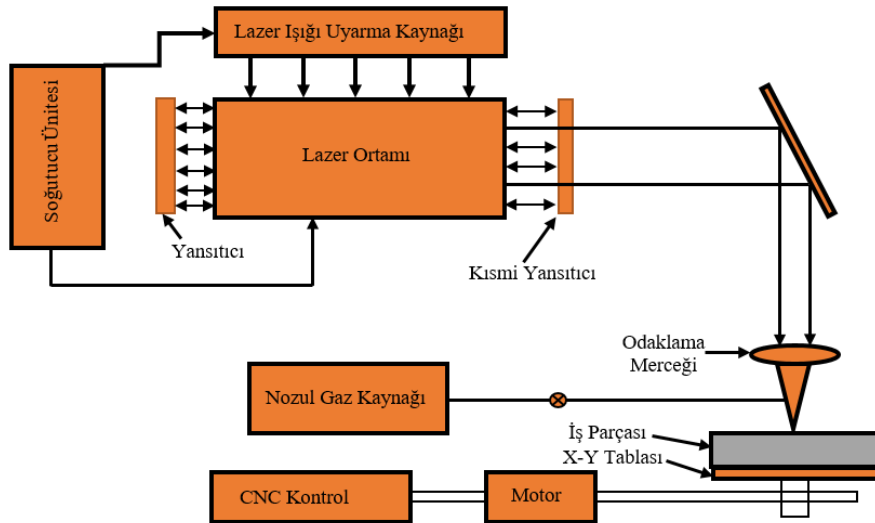
\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Barış ÖZLÜ, e-mail: barisozlu@aksaray.edu.tr

Bu çalışma İbrahim CEBECİ'nin Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

## GİRİŞ

Östenitik paslanmaz çelik alaşımları; biyomedikal, petrokimya ve yüksek sıcaklık uygulamaları dahil olmak üzere birçok uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır (Lavvafi ve ark., 2014). Korozyon direnci, kaynak edilebilirlik, faz kararlılığı ve şekillendirilebilirlik gibi özelliklerin mükemmel kombinasyonlarını göstermektedir. AISI 310 paslanmaz çelik kalitesi, endüstriyel uygulamalar için en yaygın kullanılan çeliklerden biridir. Çalışma ortamlarında sülfür olmadığına, 1150 °C'ye kadar sıcaklıklarda kullanılabilir. Ayrıca AISI 310 alaşımı mükemmel mekanik özelliklere ve yüksek sıcaklık kararlılığına sahiptir. AISI 310 paslanmaz çelik kalitesinin kimyasal kompozisyonunda yüksek oranlarda Krom bulundurmaktadır. Bu sayede yüksek sıcaklık, korozyon ve oksidasyon direncini artırabilir (Taşkaya ve Taşkaya, 2018).

Lazer kesim, metal, ametal, seramik ve kompozit gibi hemen hemen tüm malzeme sınıflarının kesiminde kullanılan geleneksel olmayan kesme işlemlerinden biridir. İş parçasının lazerle kesilmesi sırasında çıkarılan malzemenin oluşturduğu boşluk kerf genişliği olarak adlandırılır. Lazer kesme işlemi özellikle dar kerf genişliğine sahip şekil ve farklı geometrilerin üretilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bir başka deyişle, temassız bir işlem olan lazer ışını ile kesme, herhangi bir mekanik kesme kuvveti ve takım aşınması içermemektedir. Lazer ışını ile kesme, odaklanmış bir lazer ışını iş parçasının yüzeyi üzerinde uygun tarama hızıyla hareket ettirilerek yürütülen termal enerji bazlı bir kesme işlemidir (Şekil 1) (Steen, 1991). Kesilecek malzeme odaklanmış lazer ışını ile bölgesel olarak eritilir. Lazer ışını ile eş eksenli olarak akan malzeme meydana gelen kerf genişliğinden yardımcı gazın üflemesi ile uzaklaştırılır. Lazer kesme işlemlerinde O<sub>2</sub> (oksijen) ve N (azot) gibi farklı türlerde yardımcı gazlar kullanılmaktadır. Belirli bir karışım yüzdesi ile uygun bir gaz tipinin seçilmesi ve kesme hızının artırılması kesme maliyetini en aza indirmek için önemlidir (Eltawahnia ve ark., 2012). Lazerin kesme kapasitesi mekanik özelliklerden ziyade malzemenin termal ve optik özelliklerine bağlıdır. Böylece yüksek sertliğe, kırılma dayanıklılığına, termal ve optik özelliklere sahip olan malzemeler lazer kesim ile uygun şekilde kesilebilmektedir (Pandey ve Dubey, 2012).



Şekil 1. Lazer kesim tezgâhının şematik görünümü

Son yıllarda sac malzemelerden üretilen ürünlerden beklenen yüksek yüzey kalitesi, dar kerf genişliği, ısı tesiri altındaki bölgenin (ITAB) daha dar bölgede gerçekleşmesi ve karmaşık kesim profilleri gerektiren uygulamalar için lazer kesme uygulamalarına ilgi artmıştır. Araştırmacıların çoğu



lazer gücü, frekans, kesme hızı, yardımcı gazın tipi ve gaz basıncı gibi lazer kesme parametrelerinin, farklı malzeme tipleri için farklı çıktı özellikleri üzerindeki etkisini araştırmak için her seferinde bir parametre değiştirilerek çalışmalar yapılmıştır (Hasçalık ve Ay, 2013; Madic ve ark., 2015; Jarosz ve ark., 2016; Tahir ve Aqida, 2017; Chatterjee ve ark., 2018;). Bu tür çalışmalarda aynı anda yalnızca bir işlem parametresinin değiştirilmesi ile çok sayıda deney yapılmaktadır. Artan deney sayıları çalışmanın maliyetini ve çalışma süresinin artması gibi sorunlarla karşı karşıya bırakmaktadır. Bu sorunun üstesinden gelmek için, farklı araştırmacılar Taguchi ve yüzey yanıt metodu (YYM) gibi farklı parametre tasarım yöntemleri kullanmışlardır (Shanjin ve Yang, 2006; Çaydas ve Hasçalık, 2008; Sharma ve ark., 2010).

Bu çalışmada endüstride yaygın olarak kullanılan AISI 310 paslanmaz çeliğin lazer kesme işlemi için belirlenen kesme parametrelerinin (kesme hızı, frekans ve gaz basıncı) ürün kalitesinin etkileyen yüzey pürüzlülüğü ve kerf genişliğine etkilerinin araştırılması üzerine bir çalışma yapılması amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Sunulan çalışmada 4 mm kalınlığın 260x290 mm boyutlarında AISI 310 kalite östenitik paslanmaz sac malzeme kullanılmıştır. AISI 310 kalite östenitik paslanmaz sac malzeme yüksek sıcaklık malzemesi olarak da kullanılmaktadır. Endüstride genel olarak kimya, petro kimya, fırın ekipmanları ve yüksek sıcaklıklara dayanıklı parçaların imalatının yanı sıra kaynak dolgu malzemelerinin üretimi başlıca kullanım alanlarıdır. Çalışmada kullanılan AISI 310 kalite östenitik paslanmaz sac malzemenin kimyasal içeriği ve mekanik özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Yapılan çalışmada kullanılan AISI 310 paslanmaz sac malzemenin kimyasal içeriği ve mekanik özellikleri.

Kimyasal içerik								
Element	C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Mo
%	0.08	2.00	0.045	0.03	0.75	25	20	0.75
Mekanik Özellikleri								
Kopma mukavemeti (MPa)			Akma mukavemeti (MPa)			Sertlik (Rockwell)		
500-900			210 (min)			192		

Lazer kesme deneylerinde, Tektem Makina firmasında bulunan ve Şekil 2’de verilen üç eksenli SUNTOP ST-FC3015 marka CNC lazer kesim tezgâhı kullanılmış. Deneylerde kullanılan CNC lazer kesim tezgâhının teknik özellikleri Çizelge 2’de verilmiştir.

**Çizelge 2.** Lazer kesme deneylerinde kullanılan CNC lazer kesim tezgâhının teknik özellikleri

Özellikleri	Birimler	Parametreler	
Maksimum Lazer Gücü	W	800	
Lazer dalga boyu	nm	1064	
Etkili işleme alanı	mm	1500 x 3000	
X ve Y eksenli tekrar konumlandırma hassasiyeti	mm	± 0.03	
X/Y eksenli konumlandırma hassasiyeti	mm.m <sup>-1</sup>	0.05	
Z eksenli rotası	mm	120	
Maksimum kesme kalınlığı	mm	≤10	
Tüketilen toplam güç	KW	≤8	
Kesme Aralığı	Karbonlu çelikler	mm	10
	Paslanmaz çelikler	mm	6
	Alüminyum alaşım	mm	3



Şekil 2. SUNTOP ST-FC3015 CNC lazer kesim tezgâhı

Çizelge 3. Yapılan çalışmada kullanılan lazer kesme parametreleri ve deney sonuçları.

Deney No	Basınç (Bar)	Frekans (Hz)	Kesme Hızı (mm.dak <sup>-1</sup> )	Yüzey Pürüzlülüğü (µm)	Kerf Genişliği (mm)
1	0.8	3500	20	13.62	2.52
2			24	11.84	1.78
3			28	11.33	0.79
4			32	10.23	0.87
5		4000	20	13.16	2.98
6			24	11.38	1.69
7			28	7.10	1.09
8			32	6.80	0.95
9		4500	20	11.59	3.12
10			24	7.68	2.08
11			28	6.49	1.56
12			32	4.35	1.24
13	5000	20	9.87	3.83	
14		24	7.35	2.93	
15		28	5.84	2.11	
16		32	3.84	1.64	
17	1	3500	20	8.33	2.71
18			24	6.92	2.35
19			28	4.90	1.96
20		4000	32	4.40	1.23
21			20	8.26	3.16
22			24	5.44	2.66
23	4500	28	4.61	2.43	
24		32	3.68	1.76	
25		20	7.88	3.34	
26		24	5.42	2.91	
27	5000	28	4.51	2.68	
28		32	3.44	2.36	
29		20	6.55	4.09	
30		24	5.36	3.48	
31	5000	28	3.93	3.13	
32		32	2.78	2.70	

Lazer kesme deneylerinde, lens çapı 5" (127 mm), nozul çapı 2 mm, yardımcı gaz tipi O<sub>2</sub> (oksijen) ve % 100 güç yoğunluğu sabit tutulmuştur. Lazer kesme işleminde, gaz basıncı, kesme hızı ve frekans değerlerinin farklı düzeylerinde Taguchi L32 (2<sub>1</sub>x4<sub>2</sub>) dizinine göre deney tasarımı yapılmıştır. Taguchi L32 dizinine göre yapılan deney tasarımındaki her bir deney kombinasyonunun yüzey pürüzlülüğü ve kerf genişliği üzerine etkisini bulmak için iki farklı gaz basıncı, dört farklı kesme hızı ve dört farklı frekans değerinin kombinasyonu ile deneyler gerçekleştirilmiştir. Deney parametreleri ve sonuçları

Çizelge 3’de verilmiştir. Her bir deney parametresinin yüzde katkıları arasındaki etkileşimi araştırmak için varyans analizi yapılmıştır. Deneylerde kullanılan kesme parametreleri ve seviyeleri Çizelge 4’de verilmiştir.

**Çizelge 4.** Yapılan çalışmada kullanılan lazer kesme parametreleri ve seviyeleri

<b>Kesme Parametreleri</b>	<b>1. Seviye</b>	<b>2. Seviye</b>	<b>3. Seviye</b>	<b>4. Seviye</b>
Gaz Basıncı (Bar)	0.8	1	-	-
Kesme Hızı (mm.dak <sup>-1</sup> )	20	24	28	32
Frekans (Hz)	3500	4000	4500	5000

Yapılan lazer kesme deneylerinde kullanılan her bir parametre ile işlenen parçaların yüzey pürüzlülük değerleri Mitutoyo Surface SJ-210 model test cihazı ile ölçülmüştür. Kesme işlemi yapılan yüzeyler üzerinden alınan 4 farklı yüzey pürüzlülük değerinin aritmetik ortalaması hesaplanarak ortalama yüzey pürüzlülük değerleri belirlenmiştir. Numunelerin kerf genişliği numune kesme işlemine başladığı noktadan itibaren ilk ölçüm 5 mm ve daha sonraki ölçümler 30 mm aralıklarla dört farklı noktadan alınan ölçümlerin ortalamaları ile hesaplanmıştır. Kerf genişliği ölçümünde 1600x1200 çözünürlüğe sahip Insize marka ISM-PM200SA dijital mikroskop kullanılmıştır.

## **BULGULAR VE TARTIŞMA**

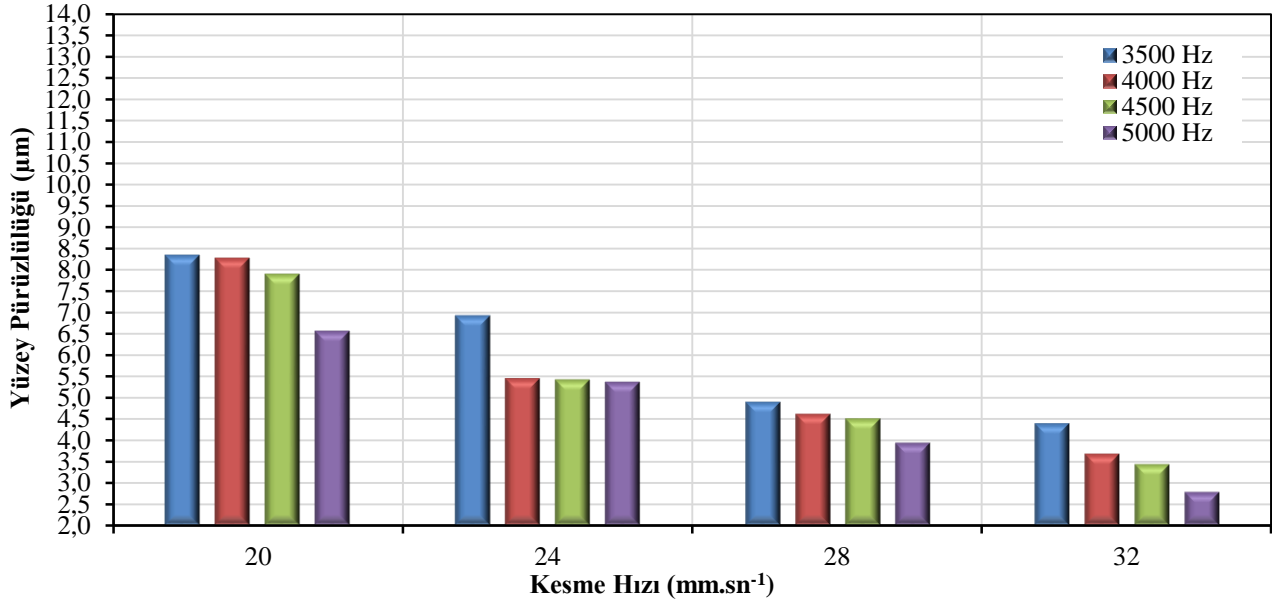
### **Yüzey pürüzlülüğü**

Lazer kesme işlemlerinde oluşturulan gerçek parça yüzeyleri her zaman tepeler ve vadiler şeklinde düzensizlikleri içermektedir. Lazer kesme işlemi sonrası elde edilen parçaların yüzey pürüzlülükleri, kesme hızı, frekans, gaz basıncı, odak noktası ve iş parçası kalınlığı vb. işleme parametrelerine bağlıdır. Bu çalışmada, AISI 310 paslanmaz sac malzemenin iki farklı gaz basıncı, dört farklı kesme hızı ve dört frekans değerlerinde işlenmesi sonucu işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi Şekil 3 ve Şekil 4’de çubuk grafiği kullanılarak değerlendirilmiştir.

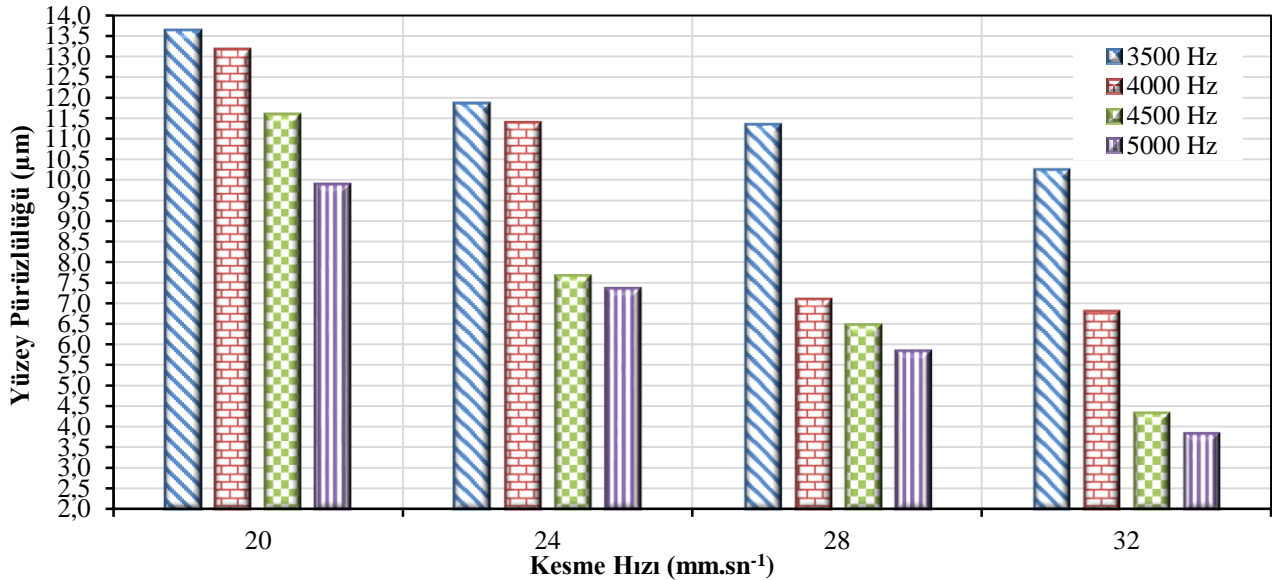
Şekil 3’de 0.8 bar gaz basıncında yapılan deneylerde kullanılan dört farklı frekans ve dört farklı kesme hızı için ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerine etkileri görülmektedir. 20 mm.sn<sup>-1</sup> kesme hızında ve 3500 Hz frekansta yüzey pürüzlülüğü 8.33 µm ölçülmüştür. 20 mm.sn<sup>-1</sup> kesme hızında frekans değerinin 4000 Hz, 4500 Hz ve 5000 Hz çıkarılması ile yapılan deneylerde yüzey pürüzlülük değeri % 0.84 (8.26 µm), % 5.4 (7.88 µm) ve % 21.37 (6.55 µm) oranlarında azaldığı görülmüştür. 3500 Hz frekansta kesme hızının 20 mm.sn<sup>-1</sup>’den 24 mm.sn<sup>-1</sup>’ye çıkarılması ile yüzey pürüzlülüğü % 16.9 (6.92 µm) azalırken, kesme hızının 28 mm.sn<sup>-1</sup> ve 32 mm.sn<sup>-1</sup> kadar artırılması ile yüzey pürüzlülükleri ortalama % 44.17 oranında azalmıştır. 32 mm.sn<sup>-1</sup> kesme hızında ve 3500 Hz frekansta yüzey pürüzlülüğünün 4.4 µm olduğu görülmüştür. 32 mm.sn<sup>-1</sup> kesme hızında frekans değerinin 5000 Hz kadar artırılmasıyla 2.78 µm ile 0.8 bar gaz basıncında yapılan deneyler arasında en düşük yüzey pürüzlülük değeri ölçülmüştür.

AISI 310 paslanmaz sac malzemenin lazer kesme işleminde 1 bar basınçta lazer kesme parametrelerinin ortalama yüzey pürüzlülük değerlerine etkileri Şekil 4’de verilmiştir. 3500 Hz frekans değerinde ve 20 mm.sn<sup>-1</sup> kesme hızında 13.62 µm ile yapılan deneylerde en yüksek yüzey pürüzlülük değeri ölçülmüştür. Frekans değerinin düzenli olarak 3500 Hz’den 5000 Hz çıkarılması ile yapılan deneylerde yüzey pürüzlülük değeri ortalama % 27.53 azalarak 9.87 µm olmuştur. 3500 Hz frekansta kesme hızının 20 mm.sn<sup>-1</sup>’den 32 mm.sn<sup>-1</sup> çıkarılması ile yapılan deneylerde yüzey pürüzlülüğü 10.23 µm olmuştur. 32 mm.sn<sup>-1</sup> kesme hızında frekansı 3500 Hz’den 5000 Hz çıkarılması ile 1 bar gaz basıncında yapılan deneyler arasında 3.84 µm ile en düşük yüzey pürüzlülüğü ölçülmüştür.

Sonuç olarak lazer kesme işleminde düşük kesme hızlarında malzemeye daha fazla enerji girdisi gerçekleşmektedir. Bu sebepten dolayı numune üzerinde daha geniş bir ergime bölgesi oluşmaktadır. Ergime bölgesinin artması yüzey pürüzlülüğünü artıracaktır. Kesme hızının ve frekans değerlerinin artırılması ile yapılan deneylerde yüzey pürüzlülük değerlerinde önemli derecede azalmanın olduğu literatürde yapılan çalışmalarla paralellik göstermektedir (Pandey ve Dubey, 2012).



**Şekil 3.** AISI 310 paslanmaz sac malzemenin 0.8 bar gaz basıncında lazer kesme işleminde kesme hızı ve frekans değerlerine bağlı yüzey pürüzlülük değişimleri

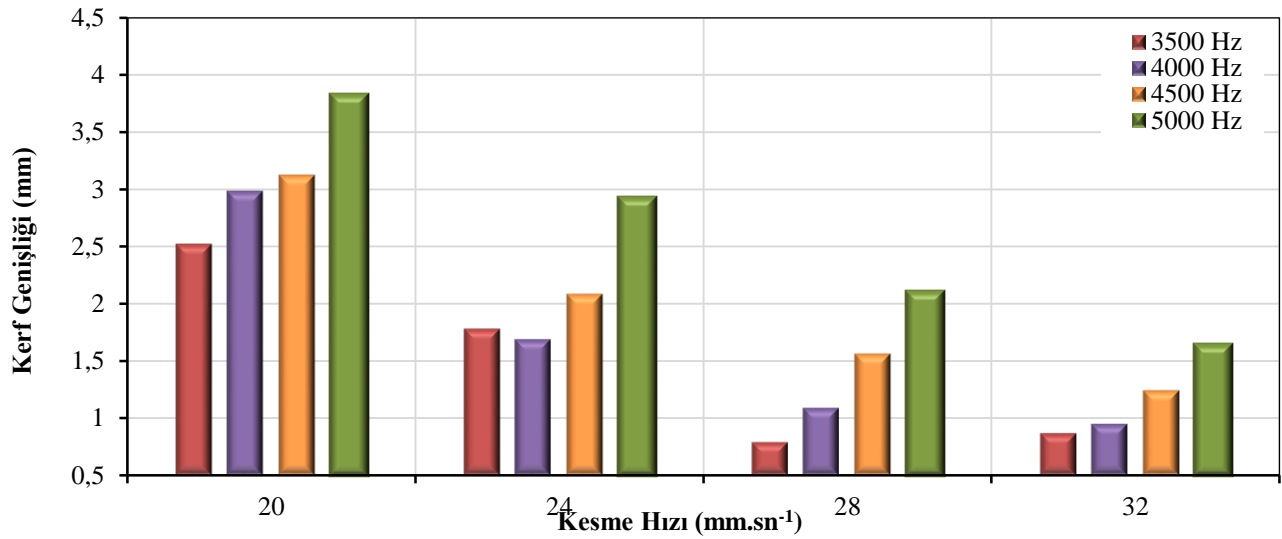


**Şekil 4.** AISI 310 paslanmaz sac malzemenin 1 bar gaz basıncında lazer kesme işleminde kesme hızı ve frekans değerlerine bağlı yüzey pürüzlülük değişimleri

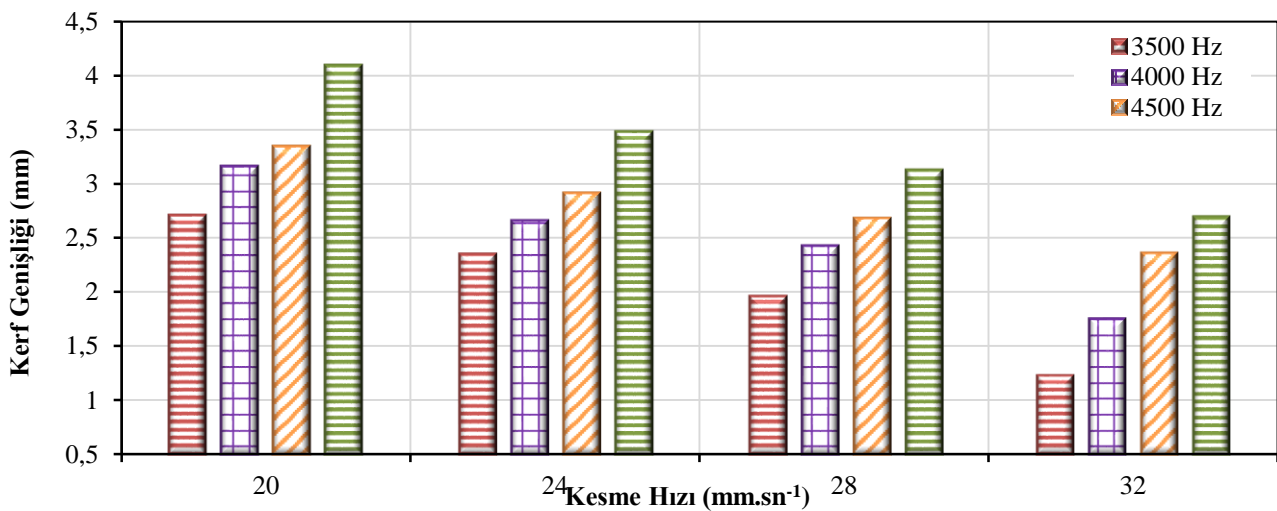
### Kerf Genişliği

AISI 310 paslanmaz sac malzemenin 0.8 ve 1 bar gaz basıncında, 20, 24, 28 ve 32 mm.sn<sup>-1</sup> kesme hızlarında ve 3500, 4000, 4500 ve 5000 Hz frekans değerlerinde lazer kesme deneyleri yapılmıştır. Şekil 5 ve Şekil 6'da 0.8 lazer kesme parametrelerine bağlı kerf genişliklerindeki değişimler verilmiştir.

Şekil 5’de 0.8 bar gaz basıncında yapılan deneyler incelendiğinde, 20 mm.sn<sup>-1</sup> kesme hızında ve 3500 Hz frekansta kerf genişliği 2.52 mm ölçülmüştür. Frekansın 3500 Hz’den 5000 Hz çıkarılmasıyla kerf genişliği ortalama %52 oranında artarak 3.83 mm olmuştur. 3500 Hz frekansta kesme hızını 20 mm.sn<sup>-1</sup>’den 28 mm.sn<sup>-1</sup>’ye çıkarılmasıyla kerf genişliği % 68.65 (0.79 mm) azalarak 0.8 bar gaz basıncında yapılan deneyler arasında en düşük kerf genişliğine ulaşılmıştır. 3500 Hz frekansta ve kesme hızının 32 mm.sn<sup>-1</sup>’ye kadar artırılmasıyla kerf genişliğinde % 10.1 oranında artma eğilimi sergilemiştir. 32 mm.sn<sup>-1</sup> kesme hızında frekansı 3500 Hz’den 5000 Hz çıkarılmasıyla kerf genişliği 1.64 mm olmuştur. Bütün frekans değerlerinde kerf genişliği kesme hızının artmasıyla azaldığı görülmüştür. Bununla birlikte sabit kesme hızlarında yapılan deneylerde frekans değerlerinin artırılması kerf genişliğinin artmasına neden olmuştur.



Şekil 5. AISI 310 paslanmaz sac malzemenin 0.8 bar gaz basıncında lazer kesme işleminde kesme hızı ve frekans değerlerine bağlı kerf genişliği değişimi



Şekil 6. AISI 310 paslanmaz sac malzemenin 1 bar gaz basıncında lazer kesme işleminde kesme hızı ve frekans değerlerine bağlı kerf genişliği değişimi

1 bar gaz basıncında dört farklı kesme hızı ve dört farklı frekansta yapılan deneyler sonucu lazer kesme parametrelerinin kerf genişliğine etkileri Şekil 6’da verilmiştir. AISI 310 paslanmaz sac malzeme 20 mm.sn<sup>-1</sup> kesme hızında ve 3500 Hz frekans değerinde kesilmesi sonucu kerf genişliği 2.71 mm



olmuştur. Frekansı 5000 Hz çıkarılmasıyla 1 bar gaz basıncında yapılan deneyler arasında 4.09 mm ile maksimum kerf genişliğine ulaşılmıştır. Kesme hızının 20 mm.sn-1'den 32 mm.sn-1 çıkarılması ile 3500 ve 5000 Hz frekanslarda kerf genişliği sırasıyla 1.23 ve 2.7 mm olmuştur. Lazer kesme işleminde kesme hızının artırılması, lazer ışını ve iş parçası arasındaki etkileşim süresinin daha az olmasına neden olmaktadır. Bu etkileşimin daha az olması, kerf genişliğinin oluşması için sağlanan enerji miktarını azaltmakta ve böylece daha az malzeme ergitilerek düşük kerf genişliklerinin oluşmasına neden olmaktadır. Ayrıca yapılan bütün deneylerde frekans değerinin artırılması kerf genişliğinin artmasına neden olmuştur.

### Varyans Analizi (ANOVA)

Varyans analizi, imalat sektöründe kullanılan kesme parametrelerinin birbirleri ile etkileşimlerini belirlemek için yaygın olarak kullanılan istatistiksel bir metottur (Özlü ve ark., 2019; Nas ve ark., 2019; Akgün ve ark., 2020). Lazer kesme işleminde iş parçasının yüzey pürüzlülüğünü ve kerf genişliğini etkileyen kontrol faktörlerinin (kesme parametrelerinin) birbirleri ile etkileşimini araştırmak için varyans analizi kullanılmıştır. Yapılan varyans analiz sonucunda kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğünü ve kerf genişliği üzerine yüzde (%) etki oranları hesaplanmıştır.

Çizelge 5'de lazer kesme işlemi sonucu yüzey pürüzlülüğü ve kerf genişliği için Varyans Analizi sonuçları verilmiştir. % 95 güven seviyesinde yapılan varyans analizlerinde yüzey pürüzlülüğü üzerine etkili olan parametreler sırasıyla; kesme hızı (% 38.67), basınç (% 34.18) ve frekans (% 16.86) olurken, kerf genişliği üzerine etkili olan parametreler sırasıyla; kesme hızı (% 49.50), frekans (% 26.79) ve basınç (% 18.03) anlamlı bir etkisi olmuştur.

**Çizelge 5.** AISI 310 paslanmaz sac malzemenin lazer kesme işleminde yüzey pürüzlülüğü ve kerf genişliği için varyans analizi

Kaynak	SD	Seq SS	Katkı (%)	Adj SS	Adj MS	F-Değeri	P-Değeri
<b>Yüzey Pürüzlülüğü</b>							
Basınç	1	98.21	34.18	98.21	98.210	30.04	0.000
Frekans	3	48.43	16.86	48.43	16.144	13.09	0.000
Kesme Hızı	3	111.11	38.67	111.11	37.036	79.65	0.000
Hata	24	29.59	10.30	29.59	1.233		
Toplam	31	287.34	100.00				
R-sq % 89.70							
<b>Kerf Genişliği</b>							
Basınç	1	4.329	18.03	4.329	4.32915	69.62	0.000
Frekans	3	6.433	26.79	6.433	2.14419	37.68	0.000
Kesme Hızı	3	11.886	49.50	11.886	3.96199	76.07	0.000
Hata	24	1.366	5.69	1.366	0.05691		
Toplam	31	24.014	100.00				
R-sq % 94.31							

### SONUÇ

AISI 310 paslanmaz sac malzemenin lazer tezgâhıyla kesilmesinde, gaz basıncının, kesme hızının ve frekans değerlerinin yüzey pürüzlülüğüne ve kerf genişliğine etkileri araştırılmıştır. Ayrıca yapılan varyans analiziyle kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve kerf genişliği üzerine yüzde (%) etki oranları incelenmiştir. Yapılan çalışmanın sonucunda;

- AISI 310 paslanmaz sac malzemesinin 1 bar gaz basıncında, 20 mm.sn-1 kesme hızında ve 3500 Hz frekansta kesilmesi sonucu en yüksek yüzey pürüzlülüğü değeri 13.62 µm olarak,

- En düşük yüzey pürüzlülüğü 0.8 bar gaz basıncında, 32 mm.sn-1 kesme hızı ve 5000 Hz frekansta 2.78 µm olarak,
- 0.8 bar gaz basıncında, 32 mm.sn-1 kesme hızında ve 3500 Hz frekansta yapılan deneyde en düşük kerf genişliği 0.87 mm olarak oluştuğu,
- 1 bar gaz basıncında, 20 mm.sn-1 kesme hızında ve 5000 Hz frekansta yapılan deneyde en yüksek kerf genişliğinin 3,83 mm olarak ölçüldüğü,
- Bütün deneylerde gaz basıncının 0.8 bar'dan, 1 bar'a çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülükleri ve kerf genişlikleri sırasıyla % 67.84 ve % 37.75 oranlarında arttığı,
- Ayrıca varyans analizi sonuçlarına göre kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve kerf genişliği için en etkili parametrenin sırasıyla % 38.67 ve % 49.50 katkı oranıyla kesme hızının olduğu tespit edilmiştir.

## KAYNAKLAR

- Akgün M, Yurtkuran H, Ulaş Hb, 2020. AA7075 alaşımının işlenebilirliğine suni yaşlandırmanın etkisinin analizi ve kesme parametrelerinin optimizasyonu. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi. 26(1):75-81.
- Çaydaş U, Hasçalık A, 2008. Use of grey relational analysis to determine optimum laser cutting parameters with multi-performance characteristics. Optics and Laser Technology, 40:987-994.
- Chatterjee S, Mahapatra SS, Bharadwaj V, Choubey A, Upadhyay BN, Bindra KS, 2018. Quality evaluation of micro drilled hole using pulsed Nd:YAG laser: a case study on AISI 316. Lasers in Manufacturing and Materials Processing, 5:248-269.
- Eltawahnia HA, Hagino M, Benyounis KY, Inoue T, Olabi AG, 2012. Effect of CO<sub>2</sub> laser cutting process parameters on edge quality and operating cost of AISI 316L. Optics & Laser Technology, 44:1068-1082.
- Hasçalık A, Ay M, 2013. CO<sub>2</sub> laser cut quality of Inconel 718 nickel-based superalloy. Optics & Laser Technology, 48:554-564.
- Jarosz K, Löschner P, Niesłony P, 2016. Effect of cutting speed on surface quality and heat-affected zone in laser cutting of 316 L stainless steel. Procedia Engineering, 149:155-162.
- Lavvafi H, Lewandowski ME, Schwam D, Lewandowski JJ, 2017. Effects of surface laser treatments on microstructure, tension, and fatigue behavior of AISI 316LVM biomedical wires. Materials Science and Engineering: A, 688:101-113.
- Madic M, Radovanovic M, Nedic B, Marušić V, 2015. Multi-objective optimization of cut quality characteristics in CO<sub>2</sub> laser cutting of stainless steel. Technical Gazette, 22: 885-892.
- Nas E, Akıncıoğlu S, 2019. Kriyojenik işlem görmüş nikel esaslı süper alaşımın elektro-erozyon işleme performansı optimizasyonu. Academic Platform Journal of Engineering and Science. 7(1):115-126.
- Pandey AK, Dubey AK, 2012. Simultaneous optimization of multiple quality characteristics in laser cutting of titanium alloy sheet. Optics & Laser Technology, 44:1858-1865.
- Shanjin L, Yang W, 2006. An investigation of pulsed laser cutting of Titanium alloy sheet. Optics and Lasers in Engineering, 44:1067-1077.
- Sharma S, Yadava V, Rao R, 2010. Optimization of kerf quality characteristics during ND: YAG laser cutting of nickel based superalloy sheet for straight and curved cut profiles. Optics and Lasers in Engineering, 48:915-925.
- Steen WM, 1991. Laser material processing, Springer, (3rd end.), New York.
- Tahir AFM, Aqida SN, 2017. An investigation of laser cutting quality of 22MnB5 ultra high strength steel using response surface methodology. Optics & Laser Technology, 92:142-149.
- Taşkaya S, Taşkaya S, 2018. Investigation of static structure effect according to axial coordinates by using finite element method in Ansys workbench software of AISI 310 austenitic stainless cylindrical model steel. International Journal of Scientific Engineering and Science, 2:65-70.
- Özül B, Akgün M, Demir H, 2019. AA6061 alaşımının tornalanmasında kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisinin analizi ve optimizasyonu. Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi. 5(2):151-158.

## Eriyik Yığıma Modellemesi ile Üretimde Takviyesiz ve Takviyeli PLA Kullanımının Mekanik Özelliklere Etkisinin Araştırılması

Mahir UZUN<sup>1</sup>, Yusuf Eren ERDOĞDU<sup>1\*</sup>

**ÖZET:** Son yıllarda eriyik yığıma modellemesi (EYM) ilkeleriyle çalışan 3 boyutlu (3B) yazıcıların kullanımı birçok alanda yaygınlaşmıştır. Bu teknoloji sayesinde başta prototipler olmak üzere karmaşık şekilli parçalar dahi kısa sürede ve hassas şekilde üretilebildiğinden çoğu sektörde araştırma geliştirme (AR-GE) çalışmalarının olmazsa olmazı haline gelmiştir. EYM işlemiyle birlikte çevresel kaygıların da etkisiyle doğada çözünümü kolay olan (biyobozunur) polilaktik asit (PLA) filamentlerin kullanımı önemli hale gelmiştir. Bundan dolayı PLA filamentlere çeşitli takviyeler yapılarak bazı özelliklerinin geliştirilmesi ve kullanımının yaygınlaştırılması önem arz etmektedir. Bu çalışmada da takviyesiz, %20 bakır takviyeli ve %20 karbon-fiber takviyeli PLA kompozitler 3B yazıcı ile üretilmiştir. Üretilen numuneler çekme testine ve üç nokta eğilme testine tabi tutularak mekanik özellikleri kıyaslanmıştır. PLA malzemeye bakır ve karbon fiber takviyeler yapmanın çekme ve eğilme dayanımlarını düşürdüğü görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Karbon fiber takviyeli PLA, bakır takviyeli PLA, mekanik özellikler, EYM.

### Investigation of the Effect of Using Unreinforced and Reinforced PLA in Production by Fused Deposition Modeling on Mechanical Properties

**ABSTRACT:** In recent years, the use of 3-dimensional (3D) printers working with the principles of fused deposition modeling (FDM) has become widespread in many areas. Thanks to this technology, even complex shaped parts, especially prototypes, can be produced in a short time and precisely, so it has become a must for research and development (R & D) studies in many sectors. With the FDM process, the use of polylactic acid (PLA) filaments, which are easy to dissolve in nature (biodegradable), has become important with the effect of environmental concerns. Therefore, it is important to make various reinforcements to PLA filaments to improve some of their properties and to expand their use. In this study, non-reinforced, 20% copper reinforced and 20% carbon fiber reinforced PLA composites were produced by 3D printer. The produced samples were subjected to tensile test and three point bending test and their mechanical properties were compared. It was observed that adding copper and carbon fiber reinforcements to PLA material reduces the tensile and bending strengths.

**Keywords:** Carbon fiber reinforced PLA, copper reinforced PLA, mechanical properties, FDM.

<sup>1</sup> Mahir UZUN (Orcid ID: 0000-0002-0907-6875), Yusuf Eren ERDOĞDU (Orcid ID: 0000-0003-3255-8466), İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye

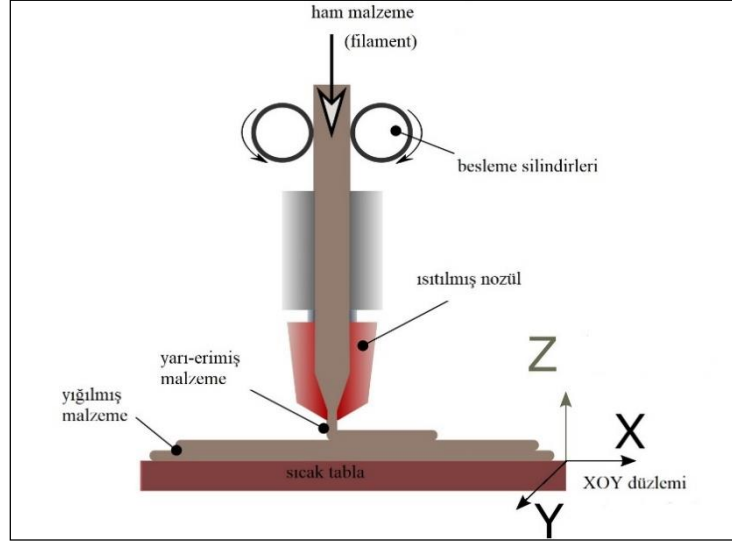
\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Yusuf Eren ERDOĞDU, e-mail: eren.erdogdu@inonu.edu.tr

Geliş tarihi / Received: 24-09-2020

Kabul tarihi / Accepted: 15-10-2020

## GİRİŞ

Günümüzde gittikçe keskinleşen endüstriyel rekabet koşullarından dolayı hızlı prototipleme işlemi çok önemli hale gelmiştir. Parçanın 3 boyutlu bilgisayar destekli tasarım modeline göre termoplastik polimerlerin biriktirilmesi ile 3 boyutlu geometrileri katman katman oluşturan ekstrüzyon tabanlı bir eklemeli imalat (Eİ) yöntemi olarak tanımlanan (Sağbaşı, 2018) ve şekil 1’de şematik olarak gösterilen EYM, birçok hızlı prototipleme tekniği arasında kullanım kolaylığı, ucuz ekipman ve imal edilen parçalarının dayanıklılığı nedeniyle hızlı prototipleme için en uygun süreç olarak kabul edilir (Sood ve ark., 2012).



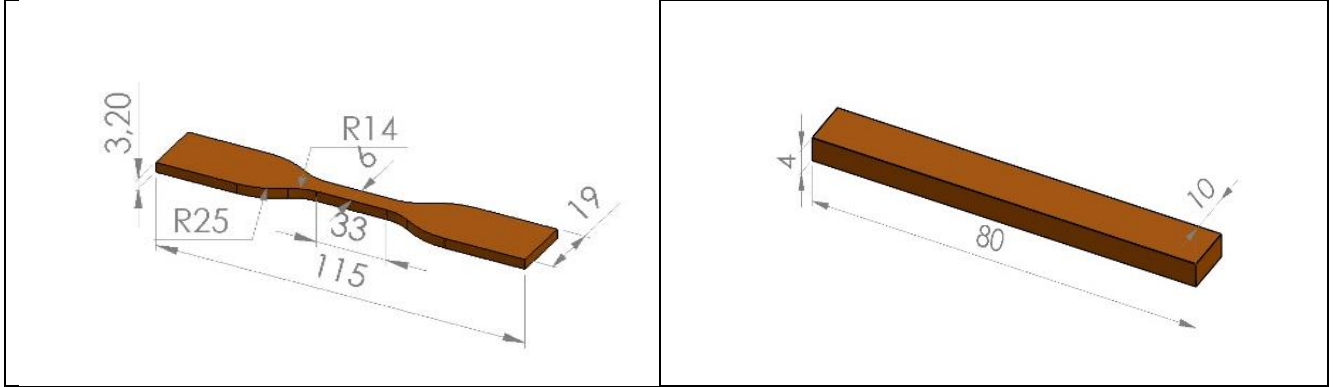
Şekil 1. EYM prosesinin şematik gösterimi (Gomez-Gras ve ark., 2018)

EYM işleminde çok çeşitli malzemeler kullanılabilir, ancak polikarbonat (PC), akrilonitril bütadien stiren (ABS) ve polilaktik asit (PLA) gibi farklı ticari polimerler, düşük erime sıcaklıklarından dolayı yaygın olarak kullanılmaktadır (Ayatollahi ve ark., 2020). Bu polimerlerden PLA, bitkilerin fotosentez sırasında sentezlediği büyük bir karbonhidrat olan nişasta gibi yenilenebilir kaynaklardan elde edilen doğal bir polimer olduğundan, tamamen alifatik bir polimer olması nedeniyle belirli uygulamalar için fosil bazlı polimerlerin yerine kullanılabilir olduğundan ve 3 boyutlu yazdırılmaya daha uygun bir malzeme olduğundan (Valerga ve ark., 2018) ön plana çıkmaktadır. Bununla birlikte, PLA'nın kırılgan olması, düşük darbe direnci ve ticari uygulamalarda yüksek maliyetli olması gibi dezavantajları da vardır (Kaya ve ark., 2019). Bu nedenle bu malzemenin diğer ticari polimerlerle rekabet edebilir özelliklere ulaşması için çeşitli takviyelerle desteklenmesi ile ilgili bazı çalışmalar yapılmıştır (Hinchcliffe ve ark., 2016; Ferreira ve ark., 2017; Zhang ve ark., 2019; Liu ve ark., 2019; Arpan ve Hoong, 2019; Dobrescu ve ark., 2019).

Bu çalışmada da EYM kullanılarak üretilen takviyesiz PLA, bakır takviyeli PLA ve karbon fiber takviyeli PLA kompozitlerin mekanik özellikleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

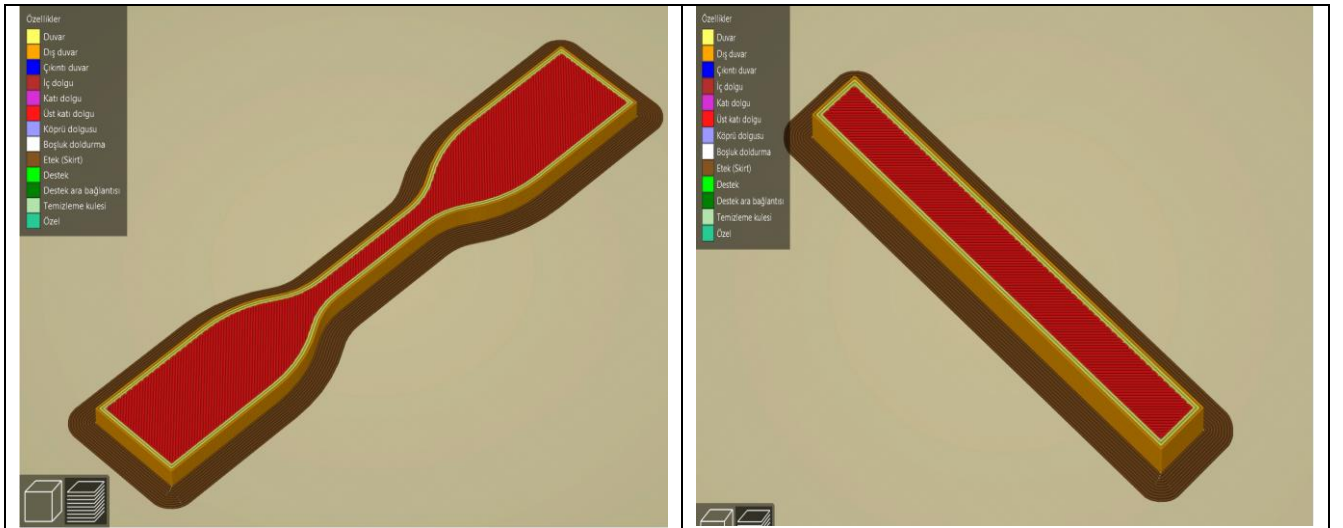
Bu çalışmada hammadde olarak 1,75 mm çapında Frosch markalı PLA, %20 bakır takviyeli PLA ve %20 karbon fiber takviyeli PLA filamentler kullanılmıştır. İlk olarak Solid Works 2019 bilgisayar destekli tasarım (BDT) programıyla ASTM D638 (ASTM, 2014) standardına göre tip IV çekme testi numuneleri (Şekil 2.a) ve BS EN ISO 178 (BS EN ISO, 2003) standardına göre üç nokta eğilme testi numuneleri (Şekil 2.b) üç boyutlu olarak tasarlanmıştır.



Şekil 2. a) Çekme testi numunesi

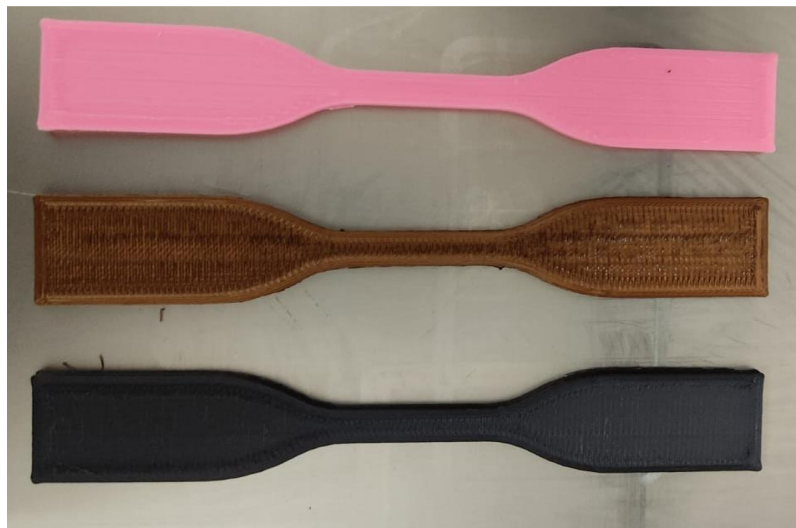
b) 3 nokta eğilme testi numunesi

Hazırlanan BDT datası YADA SLICER dilimleme programı kullanılarak dilimlenmiştir(Şekil 3). Dilimleme sonucunda imalat için gerekli g kodları türetilmiştir. Bu kodlar, YADA 3 boyutlu (3B) yazıcıya aktarıldıktan sonra EYM ile Çizelge 1’de gösterilen parametreler kullanılarak çekme ve üç nokta eğilme testi numuneleri imal edilmiştir(Şekil 4).



Şekil 3. a) Dilimlenmiş çekme testi numunesi

b) Dilimlenmiş 3 nokta eğilme testi numunesi



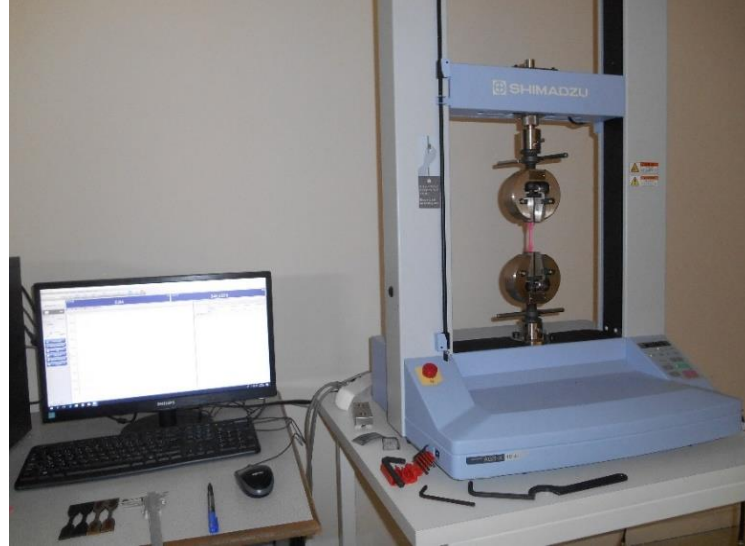
Şekil 4. 3B yazıcı ile üretilmiş çekme numuneleri



**Çizelge 1.** EYM ile 3B baskı parametreleri

İşlem Parametresi	
Doldurma açısı	45(°)
Katman yüksekliği	220(μm)
Nozül sıcaklığı	220(°C)
Tabla sıcaklığı	60(°C)
Dolgu yüzdesi	100(%)
Dolgu deseni	Düz çizgili
Çerçeve sayısı	4
Baskı hızı	55(mm sn <sup>-1</sup> )

Numunelere 10 kN yük kapasiteli Shimadzu AGS-X çekme cihazı kullanılarak çeneler arası mesafe 65 mm olacak şekilde çekme testi uygulanmıştır (Şekil 5). Testler 5 mm dak<sup>-1</sup> çekme hızında numunelerde kopma hasarı oluşuncaya kadar sürdürülmüştür. PLA, bakır takviyeli PLA ve karbon fiber takviyeli PLA olmak üzere her 3 tip numuneden 3'er adet numune teste tabi tutulmuş ve çekme testi sonrası mekanik özellikleri kıyaslanmıştır.



Şekil 5. Çekme testi düzeneği

Çekme testleri tamamlandıktan sonra aynı cihaz üzerinde üç nokta eğilme testleri yapılmıştır (Şekil 6). Numuneler 64 mm destek mesafesinde 2 mm dak<sup>-1</sup> eğilme hızında teste tabi tutulmuştur.



Şekil 6. Üç nokta eğilme testi görünümü

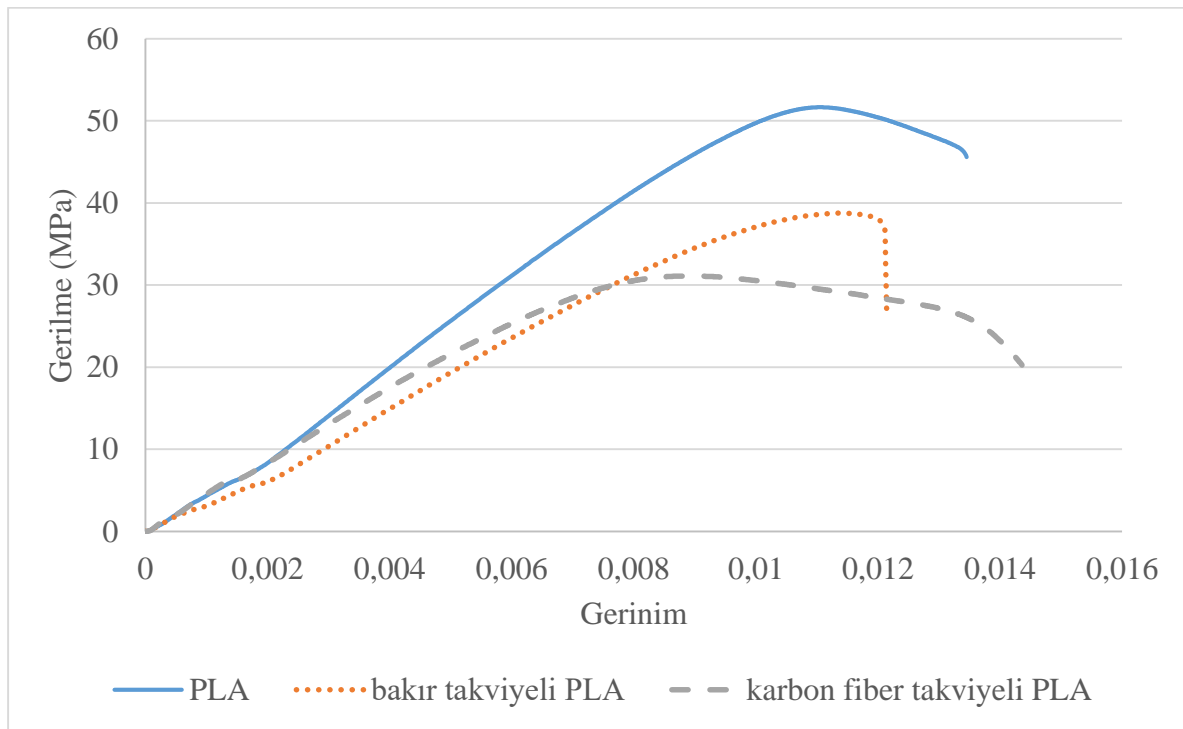
Mekanik testlerin sonrasında çekme testi numunelerinin kopma hasarı olan bölgeleri ve filamentlerden alınan örnekler altın-paladyum tozlarıyla kaplanarak hazırlandıktan sonra 20 kW'lık LEO EVO 40 taramalı elektron mikroskobu (TEM) ile incelenmiştir. TEM görüntüleri alınmış ve bulgular mekanik testlerle paralel olarak incelenmiştir.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Çekme deneyleri için her 3 malzeme tipinde 3'er adet çekme deneyi numunesi üretilmiş ve deneye tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak çizelge 2'de sunulmuştur. Ayrıca numunelere ait kuvvet-uzama değerlerinin ortalaması hesaplanarak şekil 7'deki gerilme-gerinim grafiği oluşturulmuştur.

**Çizelge 2.** Çekme testi sonuçları

Numune Numarası	Maksimum Büyüklük	PLA	Bakır Takviyeli PLA	Karbon Fiber Takviyeli PLA
1	Çekme Gerilmesi (Mpa)	51.5814	36.5178	29.0943
	Kuvvet (N)	1015.12	806.313	572.577
	Uzama (mm)	1.3471	1.28397	1.12563
2	Çekme Gerilmesi (Mpa)	53.6874	39.9343	30.2094
	Kuvvet (N)	1065.16	881.748	598.901
	Uzama (mm)	1.2447	1.31383	0.97553
3	Çekme Gerilmesi (Mpa)	50.7861	39.9397	31.0324
	Kuvvet (N)	1015.09	881.867	615.217
	Uzama (mm)	1.2598	1.33717	1.0147
Ortalama	Çekme Gerilmesi (Mpa)	<b>52.0183</b>	<b>38.7972</b>	<b>30.112</b>
	Kuvvet (N)	<b>1031.79</b>	<b>856.6426</b>	<b>595.565</b>
	Uzama (mm)	<b>1.2838</b>	<b>1.3116</b>	<b>1.0386</b>



**Şekil 7.** Çekme testi sonuçlarına ait gerilme-gerinim grafiği

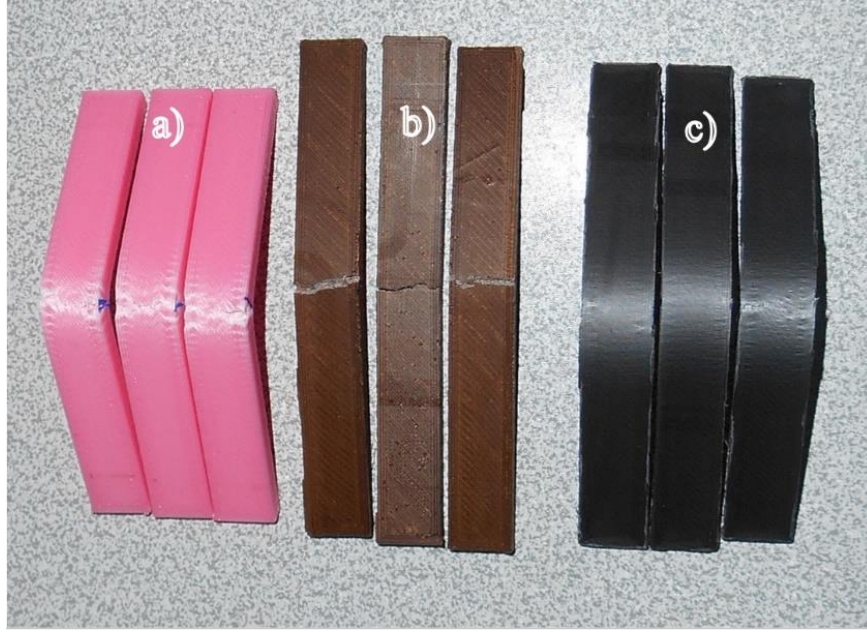
Şekil 7’de PLA numunelerin elastisite modüllerinin (E) karbon fiber takviyeli ve bakır takviyeli PLA numunelerden daha büyük olduğu görülmektedir. Ayrıca eğrilerin yön değiştirdiği akma bölgelerinden sonraki plastik şekil değiştirme bölgesine bakıldığında bakır takviyeli PLA numunelerin daha gevrek kırıldığı görülmektedir. Şekil 8’deki numune örnekleri de grafikten yorumlanan bu durumu doğrulamaktadır. Çizelge 2 ve şekil 7’deki verilere bakıldığında PLA numunelerin çekme dayanımlarının takviyeli PLA numunelerden daha yüksek olduğu görülmektedir. Bakır takviyeli numunelerin çekme dayanımları ise karbon fiber takviyeli PLA numunelerinkinden yüksektir.



**Şekil 8.** Çekme testi sonrası numune örnekleri  
a) PLA, b) bakır takviyeli PLA, c) karbon fiber takviyeli PLA

Şekil 8’de görüldüğü gibi takviyesiz PLA numuneler takviyeli PLA numunelere kıyasla daha sünek şekilde kopmuştur. Bakır takviyeli PLA Şekil 8 b)’den de görüleceği üzere gevrek şekilde kopmuştur. Karbon fiber takviyeli PLA numunelerde ise 90° açılı duvar kısmındaki katmanların daha geç koptuğu gözlenmiştir (Şekil 8 c)). Bu durum arayüz yapışmasının 90° açılı katmanlarda daha iyi olduğuna işaret etmektedir.

Çekme deneylerindeki gibi her 3 malzeme tipinde 3’er adet eğilme deneyi numunesi üretilmiş ve üç nokta eğilme testine tabi tutulmuştur(Şekil 9).



Şekil 9. Üç nokta eğilme testi sonrası numune örnekleri  
a) PLA, b) bakır takviyeli PLA, c) karbon fiber takviyeli PLA

Çizelge 3. Üç nokta eğilme testi sonuçları

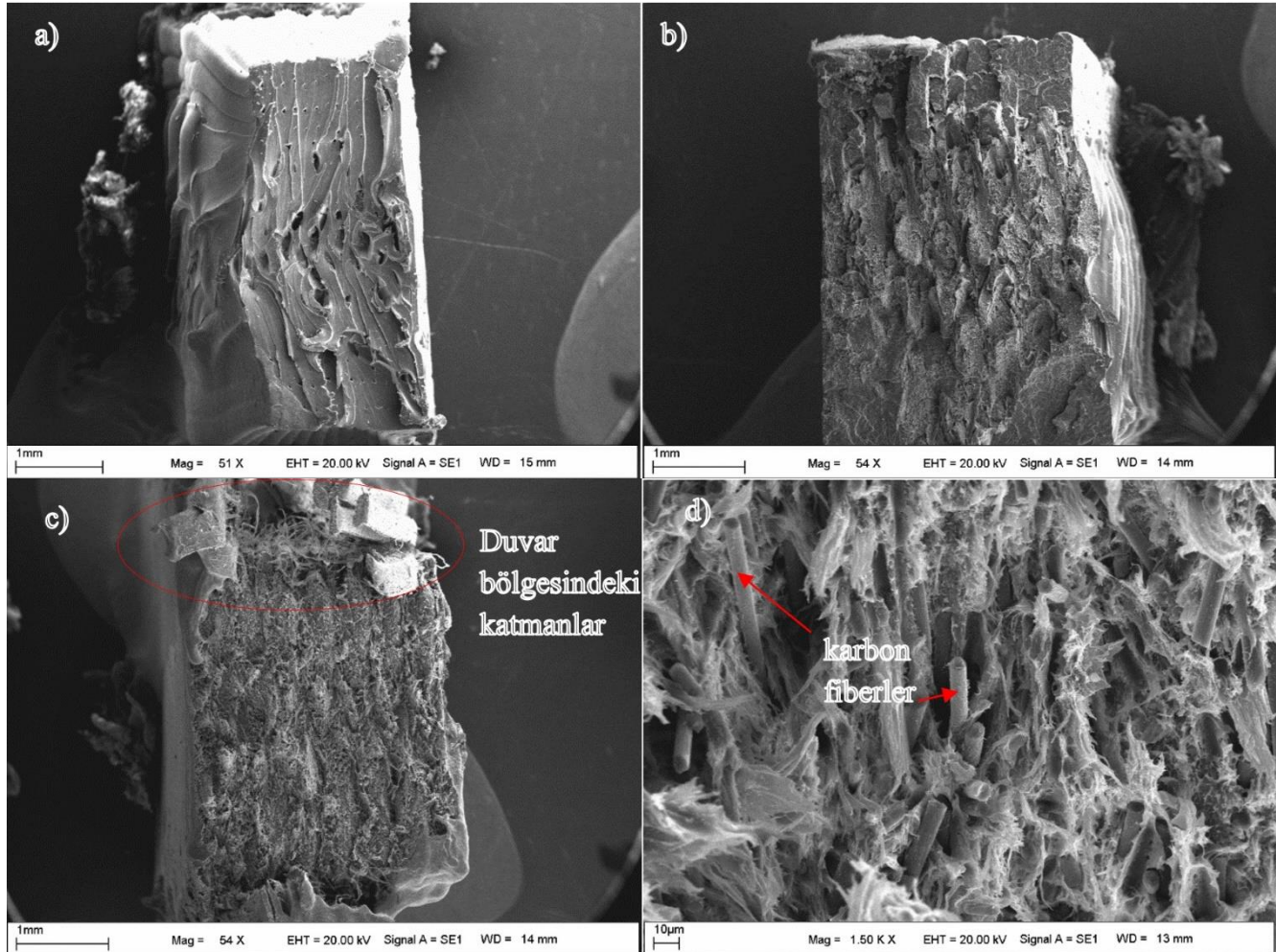
Numune Numarası	Maksimum Büyüklük	PLA	Bakır Takviyeli PLA	Karbon Fiber Takviyeli PLA
1	Eğilme Gerilmesi (Mpa)	73.0325	58.9665	38.2438
	Kuvvet (N)	122.329	98.7689	64.0583
	Sehim (mm)	7.1738	5.1533	5.9402
2	Eğilme Gerilmesi (Mpa)	66.6547	51.395	36.4512
	Kuvvet (N)	111.647	86.0866	61.0558
	Sehim (mm)	7.1486	4.5035	6.0175
3	Eğilme Gerilmesi (Mpa)	72.2259	55.1983	32.1089
	Kuvvet (N)	120.978	92.4571	53.7825
	Sehim (mm)	6.9062	4.8255	5.2812
Ortalama	Eğilme Gerilmesi (Mpa)	<b>70.6377</b>	<b>55.1866</b>	<b>35.6013</b>
	Kuvvet (N)	<b>118.318</b>	<b>92.4375</b>	<b>59.6322</b>
	Sehim (mm)	<b>7.0762</b>	<b>4.8274</b>	<b>5.7463</b>

Üç nokta eğilme deneyi sonuçları çizelge 3'te sunulmuştur. Çizelge 3'ten de görüldüğü gibi eğilme dayanımı en yüksek olan numuneler PLA numunelerdir ve karbon fiber takviyeli PLA numunelerin eğilme dayanımı en düşüktür. Üç nokta eğilme testlerinde şekil 9'dan ve çizelge 3'ten görüldüğü gibi PLA numuneler daha elastik davranmıştır ve bakır takviyeli PLA numuneler ise en az elastik davranan numunelerdir. Şekil 9 b)'de bakır takviyeli PLA numunelerin eğilme testlerini kopma ile tamamladıkları görülmektedir.

Şekil 8'de kırmızı elips ile gösterilen kopma hasarlı bölgelerin TEM görüntüleri alınarak Şekil 10'da gösterilmiştir. Şekil 10 'a bakıldığında a)'daki PLA numune yüzeyinin daha düzgün olduğu, b) ve c)'deki takviyeli PLA numunelerin yüzeylerinin ise daha gözenekli olduğu görülmektedir. Bu durum takviye ile PLA arasındaki arayüz yapışmasının daha zayıf olduğunu göstermektedir. Takviyelerin matrisin sürekliliğini bozması ve matristen kolay sıyrılabilmesinden dolayı kırılmalar takviye yüzeyinde gerçekleşmektedir. Bu nedenle takviyeler matrise gömülü olarak değil de belirgin şekilde ayrılmış



olarak görünmektedir. Bu durum da kırılma yüzeyinin düz değil de gözenekli şekilde görünmesine yol açmaktadır. Ayrıca Şekil 10 d)'ye bakıldığında karbon fiberlerin dış yüzeylerinde PLA matristen parça kalmadan kopma olayının gerçekleştiği net olarak görülmektedir. Bu durum da arayüz yapışmasının zayıfladığına işaret etmektedir.



Şekil 10. Çekme testi sonrası hasarlı bölgelerin TEM görüntüleri a) PLA, b) bakır takviyeli PLA, c) ve d) karbon fiber takviyeli PLA

## SONUÇ

Bu çalışmada EYM ile 3B yazıcı kullanılarak üretilen PLA, bakır takviyeli PLA ve karbon fiber takviyeli PLA numunelerin mekanik özellikleri kıyaslanarak farklı takviyeler yapmanın PLA malzemenin mekanik özelliklerine etkisi incelenmiştir. Çalışma sonunda şu sonuçlara ulaşılmıştır:

- I) PLA malzemeye bakır ve karbon fiber takviye yapılması malzemenin çekme ve eğilme dayanımını düşürmektedir. Yapılan takviyeler matrisin sürekliliğini azalttığından ve arayüz yapışmasını zayıflattığından genel olarak mekanik özelliklerde negatif değişimlere neden olmaktadır.
- II) PLA malzemelere bakır takviyesi yapılması karbon fiber takviye yapılmasına göre daha yüksek çekme ve eğilme dayanımı sağlamaktadır.
- III) PLA malzemeye bakır takviyesi yapılması malzemenin elastikliğini azaltmaktadır.



**KAYNAKLAR**

- Arpan MFZIM, Hoong LJ, 2019. Effect of Printing Temperature on Mechanical Properties of Copper Metal Polylactide Acid. AIP Conference Proceedings, 2137:1.
- ASTM, 2014. D 638. Standard test method for tensile properties of plastics. American Society for Testing and Materials Standard.
- Ayatollahi MR, Nabavi-Kivi A, Bahrami B, Yahya MY, Khosravani MR, 2020. The influence of in-plane raster angle on tensile and fracture strengths of 3D-printed PLA specimens. Engineering Fracture Mechanics, 237:107225.
- BS EN ISO 178,2003. Plastics determination of flexural properties. British Standard.
- Dobrescu T, Pascu NE, Jiga G, Simion I, Adır V, Enciu G, Tudose DI, 2019. Tensile Behavior of PLA and PLA Composite Materials Under Different Printing Parameters. Materiale Plastice, 56 (4):783.
- Ferreira RTL, Amatte IC, Dutra TA, Bürger D, 2017. Experimental characterization and micrography of 3D printed PLA and PLA reinforced with short carbon fibers. Composites Part B, 124:88-100.
- Gomez-Gras G, Jerez-Mesa R, Travieso-Rodriguez JA, Lluma-Fuentes J, 2018. Fatigue performance of fused filament fabrication PLA specimens. Materials and Design, 140:278-285.
- Hinchcliffe SA, Hess KM, Srubar III WV, 2016. Experimental and theoretical investigation of prestressed natural fiber-reinforced polylactic acid (PLA) composite materials. Composites Part B, 95:346-354.
- Kaya MF, Kayataş Demir N, Hüner B, Özcan RU, 2019. Effect of copper coating on the physical and electrochemical properties of conductive pla filament. International Journal Of 3d Printing Technologies And Digital Industry, 3:2:128-136.
- Liu Z, Lei Q, Xing S, 2019. Mechanical characteristics of wood, ceramic, metal and carbon fiber-based PLA composites fabricated by FDM. Journal of Materials Research and Technology, 8(5):3741-3751.
- Sağbaş B, 2018. Surface texture characterization and parameter optimization of fused deposition modelling process. Düzce University Journal of Science & Technology, 6: 1028-1037.
- Sood AK, Equbal A, Toppo V, Ohdar RK, Mahapatra SS, 2012. An investigation on sliding wear of FDM built parts. CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, 5:48-54.
- Valerga AP, Batista M, Salguero J, Girot F, 2018. Influence of PLA filament conditions on characteristics of FDM parts. Materials, 11:1322.
- Zhang X, Chen L, Mulholland T, Osswald TA, 2019. Characterization of mechanical properties and fracture mode of PLA and copper/PLA composite part manufactured by fused deposition modeling. SN Applied Sciences, 1:616.

## Kontrollü EGR Soğutma Sistem Tasarımının NO<sub>x</sub> ve BSFC Üzerine Etkisinin Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS) İle Modellenmesi ve Optimizasyonu

Halil İbrahim AKOLAŞ<sup>1\*</sup>, Alırıza KALELİ<sup>2</sup>

**ÖZET:** Bu çalışma kapsamında dizel motorların egzoz gaz resirkülasyonu (EGR) sistemlerinde kullanılmak üzere egzoz gazlarını soğutan yenilikçi bir sistem tasarımı yapılmıştır. Tasarlanan sistemde 12 V elektrikli pompa ve fan kullanılmıştır. Bu elemanlar için ayrı ayrı PID (Oransal Integral Türev) kontrolcüler tasarlanmış ve kontrolcü parametreleri için optimizasyon yöntemi kullanılmıştır. Emme manifolduna giren gazların miktarı ve sıcaklığı için farklı çalışma koşullarında motor NO<sub>x</sub> ve fren özgül yakıt tüketimi (brake specific fuel consumption (BSFC)) üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Veriye dayalı yöntemler kullanılarak matematiksel model geliştirilmiştir. Elde edilen matematiksel model sayesinde tasarlanan kontrol sistemi için farklı motor çalışma koşullarında referans EGR akış miktarı ve sıcaklık değeri tanımlanmıştır. Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi (Adaptive Neural Fuzzy Inference System (ANFIS)) ile tanımlanan modellerin gerçek verilerle uyumluluğu istatistiksel olarak analiz edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Dizel motor, EGR sistemi, PID, ANFIS.

### Modeling and Optimization of the Effect of Controlled EGR Cooling System Design on NO<sub>x</sub> and BSFC with Adaptive Neural Fuzzy Inference System (ANFIS)

**ABSTRACT:** In this study, an innovative system was designed to cool exhaust gases to be used in exhaust gas recirculation (EGR) systems of diesel engines. The designed system uses a 12 V electric pump and fan. PID (Proportional Integral Derivative) controllers are designed for these elements and optimization method is used for the controller parameters. For the amount and temperature of the gases entering the intake manifold, their effects on engine NO<sub>x</sub> and brake specific fuel consumption (BSFC) under different acclimation conditions were analyzed. A mathematical model was developed using data-based methods. The reference EGR flow rate and temperature value for different engine operating conditions have been defined for the control system designed thanks to the obtained mathematical model. The compatibility of models defined with Adaptive Neural Fuzzy Inference System (ANFIS) with real data was statistically analyzed.

**Keywords:** Diesel engine, EGR system, PID, ANFIS.

<sup>1</sup> Halil İbrahim AKOLAŞ (Orcid ID: ORCID:0000-0002-3153-8044), Bitlis Eren Üniversitesi Ahlat MYO, Ahlat, Bitlis, Türkiye

<sup>2</sup> Alırıza KALELİ (Orcid ID: 0000-0002-3234-5922), Samsun Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Halil İbrahim AKOLAŞ, e-mail: hakolas@beu.edu.tr

Geliş tarihi / Received: 20-05-2020

Kabul tarihi / Accepted: 07-08-2020

## GİRİŞ

İçten yanmalı motorlarda fosil kökenli yakıtların kullanımı, çevre ve hava kirliliği oluşumunda önemli bir etkiye sahiptir. Giderek katılaştıran emisyon düzenlemeleri, sınırlı kullanılabilirlik, çevresel sorunlar ve artan ham madde maliyetleri nedeniyle otomotiv üreticileri ve araştırmacılar, motorlu taşıtlarda enerji kayıplarını, yakıt sarfiyatını ve atmosfere olan zararlı etkilerini azaltmaya yönelik çalışmalara büyük önem vermişlerdir (Agarwal ve ark., 2011). Dizel motorlar, yüksek sıkıştırma oranlarında fakir karışımla çalışmaları nedeniyle yüksek ısı verime sahip motorlardır. Yanma odasındaki yüksek oksijen miktarı tam yanmayı ve yakıt dağılımındaki homojenliği sağlarken, silindir içi sıcaklığın ve nitrojen oksit (NOx) emisyonunun önemli oranda artmasına neden olur (Zheng ve ark., 2004).

EGR sistemi, dizel motorlarda NOx emisyonlarını azaltmak için kullanılan yaygın bir yöntemdir. Bu yöntemde bir miktar egzoz gazı emme havası ile karıştırılarak yanma odasına gönderilir. Egzoz gazlarının emme havası ile karıştırılması, yanmanın fiziksel koşullarının (sıcaklık-yoğunluk) değişimine ve silindir içindeki oksijen miktarının azalmasına (seyreltme etkisi) sebep olur. Ayrıca, bu karışım emme dolgusunun özgül ısını artırırken, silindir içi sıcaklığını (termal etki) ve hava-yakıt oranını düşürür. Bu durum yanma sürecine etki ederek yanma odası sıcaklığının aşırı yükselmesini önler ve sonuç olarak NOx emisyon değerini önemli ölçüde azaltır. (Plee ve ark., 1981; Zhao ve ark., 2000).

Dizel motorlarda NOx oluşumunu etkileyen en önemli parametre silindir içi sıcaklığıdır. Yanma sıcaklığı 1300°C'nin üzerine çıktığında hem oksijen hem de azot atomları, moleküllere ayrılarak NOx emisyonlarını oluştururlar (John 1988). Egzoz gazlarının yoğunluğunu karbondioksit (CO<sub>2</sub>) ve su buharı (H<sub>2</sub>O) oluşturmaktadır. Bu gazların doğrudan emme dolgusuna yönlendirilmesi (sıcak EGR) emme dolgusundaki oksijen miktarının azalmasına (termal kısılma), volümetrik verimin düşmesine, tutuşma gecikmesine ve silindir içi sıcaklığın düşmesi neden olur. Sonuç olarak silindir içi sıcaklığın azalması NOx oluşumunda azalmaya neden olur. EGR gazlarının emme dolgusu ile karıştırılmadan önce soğutulması (soğutulmuş EGR) emme dolgusundaki O<sub>2</sub> miktarını artırır. Bu sayede soğutulmuş EGR gazları ile düşük emme dolgusu sıcaklığı ile yüksek oranda O<sub>2</sub> konsantrasyonu sağlanır. Bu durum sıcak EGR'ye göre silindir içi sıcaklık seviyesini daha da azaltarak NOx oluşumunda önemli bir azalmaya neden olur (Lee ve Ha, 2018).

Geleneksel EGR sistemi ile donatılmış dizel motorlarda emme manifolduna giren egzoz gazları motor ana soğutma sistemiyle soğutulmaktadır. Resirküle edilen egzoz gazlarının soğutma etkinliği, motor ana soğutma sisteminin performansına bağlıdır. Klasik motor soğutma sistemlerinin performansları, sistemde kullanılan bileşenlerin yapısı gereği kısıtlı ve pasiftir. Özellikle yüksek güç gerektiren koşullardaki yetersiz ısı atılımı soğutma sisteminde önemli kayıplara yol açmaktadır. Ayrıca EGR gazlarının soğutulması soğutma sistemine ek bir soğutma yükü getirmektedir. NOx salınımının azaltılmasında bütünleşik bu soğutma yapısı EGR soğutucudan çıkan egzoz gazlarının sıcaklığını optimum değerlerden uzaklaştırmaktadır.

Bu çalışmada EGR sisteminde emme manifolduna alınan egzoz gazlarının miktarı ve gazların sıcaklığının NOx emisyonuna ve motor yakıt tüketimine olan etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla EGR sistemi için farklı bir soğutma devresi tasarlanmıştır. Pasif soğutma sistemi elemanlarına sahip olan klasik EGR sisteminin yerine kontrol edilebilen 12V elektrikli pompa ve fan kullanılmıştır. Bu bileşenler için PID (Proportional (oransal), Integral (integral) ve Derivative (türev)) kontrolcü tasarlanmıştır. Bileşenler için tasarlanan kapalı döngü kontrol sistemlerinin referans değerleri ise etkisi araştırılan EGR oranı ve sıcaklık değerleridir. Dolayısıyla bu değerlerin motor emisyon değerlerine ve yakıt tüketimine göre belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için farklı motor çalışma bölgeleri tanımlanarak her bir bölgede

aday test noktaları seçilmiştir. Seçilen bu bölgelerde tanımlanan deney noktaları kullanılarak, veriye dayalı sistem tanımlama teknikleri kullanılmıştır. Böylece seçilen motor çalışma bölgesinin tümünde geçerli bir global model elde edilerek tasarlanan soğutma sistemi için referans çizelgesi oluşturulmuştur. İçten yanmalı motorlarda silindir içinde meydana gelen yanma stokastik bir süreçtir. Motor çalışma koşullarının tümü için deney yapılması ve sonuçlarının toplanması hem çok zahmetli hem de zaman alan karmaşık bir süreçtir. Bu sürecin uygulanması için profesyonel bir laboratuvara ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun yerine ilgilenilen parametrelerle ilgili matematiksel olarak ifade edilebilen analitik modeller kullanılabilir. Fakat bu modeller ise gerçek verilerle uyumsuzluk gösterebilmektedir. Bundan dolayı, son yıllarda veriye dayalı modelleme teknikleri gelişen yapay zekâ uygulamalarıyla karmaşık sistemlerin çıkışlarını tahmin etmeye kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin farklı alanlarda kullanılabilir olmaları nedeniyle termodinamik sistemlerde de kullanılması, modele dayalı kontrol sistemlerinin geliştirilmesi ve motor çıkış parametrelerinin optimizasyonu için imkân sunmaktadır. Bununla birlikte motorlarda parametrelerin ve çıkış karakteristiklerinin çokluğu, değişkenler arasındaki ilişkilerin doğrusal olmaması nedeniyle yapay zekâ araçları yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Sinirsel bulanık sistemler, yapay sinir ağları (YSA) ve bulanık mantık (BM) modellerinin birlikte kullanıldığı hibrit bir yapay zekâ yöntemidir. Bu yöntem sayesinde, içten yanmalı motor uygulamalarında doğrusal olmayan model ve adaptasyon ihtiyacı ortadan kaldırılabilmektedir. Bu öğrenme tekniğinin altında yatan temel fikir YSA ile gerçekleştirilen eş zamanlı paralel hesaplamalar ve bulanık mantığın çıkarım özelliğinin eldeki data kümesine dayanarak birlikte uygulanmasıdır. İçten yanmalı motorlarda yanma ve kontrol problemi için bulanık mantık ile YSA geleneksel yöntemlerden daha iyi, hızlı ve hassas tahminler yapma potansiyeline sahip olduğu gösterilmiştir.

Literatürde içten yanmalı motorların performans ve emisyonunun tahmininde ANFIS kullanılarak modelleme çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalarda alternatif yakıtlarla ilgili olarak performans tahmini (Sayin ve ark., 2007), yine bir dizel motorda enjektör sprey kalitesinin artırılması amacıyla püskürtme yüzeyinin modellenmesi (Lee ve ark., 2007), dizel motorun değişen boost basınç artışıyla performansının tahmini (Al-Hinti ve ark., 2009) gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmanın amacı, EGR gazlarının oran ve sıcaklığını ayarlamak için bir kontrol sistemi tasarlayarak, farklı motor çalışma koşullarında yakıt tüketimi ve NOx emisyonunun bu parametrelerle olan ilişkisini belirlemektir. Bu amaçla bir ANFIS modeli tasarlanmıştır. Bu modelle sözü geçen parametrelerin belirlenmesinde yüksek doğruluk oranına sahip 1D modellerin karmaşıklıklarının aksine çok amaçlı optimizasyon araştırmalarında kullanıldığında hesaplama açısından daha avantajlı olduğu görülebilmektedir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

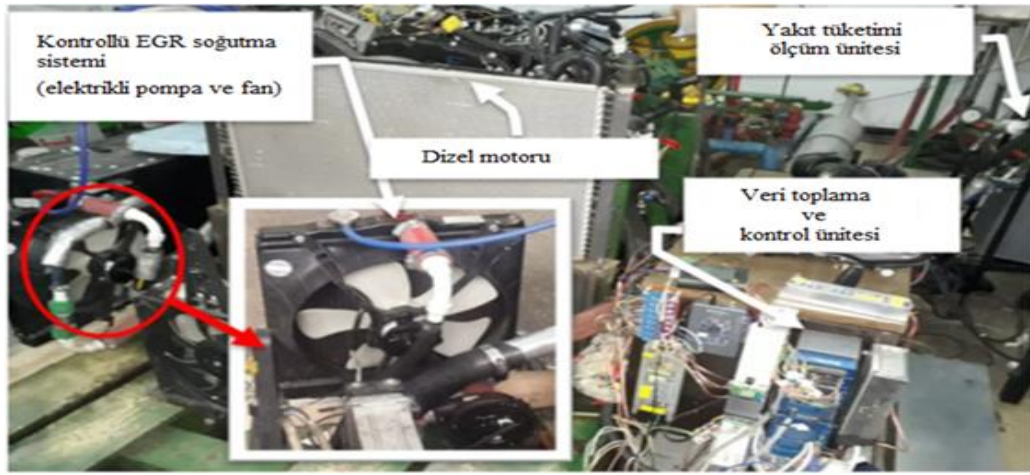
### Motor Test Düzeneği

Deneyler dört zamanlı Ford marka 92 kW, 2.2 L toplam silindir hacimli bir dizel motoru üzerinde gerçekleştirilmiştir. Deney motorunun teknik özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir. Motor deney düzeneği Şekil 1’de ve düzeneğin şematik gösterimi ise Şekil 2’de gösterilmiştir.

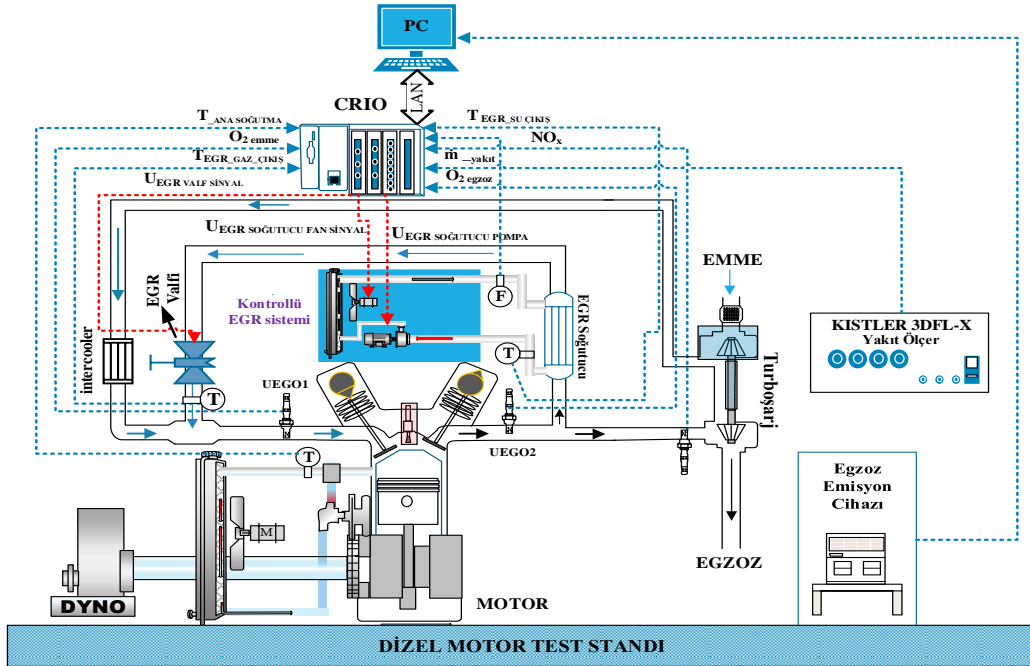
NOx emisyon ölçümleri için National Instruments NI 9755 NOx sensör modülü kullanılmıştır. Yakıt tüketimini ölçmek için Kistler DFL3X-5 bar yakıt akış ölçer kullanılmıştır. Sıcaklık ölçümleri için K tipi termo çiftler kullanılmıştır. Motor soğutma suyu sıcaklığı, motor devri, yakıt basıncı, emme manifold basıncı, emme havası sıcaklığı ve hava akış miktarı on-board diagnostics (OBD) üzerinden veri toplama ve kontrol ünitesine iletilmiştir. Tüm veriler bilgisayarda LabVIEW ortamında hazırlanan kodlarla yazılmış ve gerçek zamanlı alan programlanabilir kapı dizisi (GZAPKD) şasisi üzerinden oluşturulmuştur.

## Çizelge 1. Deneylerde kullanılan dizel motorun teknik özellikleri

Motor	FORD PUMA
Silindir sayısı	4
Turboşarjlı	EGR (High pressure)
Maksimum güç/devir (kW/(d/d))	92/3500
Maksimum tork/devir (Nm/(d/d))	350/(1450-2000)
Toplam silindir hacmi	2198.1 cc
Kurs boyu	94.6 mm
Piston çapı	86 mm
Sıkıştırma oranı	15.5:1



Şekil 1. Motor test düzeneği.



Şekil 2. Motor test düzeneğinin şematik gösterimi.

Geleneksel olarak evrensel egzoz gazı oksijen sensörleri genellikle hava-yakıt oranı (HYO) ve hava fazlalık katsayısı ( $\lambda$ ) ölçümleri için test cihazlarında kullanılmaktadır. Bu deneysel çalışmada EGR oranının hesaplanmasında emme ve egzoz manifoldlarında iki adet Bosch marka LSU 4.9 geniş band egzoz gazı oksijen sensörleri kullanıldı. Eşitlik 1. de ki matematiksel tanımdan faydalanılmıştır.



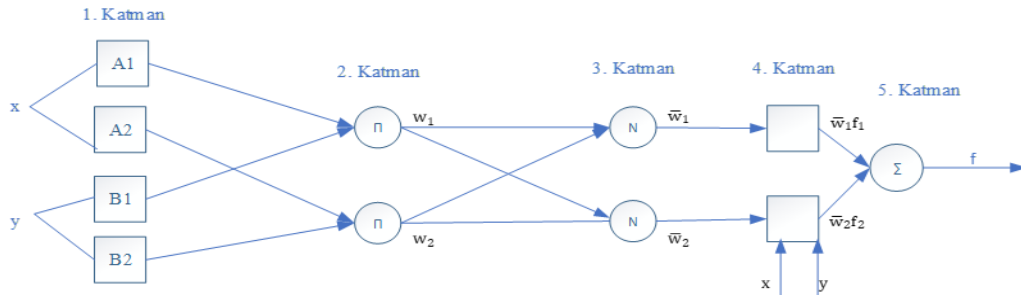
$$\%EGR = \frac{O_{2atm} - O_{2emme}}{O_{2atm} - O_{2egzoz}} \quad (1)$$

### Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS)

Uyarlanabilir sinirsel sistem (ANFIS), Takagi-Sugeno tipi bulanık çıkarım sistemiyle birlikte yapay sinir ağının kombinasyonu ile oluşturulmuş bir sistemdir. Bu sistem yapısında bulunan nöronlar vasıtasıyla girişteki sinyalleri alarak öğrenme işlemini gerçekleştirir ve karar mekanizmasını kullanarak çıktı üretir (Mariani ve ark., 2014). Sinirsel bulanık sistem, bulanık sistemde yer alan kuralların manuel üretilmeleri zorunluluğunu ortadan kaldırır. Yapısındaki sinir ağı sayesinde, sistem parametreleri üyelik fonksiyonlarının sınır değerleri otomatik olarak tanımlanır. Bu nedenle sistemin çıkış tahmin kapasitesi artırılır. İki giriş sinyali  $x$  ve  $y$ 'ye karşılık gelen çıkış sinyali  $f$  olan bir bulanık çıkarım sistemi ele alındığında, uygulanan if-then (Eğer-ise) kural tabanı Takagi ve Sugeno tipi olmak üzere Eşitlik 2. ile ifade edilir.

$$\begin{aligned} \text{Kural 1: EĞER } x, A_1 \text{ VE } y, B_1, \text{ İSE } f_1 &= p_1x + q_1y + r_1 \\ \text{Kural 2: EĞER } x, A_2 \text{ VE } y, B_2, \text{ İSE } f_2 &= p_2x + q_2y + r_2 \end{aligned} \quad (2)$$

Burada  $p, q, r$  bulanık mantık tasarım parametreleridir. Beş katmanlı ileri beslemeli bir sinir ağı içeren ANFIS mimarisi Şekil 3'te gösterilmiştir. Her bir katman farklı işlem gerçekleştirir ve bu şekilde karakterize edilir. Birinci katmanda bulanıklaştırma işlemi yürütülür. Bu katmandaki her bir düğüm için üyelik fonksiyonları hazırlanarak dilsel bir değerle gösterilir. Bu katmanda bulanık mantıkta olduğu gibi girişlerin dönüştürülmesinde farklı matematiksel fonksiyonlar kullanılmaktadır. Matematiksel fonksiyon Eşitlik 3. de ifade edilmektedir.



Şekil 3. ANFIS model mimarisi.

$$O_{1i} = \mu_{A_i}(x) \quad i = 1, 2, 3 \dots \quad (3)$$

$$O_{1i} = \mu_{B_i}(x) \quad i = 1, 2, 3 \dots \quad (4)$$

Burada  $A_i$  bulanık mantık kümesini ve  $O_{1i}$  ise üyelik fonksiyonunu göstermektedir. Bu katmandan sonraki kural katmanıdır.  $\mu_{A_i}$  bulanık üyelik fonksiyonları olup Bell biçimli üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$\mu_{A_i} = \frac{1}{1 + \left( \frac{x - C}{a_i} \right)^b}, \quad i = 1, 2..$$

İkinci katmanda ise bulanıklaştırma için kuralların oluşturulduğu katmandır. Bu katmanın bulanık operatör girişleri için VE operatörü kullanılır. Ayrıca yuvarlak katmanlar girdi katmanlarıyla çarpılır.

Çıktıları elde etmek için aşağıdaki denklem hesaplanır. Her düğümün çıktısı, bu düğümle ilişkili kuralla uygulanacak ağırlığa karşılık gelmektedir.

$$O_{2i} = w_i = \mu_{A_i}(x) \times \mu_{B_i}(x), i = 1, 2.. \quad (5)$$

Üçüncü katman düğümüne gelen her bir veri burada normalleştirilmesi gerekir. Normalleştirme işlemi Eşitlik 6. da ifade edilmektedir.

$$O_{3i} = \bar{w}_i = \mu_{A_i}(x) \times \mu_{B_i}(x) / w_1 + w_2, i = 1, 2.. \quad (6)$$

Dördüncü katman ise berraklaştırma katmanıdır. Bu katmanda her düğüm, x ve y girişiyle doğrusal olarak fonksiyon hesaplanır. Her denklemin ardışık olarak üç parametresi vardır. Fonksiyonun sonucu, ağırlık girişi ile çarpılır, çıkış düğümü ile sonuçlanır.

$$O_{4i} = \bar{w}_i f_i = p_i x + q_i y + r, \quad (7)$$

Eşitlik 7. üçüncü katmandan elde edilen çıktıdır.  $p_i, q_i, r$  ise ardışık parametrelerdir.

Son katman ise genellikle tek bir düğümün tüm giriş sinyallerinin toplamını topladığı çıkış katmanıdır. Bu katmanda, Şekil 3'te gösterilen mimarideki gibi tek bir sabit düğüm bulunmaktadır. ANFIS sisteminin çıkış değeri elde edilir ve berraklaştırılan çıkış değeri Eşitlik 8. ile elde edilir.

$$O_{5i} = \sum_i \bar{w}_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i} \quad (8)$$

ANFIS mimarisinde yaygın olarak kullanılan hibrit öğrenme algoritması, geri yayılma ve en küçük kareler yönteminin birleşmesiyle oluşmaktadır. ANFIS yapısının geriye doğru geçişli öğrenme algoritması sırasında gradyan iniş şeması kullanılır. Öğrenme süreci; girdi ve eğitim veri seti olarak adlandırılan bir veri seti elde edilerek başlar. Eğitim veri seti, girdi ve çıktı vektörleri şeklinde ayrılmaktadır. Daha sonra ANFIS, önceden beslenen giriş ve çıkış vektörleri kullanılarak eğitilir. Bundan sonra üyelik fonksiyonlarının belirlenmesine yardımcı olacak öncül parametrelere ihtiyaç vardır, bu öncül parametreler önceki beslenen eğitim veri kümesinden bulunur. Ardından üyelik işlemleri düzenlenir. Daha sonra, gerçek ve tahmin edilen değerler arasında istenen hata yüzdesi değerinin çok doğru bir şekilde yapılması için son aşamaya geçilir. Bunu, en küçük kareler yöntemi uygulayarak ortaya çıkan parametreler belirler. Elde edilen hata değeri, önceki aşamada belirlenen referanstan daha büyük olursa, parametreler gradyan iniş yöntemiyle geri yayılım algoritması kullanılarak güncellenir. Bu işlem, hata değeri ayarlanan değerden düşük olana kadar devam etmektedir. Hata değeri ilk ayarlanan hata değerinden daha düşük olduğunda, eğitim işlemi durdurulur. Daha sonra kontrol edilen veri seti, oluşturulan veriyi karşılaştırmak için kullanılmaktadır.

Bu çalışmada motor devri, yük, EGR oranı ve emme manifolduna giren egzoz gaz sıcaklığı ANFIS yapısına girdi olarak verilmiş ve BSFC ve NOx ise tahmin edilen çıktı parametreleri olarak ele alınmıştır. Mevcut deneysel veriler eğitim ve validasyon setleri olmak üzere iki ana kategoriye ayrılmış ve buna göre deneysel verilerin %70'i eğitim için rastgele seçilmiştir. Kalan verilerin %30'u ise ANFIS tahminlerinin performansının analizi için kullanılmıştır.

### EGR Sıcaklığı İçin Kapalı Döngü Kontrol Sistemi Tasarımı

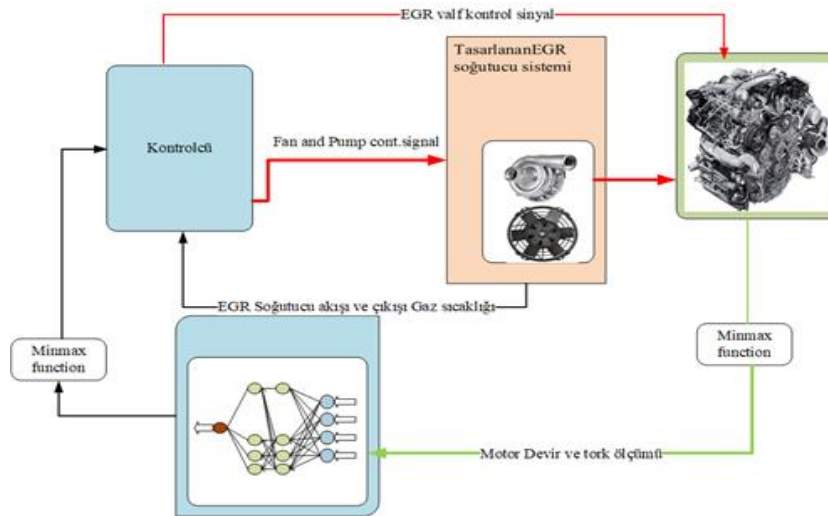
Literatürde EGR sisteminin dizel motorların NOx bileşenleri üzerindeki etkisi birçok çalışmada incelenmiştir. Fakat bu çalışmalarda EGR oranını ile manifolda giren egzoz gaz sıcaklığı ile beraber motor yakıt tüketimi ve NOx emisyonlarına olan etkileri birlikte ele alınmamıştır. Dolayısıyla sıcak egzoz gazları manifolda girmeden önce ısı eşanjöründen geçirilerek soğutulmaktadır. Klasik sistemlerde EGR soğutma devresinde soğutucu akışkan olarak motorun ana soğutma sıvısı dolaştırılmaktadır. Bu sayede EGR soğutucu gazın sıcaklığını ana soğutucunun sıcaklığına bağlı olarak 100°C etrafında

tutmaktadır. Klasik sistemde motor çalışma koşullarının farklılıkları akışkan sıcaklığının sabit değerde tutulmasından dolayı egzoz emisyonları ve yakıt tüketimi performansı tam değerlendirilememektedir. Bu çalışmada her bir motor çalışma koşulu için EGR soğutucudan çıkan egzoz gazı sıcaklığının ayrı bir soğutma döngüsü kullanılarak kontrolü amaçlanmıştır. Bunun için EGR soğutucu (eşanjörü) ana motor soğutma devresinden ayrılarak yeni bir soğutma devresi oluşturulmuştur. Bu sistem içinde bir adet elektrik aktüatörlü su pompası ve fan yer almaktadır. Seçilen elektromekanik bileşenler için kontrolcüler tasarlanmış ve istenilen referans EGR soğutucu egzoz gazı sıcaklık değerine göre pompa ve fan için kontrolcü işaretleri üretilmiştir.

EGR soğutma sisteminde akışkan pompası ve fan için üretilen kontrol işaretleri kompakt formda Eşitlik 9. da ki gibi tanımlanır.

$$[N_{pump}, N_{Cooling fan}] = (K_P e + K_I \int e dt) + u_0(N_{pump,0}, N_{Cooling fan,0}) \quad (9)$$

Burada  $K_P$  ve  $K_I$  sırasıyla oransal ve integral pozitif kazanç sabitleridir.  $u_0$  ise kontrol edilen parametrelerin başlangıç giriş değerleridir. Bu çalışmada  $K_P$  ve  $K_I$  oransal ve integral optimal kazanç değerlerinin belirlenmesinde Pattern search optimizasyon algoritması kullanılmıştır. Bu algorithma referans değerinin izlenme hatası amaç fonksiyonu olarak tanımlandı ve denetleyici parametrelerinin optimal değerleri için 100 tekrar gerçekleştirildi. Buna göre kontrolcü kazanç değerleri  $K_P = 12.6548$ ,  $K_I = 0.4540$  ve  $K_d = 0.4540$  şeklinde belirlenmiştir. Benzer şekilde EGR oranı için EGR valfinin açıklık oranı için geri beslemeli bir kapalı döngü sistem tasarlanmıştır. Kontrol sistemi blok diyagramı Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. Tasarlanmış akıllı EGR soğutucu kapalı devre kontrol sisteminin blok şeması.

### ANFIS Model Performanslarının Değerlendirilmesi

ANFIS ile oluşturulan modellerin tahmin performansının değerlendirilmesinde üç farklı yöntem kullanılmıştır. Bunlar; (a) ortalama karesel hata (OKH), (b) kök ortalama kare hatası (KOKH) ve (c) determinasyon katsayısı ( $R^2$ ).

Ortalama karesel hata (OKH), tahmin edilen model çıktısı ile gerçek değer arasındaki hatanın karesinin alınmasıyla hesaplanır (Eşitlik 10.).

$$OKH(y_{NOx,BSFC}, \hat{y}_{NOx,BSFC}) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (y_{kNOx,BSFC} - \hat{y}_{kNOx,BSFC})^2 \quad (10)$$

Burada tahmin değeri  $y$  ile ölçülen değer ise  $\hat{y}$  ile gösterilmiştir.

KOKH, benzer şekilde gerçek ve tahmin edilen değer arasındaki ilişkinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. KOKH değerinin küçük olması hatanın azaldığını göstermektedir.

$$KOKH(y_{NOx,BSFC}, \hat{y}_{NOx,BSFC}) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^N (y_{kNOx,BSFC} - \hat{y}_{kNOx,BSFC})^2}{N}} \quad (11)$$

$R^2$  determinasyon katsayısı olup, parametresi oluşturulan modelin gelecekteki çıktılarının tahmininin tutarlılık ölçüsünü göstermekte ve Eşitlik 12. ile tanımlanır.

$$R^2(y_{NOx,BSFC}, \hat{y}_{NOx,BSFC}) = 1 - \left( \frac{\sum_{k=1}^N (y_{kNOx,BSFC} - \hat{y}_{kNOx,BSFC})^2}{\sum_{k=1}^N (y_{kNOx,BSFC} - \bar{y}_{NOx,BSFC})^2} \right) \quad (12)$$

Burada  $\bar{y}$  ortalama değerini göstermektedir.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Deneyler motorun kararlı çalışma koşullarında 1200, 1700, 2000 ve 2500 d/dak'da yüklü ve yüksüz koşullarda yapılmıştır. Motorun tüm bu çalışma koşullarında EGR oranları %5-10-15 olarak ayarlanmıştır. Her devir için Çizelge 2 ile verilen yük, % EGR oranları ve EGR gaz çıkış sıcaklıkları dikkate alınarak deneyler gerçekleştirilmiştir. Elektronik kontrollü EGR soğutma sisteminde soğutucu akışkan çıkış sıcaklıkları minimum 40°C ile maksimum 100°C arasındaki değişime göre EGR gaz çıkış sıcaklık değerleri ayarlanmıştır.

**Çizelge 1.** Kontrollü EGR soğutma sistemi deney test koşulları.

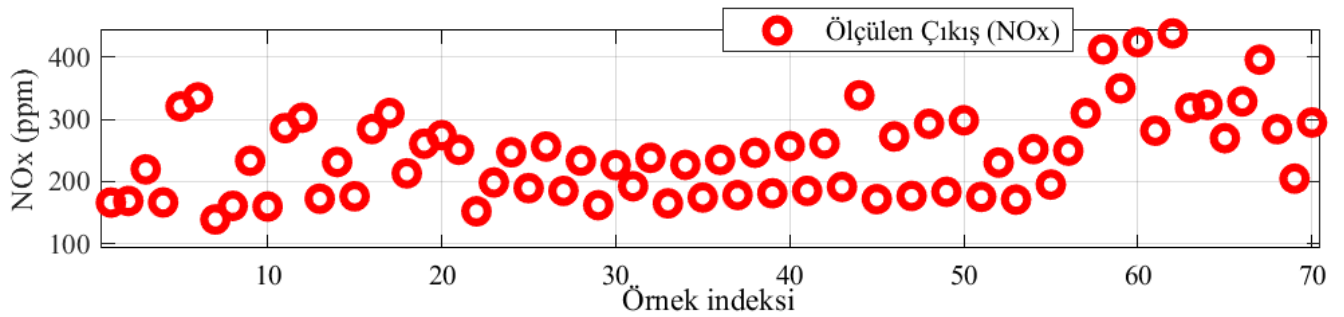
Motor Hızı	Motor Yüğü (Nm)	EGR		EGR gazı eşanjör çıkış sıcaklığı		
		Oranı				
1200±50 d/dak.	10±2 Nm	5±1 %	60±5 °C	75±5 °C	90±5 °C	
		10±1 %	60±5 °C	75±5 °C	90±5 °C	
		15±1 %	75±5 °C		90±5 °C	
	30±2 Nm	5±1 %	75±5 °C	90±5 °C	110±5 °C	
		10±1 %	75±5 °C	90±5 °C	110±5 °C	
		15±1 %	75±5 °C	90±5 °C	110±5 °C	
1700±50 d/dak.	20±2 Nm	5±1 %	75±5 °C	90±5 °C	110±5 °C	
		10±1 %	75±5 °C	90±5 °C	110±5 °C	
		15±1 %	75±5 °C	90±5 °C	110±5 °C	
	60±2 Nm	5±1 %	75±5 °C	90±5 °C	110±5 °C	
		10±1 %	75±5 °C	90±5 °C	110±5 °C	
		15±1 %	75±5 °C	90±5 °C	110±5 °C	
2000±50 d/dak.	30±2 Nm	5±1 %	75±5 °C	90±5 °C	110±5 °C	
		10±1 %	75±5 °C	90±5 °C	110±5 °C	
		15±1 %	75±5 °C	90±5 °C	110±5 °C	
	70±2 Nm	5±1 %	75±5 °C	90±5 °C	110±5 °C	
		10±1 %	75±5 °C	90±5 °C	110±5 °C	
		15±1 %	75±5 °C	90±5 °C	110±5 °C	
2500±50 d/dak.	40±2 Nm	5±1 %	75±5 °C	90±5 °C	110±5 °C	
		10±1 %	75±5 °C	90±5 °C	110±5 °C	
		15±1 %	75±5 °C	90±5 °C	110±5 °C	
	80±2 Nm	5±1 %	75±5 °C	90±5 °C	110±5 °C	
		10±1 %	90±5 °C		110±5 °C	
		15±1 %	90±5 °C		110±5 °C	

Bu çalışmada, motor devri, yükü, EGR oranı, emme manifolduna giren egzoz gazı sıcaklığı ile NOx, BSFC çıkış parametreleri arasındaki matematiksel ilişki tanımlanmıştır.

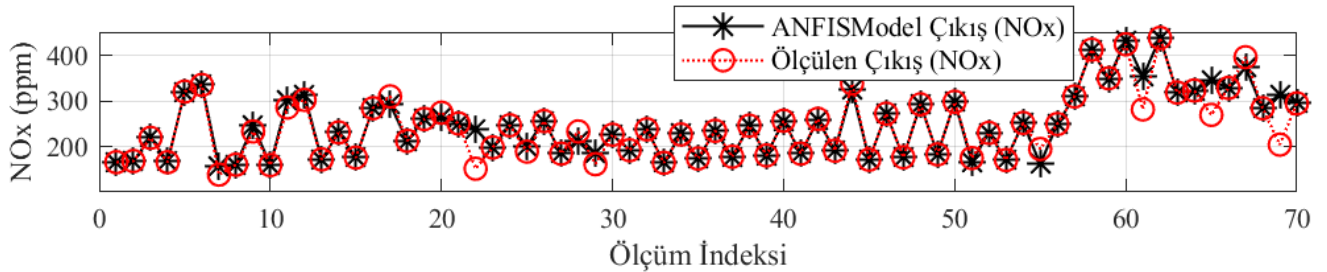
Dizel motorlarda en önemli çıkış parametreleri, yakıt verimliliği ve egzoz emisyonlarıdır. Bu nedenle bu parametrelerin gelecekte alacağı değerlerin seçilen giriş değişkenlerine karşılık tahminleri

çok önemlidir. Bu sayede tasarlanan kontrol sistemleri istenen referans değerlere ulaşılmasını sağlayacaktır. Bu çalışmada ANFIS modelinin kurulması için belirlenen motor çalışma koşulları için toplanan verilerin %70'i eğitim için kullanılırken geriye kalan veri ise test için kullanılmıştır.

Şekil 5'te, Çizelge 2 ile belirlenen motor çalışma koşulları test sistemine uygulandığında elde edilen NOx değişimi gösterilmiştir. Değişim grafiği incelendiğinde farklı çalışma koşulları için farklı NOx değeri elde edilmiştir. Ayrıca her bir deney noktası için uygulanan giriş parametreleri de grafikte verilmiştir. Bu veriler motor yükü, devri, EGR oranı ve emme manifolduna giren egzoz sıcaklığı şeklinde sıralanmıştır. EGR soğutucu çıkışı egzoz gaz sıcaklığı çalışma kapsamında tasarlanan kapalı döngü soğutma sistemiyle ayarlanmıştır. Kontrol sisteminin referans girişi olarak Çizelge 2'de verilen değerler girilerek egzoz gaz sıcaklığı denetlenmiştir. Verilerin elde edilmesiyle ANFIS modeli tasarlanmıştır. Model çıktıları ile ölçülen NOx değerleri ise Şekil 6'da karşılaştırılmıştır. Bu grafikte görüldüğü gibi tahmin ve gerçekleşen değerler arasında iyi bir uyum vardır.



Şekil 5. Çizelge 2 ile belirlenen motor çalışma koşulları için elde edilen NOx değişimi.



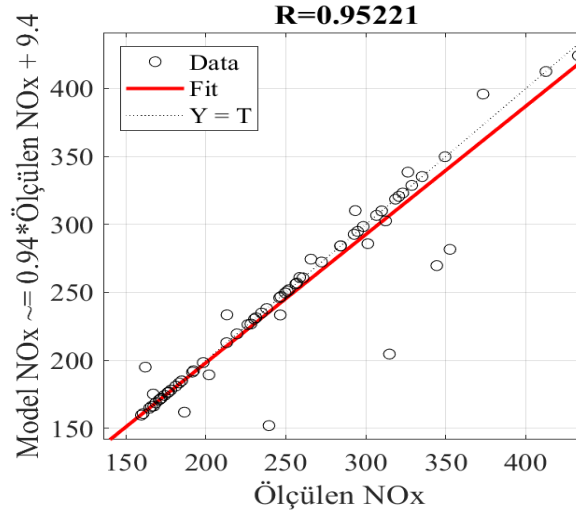
Şekil 6. NOx değişimi için model çıktıların gerçek verilerle karşılaştırılması.

Modelin başarısı ise farklı istatistiksel hata yöntemleri ile analiz edilmiştir. Bu analizde ortalama karesel hata ve bu hatanın karekök değerleri hesaplanmıştır. Bu değerlerin model başarısı açısından düşük değerler olması istenmektedir. Ayrıca diğer istatistiksel parametre ise  $R^2$  determinasyon katsayısı olup bu değer 1'e yakın olması modelin gerçek verilerle uyumunu göstermesi bakımından önemlidir. Buna göre elde edilen NOx çıktıların uyum grafiği Şekil 7'de gösterildiği gibi elde edilmiştir. Determinasyon katsayısının hesaplanan değeri 0.95221 olup tasarlanan NOx modelinin tahmin işlemi açısından güvenilirliğini iyi seviyede olduğu söylenebilir. Ayrıca modelin OKH ve KOKH değerleri ise 488.0758 ve 22.0924 şeklinde elde edilmiştir. Bu değerler gerçek verilerle elde edilmiş olup verilerin normalizasyonu ile 1'den küçük elde edilebilir.

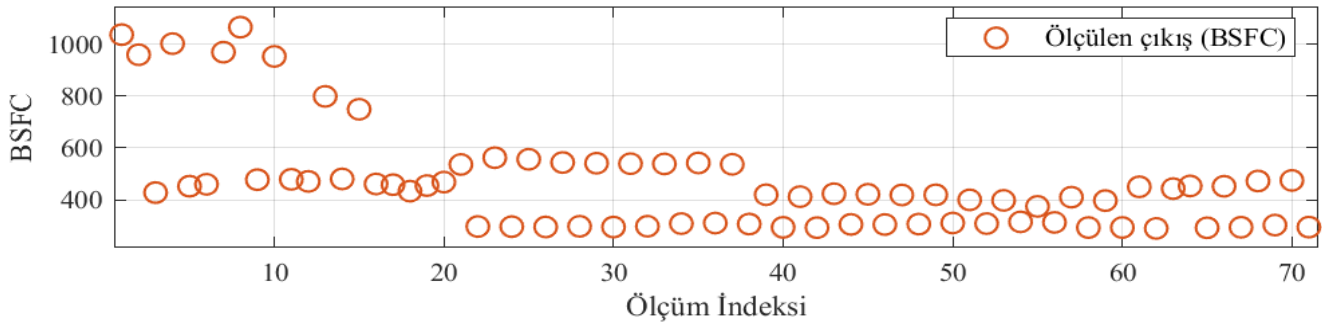
Bu çalışma kapsamında ele alınan diğer önemli bir motor çıkış parametresi ise BSFC'dir. Çizelge 2'de verilen motor çalışma koşulları için BSFC değişimi elde edilmiş ve Şekil 8'de gösterilmiştir. Benzer şekilde bu grafikte de motor yükü, devri, EGR oranı ve manifolda giren egzoz gaz sıcaklığı her bir çalışma noktası için grafikte verilmiştir.



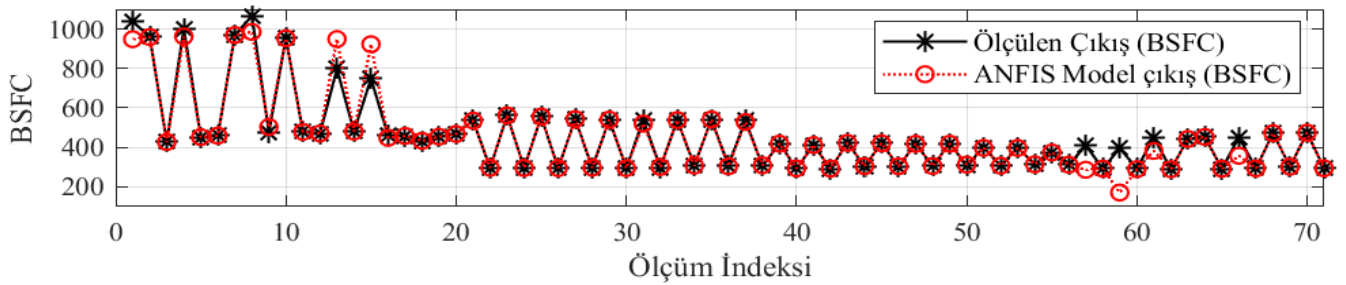
BSFC parametresi için ANFIS modeli tasarlanmış ve model çıktısı ile gerçek veriler Şekil 9'daki grafikte karşılaştırılmıştır. Grafik incelendiğinde ise model çıktılarının gerçek verilerle oldukça uyumlu olduğu görülmektedir. Ayrıca model geçerliliği için istatistiksel hesaplamalar yapılmıştır.



Şekil 7. Elde edilen NOx modelinin gerçek verilerle karşılaştırıldığı uyum grafiği.



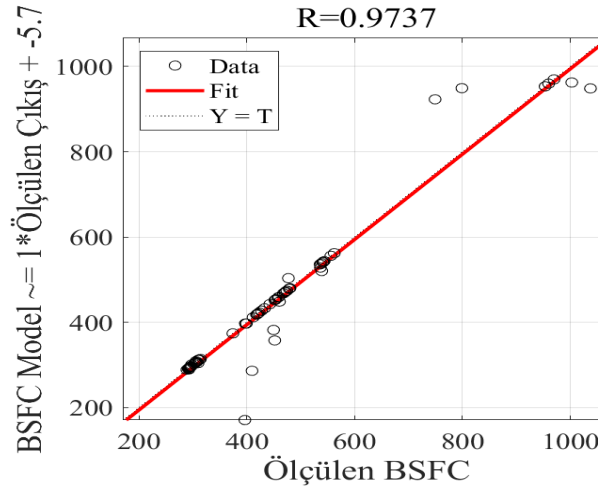
Şekil 8. Çizelge 2 ile belirlenen motor çalışma koşulları için elde edilen BSFC değişimi.



Şekil 9. Elde edilen BSFC modelinin gerçek verilerle karşılaştırıldığı uyum grafiği.

BSFC çıkış parametresi için modelin uyum grafiği ise Şekil 10'da verilmiştir. Ayrıca belirlenen determinasyon katsayı değeri ise 0.9737 olup belirlenen model gerçek verilerle oldukça uyumludur. Diğer istatistiksel hesaplamalarda ise OKH ve KOKH değerleri ise **533.5064** ve **39.16** 'dır.

Her ki çıkış parametresi için hesaplanan OKH ve KOKH değerleri Çizelge 3'te toplu şekilde verilmiştir. Bu değerler de parametrelerin değişim aralığında olup büyüklük olmaları çıktılarının normalizasyonu ile ilgilidir.

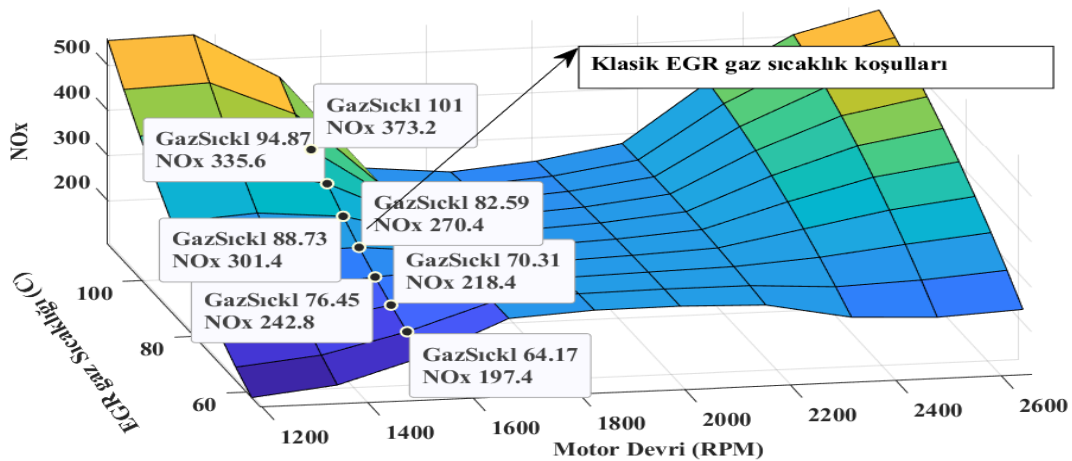


Şekil 10. Elde edilen BSFC modelinin gerçek verilerle karşılaştırıldığı uyum grafiği.

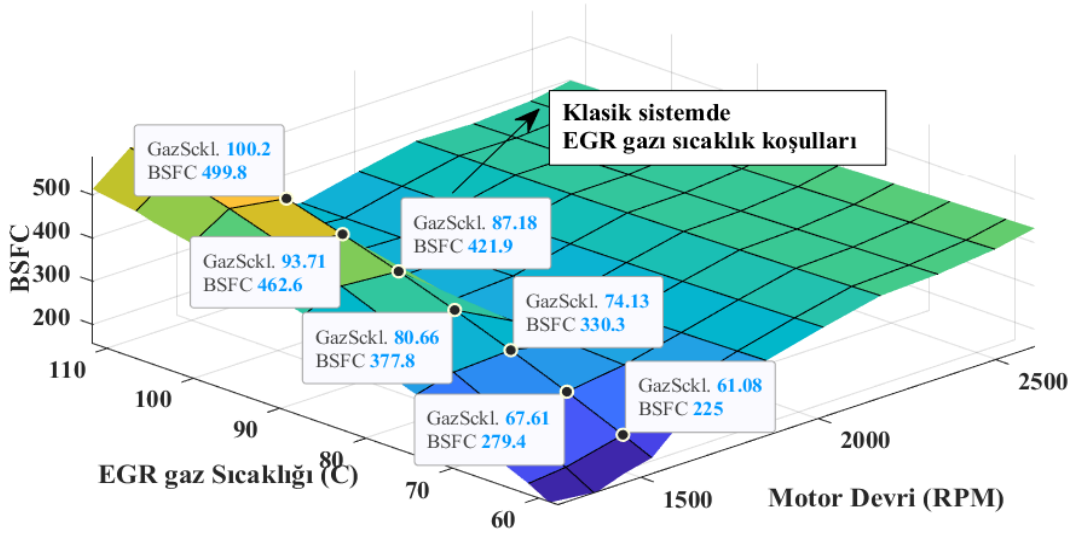
Çizelge 3. Kontrollü EGR soğutma sistemi deney test koşulları.

	OKH	KOKH	R2
NOx	488.0758	22.0924	0.95221
BSFC	533.5064	39.16	0.9737

Bu çalışma kapsamında tasarlanan ANFIS modeli sayesinde seçilen motor çalışma koşulları sınırlarında global bir model elde edilmiştir. Bu model kullanılarak tasarlanan kontrol sistemi için referans Çizelgesi oluşturulabilmektedir. Çünkü istenilen bir çalışma koşulunda NOx ve BSFC çıkış değerlerinin minimize edilmesine göre olması gereken emme manifolduna giren egzoz gazı sıcaklık değeri belirlenebilmektedir. Bu durumu göstermesi için Şekil 11 ile 12’de motor devri ve emme manifolduna giren egzoz gaz sıcaklık giriş değerlerine karşılık elde edilen NOx ve BSFC değişimi üç boyutlu grafiklerle gösterilmiştir. Bu grafiklerde egzoz gaz sıcaklığının NOx ve BSFC üzerindeki etkisi görülebilmektedir. Bu grafiklerin elde edilmesinde EGR oranının etkisi göz önünde bulundurulmamıştır.



Şekil 11. Emme manifolduna giren egzoz gaz sıcaklığının farklı motor çalışma koşulları için NOx üzerindeki etkisi.



Şekil 12. Emme manifolduna giren egzoz gaz sıcaklığının farklı motor çalışma koşulları için BSFC üzerindeki etkisi.

Şekil 11 ve 12’de motor devri ve egzoz gaz sıcaklık girdilerine karşılık NOx ve BSFC değerleri gösterilmektedir. Bu grafiklerde seçilen noktalarda sabit motor devir sayısı göz önünde bulundurulmuştur. Her iki grafikte de okla gösterilen kutucuktaki çalışma koşulu klasik sistemi temsil etmektedir. Bilindiği üzere, klasik sistemde EGR eşanjöründen ana motor soğutma akışkanı geçmektedir ve EGR valfinden geçen gazı bu akışkan soğutmaktadır. Ana soğutma akışkanı 90°C olduğundan bu değer okla gösterilmiştir. Grafikte etiketlenen diğer değerler ise bu çalışmada tasarlanan ana sistemden ayrı bir şekilde egzoz gazını soğutmaktadır. Bu sayede gaz sıcaklığının BSFC ve NOx üzerindeki etkisi doğrudan gözlemlenebilmektedir. Ayrıca klasik motor soğutma sistemlerine göre tasarlanan soğutma sistemindeki gaz sıcaklığının ayarlanması ile hem NOx ve hem de BSFC değeri önemli oranda azaltılabilmektedir.

## SONUÇ

Bu çalışmada EGR eşanjörü içinden akan akışkanın debisi için bir kapalı döngü kontrol sistemi tasarlanmış ve bu sayede farklı motor çalışma koşulları için emme manifolduna giren gazın sıcaklığı ayarlanmıştır. Tasarlanan harici EGR soğutma sistemi, soğutucu akışkan debisini ve sıcaklığını kontrol edebilen elektronik kontrollü pompa, aktüatörler ve sıcaklık sensörleri ile donatılmıştır. Çalışma kapsamında öncelikle her bir motor koşulu için referans EGR gaz sıcaklığı belirlenmiştir. Manifolda alınan artık gazın etkisini araştırmak için farklı devir ve yük koşullarında bir deney Çizelgesi hazırlanmıştır. Bu Çizelgenin hazırlanmasında şehir içi trafik koşulları (yoğun olarak kullanılan motor devri ve yükü) göz önünde bulundurulmuştur. Motor devri ile yükün yanı sıra farklı EGR oranı ve gaz sıcaklıkları da belirlenerek motorun NOx ve BSFC verileri kaydedilmiştir. Bu veriler çevrimdışı olarak analiz edilerek toplanan verilere dayalı matematiksel bir model oluşturulmuştur. Model için sezgisel sinirsel bulanık çıkarım sistemi kullanılmıştır. Böylece motor devri, yükü, EGR oranı ve emme manifolduna giren gaz sıcaklık giriş parametreleri kullanılarak seçilen motor çalışma koşulları için global bir model elde edilmiştir. Bu modelin gerçek verilerle uyumu için istatistiksel yöntemlerden faydalanılmış ve model geçerliliği ortalama karesel hata, bu hatanın karekökü ve determinasyon katsayı değerleri kullanılarak ortaya konmuştur. Buna göre ANFIS modeli sırasıyla NOx çıkış parametresi için 488.075-22.0924 ve 0.95221 değerlerine ve BSFC için 533.5064 – 39.16 ve 0.9737 OKH, KOKH ve R<sup>2</sup> değerlerine sahiptir. Bu sonuçlar tasarlanan modelin gerçek verilerle oldukça uyumlu olduğunu göstermiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, karmaşık motor kontrol sistem tasarımları için

haritalama gibi sadece üretici firmaların araştırma-geliştirme (AR-GE) laboratuvarlarında gerçekleştirilebilen kalibrasyonlara gerek duymadan sezgisel makine öğrenmesi yöntemleri kullanarak farklı motor koşullarında EGR oranı ve manifolda giren egzoz gaz sıcaklık verileriyle, emisyon ve yakıt tüketim gibi önemli çıkış parametrelerinin ayarlanması konusunda uygulanabilir global bir yöntem önermektedir.

## TEŞEKKÜR

Yapılan araştırma çalışması Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon birimince desteklenmiştir. Proje Numarası: 2015/362

## KAYNAKLAR

- Abd-Alla GH, 2002. Using Exhaust Gas Recirculation in Internal Combustion Engines: A Review. *Energy Conversion and Management* 43 (8): 1027–42.
- Agarwal D, Singh SK, Agarwal AK, 2011. Effect of Exhaust Gas Recirculation (EGR) on Performance, Emissions, Deposits and Durability of a Constant Speed Compression Ignition Engine. *Applied Energy* 88 (8): 2900–2907.
- Al-Hinti IM, Samhouri A, Al-Ghandoor A, Sakhrieh A, 2009. The Effect of Boost Pressure on the Performance Characteristics of a Diesel Engine: A Neuro-Fuzzy Approach. *Applied Energy* 86 (1): 113–21.
- Hountalas DT, Mavropoulos GC, Binder KB, 2008. Effect of Exhaust Gas Recirculation (EGR) Temperature for Various EGR Rates on Heavy Duty DI Diesel Engine Performance and Emissions. *Energy* 33 (2): 272–83.
- Heywood J, 1988. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. McGraw-Hill Science.
- Lee DY, Seok H, 2018. A Development of Aluminum EGR Cooler for Weight Reduction and Fuel Economy. SAE International.
- Lee SH, Howlett RJ, Walters SD, Crua C, 2007. Modeling and Control of Internal Combustion Engines Using Intelligent Techniques. *Cybernetics and Systems* 38 (5–6): 509–33.
- Maiboom A, Xavier T, Jean-François H, 2008. Experimental Study of Various Effects of Exhaust Gas Recirculation (EGR) on Combustion and Emissions of an Automotive Direct Injection Diesel Engine. *Energy* 33 (1): 22–34.
- Mariani F, Grimaldi CN, Battistoni M, 2014. Diesel Engine NO<sub>x</sub> Emissions Control: An Advanced Method for the O<sub>2</sub> Evaluation in the Intake Flow. *Applied Energy* 113: 576–88.
- Plee SL, Ahmad T, Myers JP, 1981. Flame Temperature Correlation for the Effects of Exhaust Gas Recirculation on Diesel Particulate and NO<sub>x</sub> Emissions. SAE Technical Paper.
- Sayin C, Ertunc HM, Hosoz M, Kilicaslan İ, Canakci M, 2007. Performance and Exhaust Emissions of a Gasoline Engine Using Artificial Neural Network. *Applied Thermal Engineering* 27 (1): 46–54.
- Thangaraja J, Kannan C, 2016. Effect of Exhaust Gas Recirculation on Advanced Diesel Combustion and Alternate Fuels - A Review. *Applied Energy* 180 (Supplement C): 169–84.
- Zhao H, Hu J, Ladommatos N, 2000. In-Cylinder Studies of the Effects of CO<sub>2</sub> in Exhaust Gas Recirculation on Diesel Combustion and Emissions. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering* 214 (4): 405–19.
- Zheng M, Reader GT, Hawley JG, 2004. Diesel Engine Exhaust Gas Recirculation—a Review on Advanced and Novel Concepts. *Energy Conversion and Management* 45 (6): 883–900.

**Kahramanmaraş İlinin Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli**Ömer Faruk AY<sup>1</sup>, Ahmet KAYA<sup>2</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada Kahramanmaraş il genelinde büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı kümes hayvan atıklarından elde edilebilecek teorik biyogaz potansiyellerinin belirlenmesi, üretilecek elektrik enerjisinin tespiti ve ilçeler bazında bu potansiyel dağılımı incelenmiştir. Kahramanmaraş'ta biyogaz üretiminde kullanılabilecek yaklaşık 1 milyon 691 bin 310 ton yıl<sup>-1</sup> hayvan gübresi üretildiği teorik olarak belirlenmiştir. Bu atığın tamamının biyogaz üretiminde kullanılması sonucunda yıllık biyogaz miktarı yaklaşık 70 milyon m<sup>3</sup> olarak hesaplanmış ve elde edilen biyogazdan yaklaşık 326 GWh elektrik enerjisi üretilebileceği hesaplanmıştır. İlçeler bazında bu potansiyelin en fazla Onikişubat ilçesinde olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji, Biyogaz, Hayvansal Atık, Kahramanmaraş

**Biogas Potential From Animal Waste Of Kahramanmaraş Province**

**ABSTRACT:** This study aims to examine the theoretical biogas potential in Kahramanmaraş, that derives from cattle, small cattle and poultry and the targeted electric energy with its distribution city wide. It is calculated that approximately 1 million 691 thousand three hundred ten tons of animal waste per year is produced, that can be used in biogas production. The complete use of this animal waste in biogas production would give us 70 million m<sup>3</sup> biogas and this biogas could give 326 GWh electricity. On the basis of districts, it is determined that this potential is highest in Onikişubat districts

**Keywords:** Energy, Biogas, Animal Waste, Kahramanmaraş

<sup>1</sup> Ömer Faruk AY (**Orcid ID:** 0000-0003-4963-7881), Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye. omerfarukay3523@hotmail.com

<sup>2</sup> Ahmet KAYA (**Orcid ID:** 0000-0001-9197-3542), Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ahmet KAYA, e-mail: kaya38@ksu.edu.tr



## GİRİŞ

Enerji, günümüzde insan hayatının vazgeçilmez bir parçası ve dünyadaki sürdürülebilir kalkınma çabalarının en önemli araçlarından biridir. Dünyadaki nüfus artışı, sanayileşme ve bilimsel faaliyetlerin gelişmesi ile enerjiye olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır (Öçal, 2013). Enerji ihtiyacının büyük bölümünü karşılayan fosil yakıtların gün geçtikçe azalması ve dünyanın sahip olduğu petrol, kömür ve doğal gaz gibi fosil yakıtların özellikle 20.yüzyılda yoğun bir şekilde kullanılması ile ozon tabakası incelmeye, asit yağmurları, küresel ısınma gibi sorunların ortaya çıkması, dünyayı belki de geriye dönüşü zor bir çevre kirliliği ile karşı karşıya bırakmaktadır. Bu amaçla fosil kaynaklar yerine, yenilenebilir alternatif enerji kaynakları önemini artırmıştır. En önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından biri de ucuz ve çevre dostu olan biyogazdır. Biyogaz, artık organik maddelerin, havasız fermantasyonu sonucu açığa çıkan, renksiz, kokusuz, havadan hafif, havaya karşı yoğunluk oranı 0.83 ve oktan sayısı 110 olan, parlak mavi bir alevle yanan ve bileşiminin % 60-75'i metan (CH<sub>4</sub>) ve % 25-40'ı da karbondioksit (CO<sub>2</sub>) olan bir gaz karışımıdır (Yokuş, 2011). Biyogaz üretiminde kullanılan başlıca atıklar, hayvansal atıklar (büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan), tarımsal atıklar, gıda atıkları, evsel katı ve sıvı atıklar, endüstriyel atıklar, atık su arıtma tesisi atıkları ve mısır silajı gibi özel olarak yetiştirilen ürünlerdir (Öbekcan, 2014). Elde edilecek biyogaz evsel kullanım olarak yemek pişirmede, ısınmada ve aydınlatmada kullanılabilen gibi tesislere ilave edilebilecek CHP (Kojenerasyon) üniteleri vasıtasıyla elektrik enerjisi, sıcak su ve sıcak hava elde edilebilmektedir (Öçal, 2013). Biyogaz enerjisi üretimi ile ilgili literatürde çeşitli çalışmalar vardır; Clemens ve ark. (2006) büyükbaş ve küçükbaş hayvan gübresi ile patates nişastasını farklı oranlarda ve farklı bekleme sürelerinde inceleyerek biyogaz potansiyelini araştırmışlardır. Yokuş (2011), Sivas ilindeki hayvansal atıklardan yararlanarak yıllık biyogaz miktarı 41 milyon m<sup>3</sup> ve enerji eşdeğeri 917 TJ olarak belirlemiştir. Avcıoğlu ve Türker (2012), Türkiye'de bulunan hayvansal atıklardan yararlanarak biyogaz enerji potansiyelini araştırmıştır. Hayvansal atıklardan toplam yaklaşık 121 milyon ton/yıl atık elde edildiğini ve Türkiye'de elde edilen bu atıkların değerlendirilerek 2 milyar m<sup>3</sup> lük biyogaz enerji potansiyelinin bulunduğunu tespit etmişlerdir. Öçal (2013), Eskişehir ilindeki biyogaz enerji potansiyelini araştırmıştır. Eskişehir ilinde 118 937 adet büyükbaş hayvan bulunduğunu ve mevcut potansiyelin değerlendirilmesi ile günlük yaklaşık 0.3 GWh enerji üretilebileceğini teorik olarak elde etmişlerdir. Tekeli (2014), Türkiye'de hayvansal ve bitkisel atık miktarlarının biyogaz üretim potansiyelini hesaplamıştır. Bu hesaplamalara göre hayvansal atıkların 6.8 milyar m<sup>3</sup> ve bitkisel atıkların 3.135 m<sup>3</sup> biyogaz üretim potansiyeline sahip olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Öbekcan (2014), Çorum ilinde hayvansal atıklardan yararlanarak yaklaşık 19 milyon m<sup>3</sup> biyogaz ve 430 TJ enerji üretilebileceğini belirlemiştir. Ayhan (2015), Bursa ilindeki 2008-2014 yılları için hayvan gübresinden biyogaz üretim potansiyelini karşılaştırmıştır. 2014 yılı toplam biyogaz potansiyelinin 2008 yılına göre %33 oranında artarak 129 106 dam<sup>3</sup> olduğunu; 2 788 TJ ısı enerjisi ve 271 GWh elektrik enerjisi üretilebileceğini tespit etmiştir. Özsoy ve Alibas (2015), Bursa ilinin hayvan gübresinden biyogaz üretim potansiyelinin yaklaşık 52 milyon m<sup>3</sup> olduğunu ve bunun enerji değerinin yaklaşık 400 GWh olduğunu hesaplamışlardır. Abdeshahian ve ark. (2016), çiftlik hayvanlarından elde edilen atıklar kullanılarak Malezya'nın biyogaz potansiyelini araştırmışlar ve bu enerji değerinin yaklaşık 4.6 milyar m<sup>3</sup> olduğunu ve biyogazdan elde edilen elektrik enerjisini ise 8 270 GWh olarak belirlemişlerdir. Karaca (2016), yalnızca süt sığırı, manda ve yumurta tavuğu hayvan varlıkları kullanılarak Afyon ilinin biyogaz potansiyelini yıllık yaklaşık olarak 85 milyon m<sup>3</sup> olduğunu belirlemiştir. Karaca (2017), Hatay ilinde yalnızca süt sığırı ve yumurta tavuğu hayvan varlıkları kullanılarak yapılan hesaplamada yıllık

yaklaşık olarak 15 milyon m<sup>3</sup> biyogaz üretim potansiyeline sahip olduğunu, bu potansiyelden üretilen enerji miktarının da 37.7 GWh olduğunu tespit etmiştir. Şenol ve ark. (2017) ülkemizde biyogaz için mevcut olan özellikle organik atıklardan oluşan biyokütle kaynaklarını belirlemişlerdir. Baran ve ark. (2017), Adıyaman ilinde küçükbaş, büyükbaş ve kanatlı hayvan varlıkları kullanılarak yapılan hesaplamada yıllık yaklaşık olarak 15 milyon m<sup>3</sup> biyogaz üretim potansiyeline sahip olduğunu belirtmişlerdir. Elde edilen biyogazın değerlendirilmesi ile yaklaşık 70.5 GWh enerji üretiminin mümkün olduğunu ifade etmişlerdir. Karaca ve Öztürk (2017), Osmaniye ilinde sığır, manda ve yumurtlayan tavuk hayvan varlıkları kullanılarak yapılan hesaplamada, yıllık yaklaşık 11 milyon m<sup>3</sup> biyogaz üretim potansiyelinin olduğunu belirlemiştir. Bu gübreden üretilen biyogazın ısı değerini yaklaşık 250TJ ve biyogazdan elde edilen elektrik enerjisini ise 27.8 GWh olarak belirlemişlerdir. Aşçı (2018), Hatay ilinde biyogaz üretimi, biyogaz potansiyeli ve uygulamasını incelemiştir. Bölgede bulunan hayvan sayısından yola çıkarak biyogaz potansiyelini araştırmıştır. Hatay ilinde mevcut şartlar altında hayvansal atıklardan yıllık yaklaşık olarak 52 milyon m<sup>3</sup> lük biyogaz üretileceği belirlenmiş ve bu biyogazın değerlendirilmesi ile 244.31 GWh enerji üretimi gerçekleşeceği sonucuna ulaşılmıştır. Karaca (2018), Türkiye’de bulunan süt sığırları ve yumurta tavuğu hayvan varlıkları kullanılarak yapılan hesaplamada bu hayvanlardan yıllık toplam 92.1 milyon ton gübre elde edildiğini ve yıllık yaklaşık olarak 1.6 milyar m<sup>3</sup> biyogaz üretim potansiyeline sahip olduğunu belirtmiştir. Bu gübreden üretilen biyogazın ısıtma değerini ise yaklaşık 36 700 TJ olarak belirlemiştir. Görmüş (2018) büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvan varlıkları kullanılarak yaptığı hesaplamada Tekirdağ ilinde, hayvan gübrelerinden üretilebilecek biyogazın enerji eşdeğerini yaklaşık 130 212 TJ olarak hesaplamıştır.

Bu çalışmada ise Kahramanmaraş’ta bulunan büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı kümes hayvan varlığından yola çıkılarak yıllık biyogaz üretim potansiyeli teorik olarak belirlenmiştir. Bu potansiyel kullanılarak yıllık elektrik üretim miktarı tespit edilmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

**Çizelge 1.** Kahramanmaraş ili büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları (Kahramanmaraş il Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, 2018)

İLÇELER	Büyükbaş (Adet)	Küçükbaş (Adet)	Kanatlı Kümes (adet)	Toplam (Adet)
AFŞİN	33 250	61 000	49 502	143 752
ANDIRIN	21 500	51 000	25 775	98 275
ÇAĞLAYANCERİT	2 100	33 000	7 628	42 728
DULKADİROĞLU	26 500	25 000	23 063	74 563
EKİNÖZÜ	7 750	11 912	7 642	27 304
ELBİSTAN	38 500	70 600	61 736	170 836
GÖKSUN	19 000	62 000	52 633	133 633
NURHAK	2 200	23 000	7 335	32 535
ONİKİSUBAT	32 550	163 224	66 353	262 127
PAZARCIK	12 000	180 000	24 551	216 551
TÜRKOĞLU	15 890	72 600	59 766	148 256
<b>TOPLAM</b>	<b>211 240</b>	<b>753 336</b>	<b>385 993</b>	<b>1 350 569</b>

Kahramanmaraş ili genel konum itibarıyla Akdeniz bölgesinde yer almaktadır. Komşu illeri ise Adıyaman, Malatya, Sivas, Kayseri, Gaziantep ve Adana’dır. Kahramanmaraş ili Afşin, Andırın, Çağlayancerit, Dulkadiroğlu, Ekinözü, Elbistan, Göksun, Nurhak, Onikişubat, Pazarcık ve Türkoğlu ilçelerinden oluşur. Bu çalışma kapsamında Kahramanmaraş il Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü’ne

ait hayvan varlığı istatistikleri kullanılmıştır (Çizelge 1) (Kahramanmaraş il Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, 2018). Biyogaz üretim potansiyelinin hesaplanmasında büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı kümes hayvan varlığı dikkate alınmıştır.

Kahramanmaraş ilinde toplam büyükbaş hayvan sayısı 211 240'tır. Büyükbaş hayvan varlığının büyük çoğunluğu Elbistan ilçesindedir. Bunu sırasıyla Afşin, Onikişubat, Dulkadiroğlu, Andırın, Göksun, Türkoğlu, Pazarcık, Ekinözü, Nurhak ve Çağlayancerit takip etmektedir. Kahramanmaraş ilinde toplam küçükbaş hayvan sayısı 753 336'tır. Küçükbaş hayvan varlığının büyük çoğunluğu Pazarcık ilçesindedir. Bunu sırasıyla Onikişubat, Türkoğlu, Elbistan, Göksun, Afşin, Andırın, Çağlayancerit, Dulkadiroğlu, Nurhak ve Ekinözü takip etmektedir. Kahramanmaraş ilinde toplam kanatlı kümes hayvan sayısı 385 993'tır. Kanatlı kümes hayvan varlığının büyük çoğunluğu Onikişubat ilçesindedir. Bunu sırasıyla Elbistan, Türkoğlu, Göksun, Afşin, Andırın, Pazarcık, Dulkadiroğlu, Ekinözü, Çağlayancerit ve Nurhak takip etmektedir. Biyogaz üretim miktarlarının ve üretilen elektrik enerjisi miktarlarının hesaplanmasında literatürde verilen istatistikler ve araştırma sonuçları kullanılmıştır (Deniz, 1987; Akbulut ve Dikici, 2004; Ergür ve Okumuş, 2010; Öçal, 2013).

- Büyükbaş hayvanlardan 5.47 ton yıl<sup>-1</sup> gübre,
- 1 ton büyükbaş hayvan gübresinden 33 m<sup>3</sup> biyogaz,
- 1 m<sup>3</sup> biyogazdan 4.7 kWh elektrik enerjisi elde edilmektedir (Ergür ve Okumuş, 2010; Öçal, 2013).
- Küçükbaş hayvandan 0.7 ton yıl<sup>-1</sup> gübre,
- 1 ton küçükbaş hayvan gübresinden 58 m<sup>3</sup> biyogaz,
- 1 m<sup>3</sup> biyogazdan 4.7 kWh elektrik enerjisi elde edilmektedir (Deniz, 1987; Akbulut ve Dikici, 2004)
- Kanatlı hayvandan 0.022 ton yıl<sup>-1</sup> gübre,
- 1 ton kanatlı hayvan gübresinden 78 m<sup>3</sup> biyogaz,
- 1 m<sup>3</sup> biyogazdan 4.7 kWh elektrik enerjisi elde edilmektedir (Deniz, 1987; Akbulut ve Dikici, 2004)

Verilen hayvansal atıklarla ilgili istatistikler, araştırma sonuçları ve biyogazın elektrik enerjisi eşdeğeri değerlerinden yararlanılarak hayvan gübresi, biyogaz üretim miktarı ve elektrik enerjisi üretim miktarlarının hesaplanmasında aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır (Çizelge 2).

**Çizelge 2.** Çalışmada Kullanılan Eşitlikler (Öçal, 2013).

$TGP$ , teorik gübre potansiyeli (ton yıl <sup>-1</sup> );	$TGP = (HS \times HYÜM)$	(1)
$TBP$ , teorik biyogaz potansiyeli (m <sup>3</sup> yıl <sup>-1</sup> );	$TBP = (TGP \times HGEB)$	(2)
$ÜE$ , üretilen enerji (kWh yıl <sup>-1</sup> );	$ÜE = (TBP \times BEEE)$	(3)

$HS$ , hayvan sayısı;  $HYÜM$ , hayvan başına yıllık gübre üretim miktarı (ton yıl<sup>-1</sup>)

$HGEB$ , hayvan gübresinden elde edilen biyogaz (m<sup>3</sup>)

$TBP$ , teorik biyogaz potansiyeli (m<sup>3</sup> yıl<sup>-1</sup>);  $BEEE$ , biyogaz elektrik enerjisi eşdeğeri (kWh)

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Kahramanmaraş ili için Kahramanmaraş il Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü'ne ait verilerine göre büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı kümes hayvan sayılarından elde edilen teorik gübre miktarları, biyogaz potansiyelleri ve üretilen enerji hesaplanmış ve Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Kahramanmaraş ili hayvan sayıları, Teorik gübre potansiyeli, Biyogaz potansiyeli ve Üretilen enerji

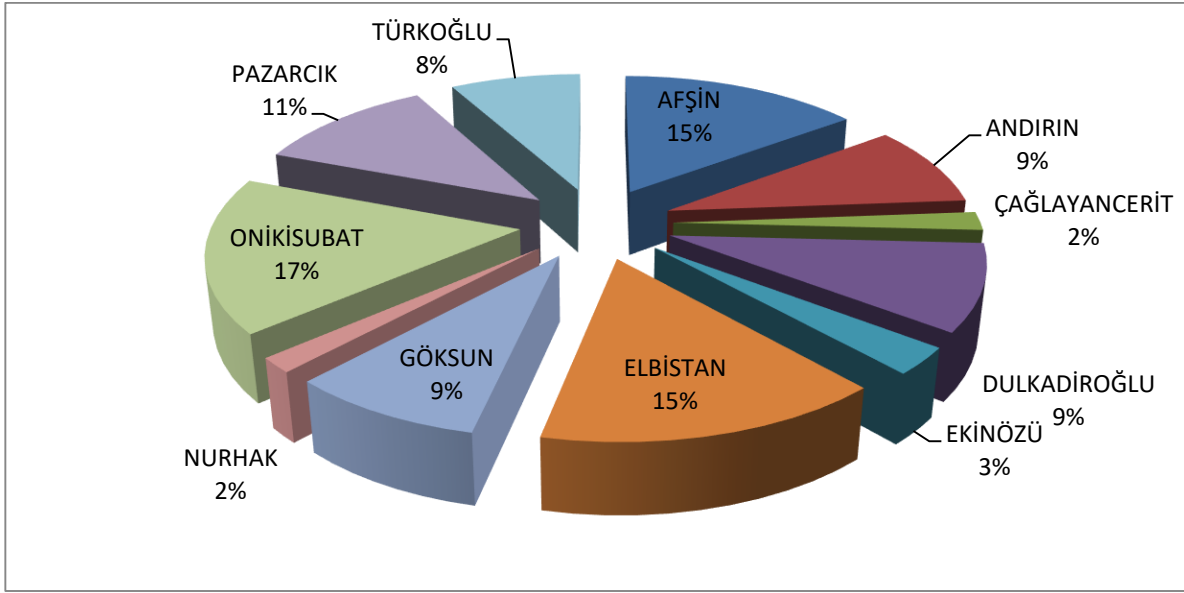
KAHRAMANMARAŞ	Hayvan Sayısı	Teorik Gübre Potansiyeli (ton yıl <sup>-1</sup> )	Teorik Biyogaz Potansiyeli (m <sup>3</sup> yıl <sup>-1</sup> )	Üretilen Enerji (GWh yıl <sup>-1</sup> )
Büyükbaş	211 240	1 155 482.80	38 130 932.40	179.2
Küçükbaş	753 336	527 335.20	30 585 441.60	143.75
Kanatlı Kümes	385 993	8 492	662 363.99	3.12
<b>TOPLAM</b>	<b>1 350 569</b>	<b>1 691 310</b>	<b>69 378 737.99</b>	<b>326.08</b>

Kahramanmaraş ilinde büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı kümes hayvanlarının varlığından biyogaz üretiminde kullanılabilir yaklaşık 1 691 310 ton yıl<sup>-1</sup> hayvan gübresi üretildiği teorik olarak belirlenmiştir. Bu atığın tamamının biyogaz üretiminde kullanılması sonucunda yıllık biyogaz miktarının yaklaşık 70 milyon m<sup>3</sup> olduğu hesaplanmıştır. Kahramanmaraş Onikişubat ilçesi yaklaşık 12.7 milyon m<sup>3</sup> ile en fazla teorik biyogaz potansiyeline sahiptir. Bu ilçeyi sırasıyla Elbistan, Pazarcık ve Afşin ilçeleri takip etmektedir. İl genelinde ki bu potansiyelden üretilen enerji ise yıllık yaklaşık 326 GWh olarak hesaplanmıştır. Bazı araştırmacılar, farklı tür ve sayıda hayvan varlıklarından yararlanarak teorik biyogaz potansiyelini ve enerji değerini; Sivas ilinin biyogaz üretim potansiyelinin yaklaşık 41 milyon m<sup>3</sup> ve enerji değerinin yaklaşık 917 TJ (Yokuş, 2011); Çorum ilinin biyogaz üretim potansiyelinin yaklaşık 19 milyon m<sup>3</sup> ve enerji değerinin yaklaşık 430 TJ (Öbekcan, 2014); Bursa ilinin biyogaz üretim potansiyelinin yaklaşık 52 milyon m<sup>3</sup> ve enerji değerinin yaklaşık 400 GWh (Özsoy ve Alibas, 2015); Malezya'nın biyogaz potansiyelinin yaklaşık 4.6 milyar m<sup>3</sup> ve enerji değerinin 8 270 GWh (Abdeshahian ve ark., 2016); Hatay ilinin biyogaz potansiyelinin (sadece süt sığırı ve yumurta tavuğu varlıkları) 15 milyon m<sup>3</sup> ve enerji değerinin yaklaşık 37.7 GWh (Karaca, 2017); Adıyaman ilinin biyogaz potansiyelinin yaklaşık 15 milyon m<sup>3</sup> ve enerji değerinin yaklaşık 70.5 GWh (Baran ve ark., 2017); Osmaniye ilinin biyogaz potansiyelinin (sadece sığır, manda ve yumurtlayan tavuk) 11 milyon m<sup>3</sup> ve enerji değerinin yaklaşık 27.8 GWh (Karaca ve Öztürk, 2017); Hatay ilinin biyogaz potansiyelinin yaklaşık 52 milyon m<sup>3</sup> ve enerji değerinin yaklaşık 244.31 GWh (Aşçı, 2018); Türkiye'nin biyogaz potansiyelinin yaklaşık 1.6 milyar m<sup>3</sup> ve enerji değerinin yaklaşık 36 700 TJ (Karaca, 2018) olarak belirlemişlerdir. Bu çalışmada elde edilen sonuçların, literatürde verilen çalışma sonuçları ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Çizelge 4. Kahramanmaraş ilçelerine göre hayvan sayısı, gübre potansiyeli, biyogaz potansiyeli ve üretilen enerji

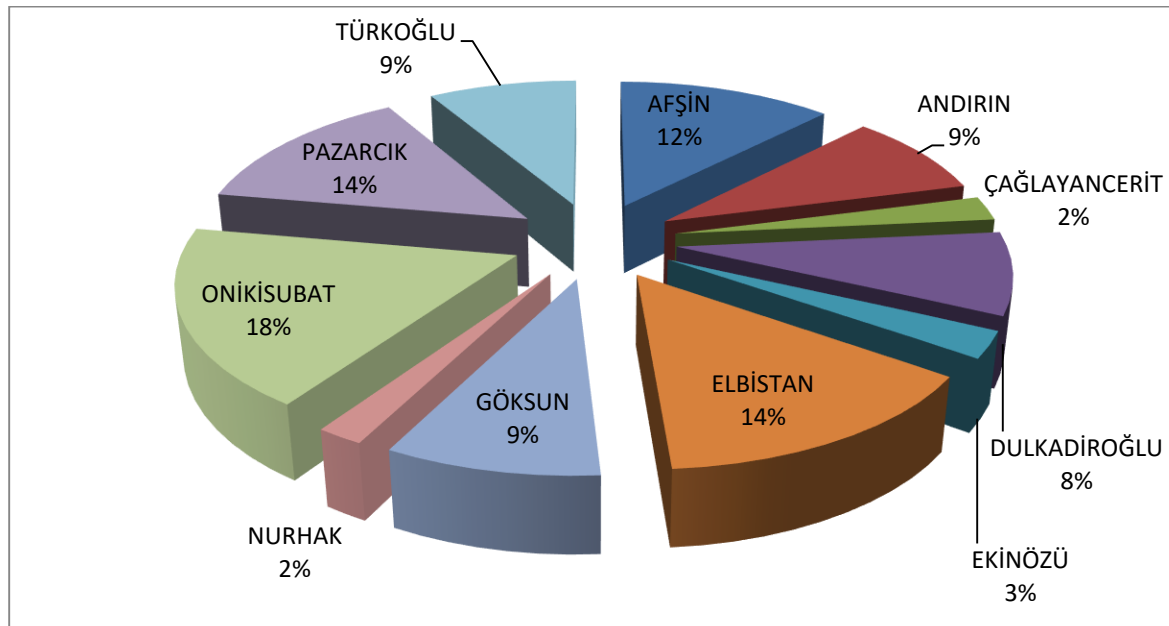
İLÇELER	Hayvan Sayısı	Teorik Gübre Potansiyeli (ton yıl <sup>-1</sup> )	Teorik Biyogaz Potansiyeli (m <sup>3</sup> yıl <sup>-1</sup> )	Üretilen Enerji (kWh yıl <sup>-1</sup> )
AFŞİN	143 752	255 666.54	8 563 502.93	40 248 463.78
ANDIRIN	98 275	153 872.05	5 995 794.90	28 180 236.03
ÇAĞLAYANCERİT	42 737	34 755.01	1 731 976.09	8 140 287.63
DULKADİROĞLU	74 563	162 962.39	5 838 091.11	27 439 028.21
EKİNÖZÜ	27 304	50 899.02	1 895 693.37	8 909 758.85
ELBİSTAN	170 476	261 373.19	9 921 933.98	46 633 089.69
GÖKSUN	133 633	148 487.93	6 037 208.23	28 374 878.67
NURHAK	32 535	28 295.37	1 343 508.86	6 314 491.64
ONİKİSUBAT	262 127	293 765.07	12 616 356.65	59 296 876.26
PAZARCIK	216 551	192 180.12	9 516 249.52	44 726 372.73
TÜRKOĞLU	148 256	139 053.15	5 918 422.36	27 816 585.07
<b>TOPLAM</b>	<b>1 350 569</b>	<b>1 691 310</b>	<b>69 378 737.99</b>	<b>326 080 068.50</b>

Çizelge 4'te Kahramanmaraş ilçelerine göre hayvan sayısı, yıllık üretilen teorik gübre potansiyeli, teorik biyogaz potansiyeli ve üretilen enerji potansiyelleri verilmiştir. Kahramanmaraş Onikişubat ilçesi yaklaşık 59.3 GWh yıl<sup>-1</sup> ile en fazla üretilen enerjiye sahiptir. Bu ilçeyi sırasıyla Elbistan (yaklaşık 46.7 GWh yıl<sup>-1</sup>), Pazarcık (yaklaşık 44.8 GWh yıl<sup>-1</sup>) ve Afşin (yaklaşık 40.3 GWh yıl<sup>-1</sup>) takip etmektedir. Kahramanmaraş ilinin ilçelere göre gübre miktarı, biyogaz potansiyeli ve üretilen enerjinin dağılımı Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 1. Kahramanmaraş ilinin ilçelere göre gübre potansiyelinin dağılımı

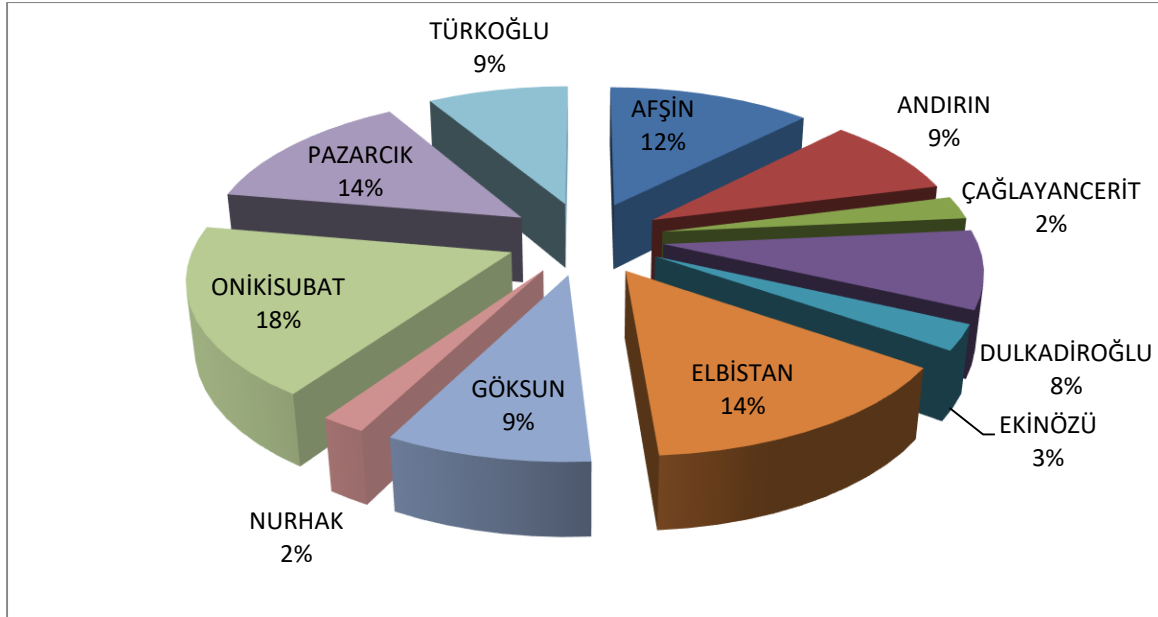
Şekil 1'de Kahramanmaraş ilçelerinde hayvan varlıklarından üretilen yıllık teorik gübre potansiyelinin dağılımı verilmiştir. Yıllık gübre miktarının en çok Onikişubat ilçesinde olduğu görülmektedir. Bu ilçeyi sırasıyla Elbistan, Afşin ve Pazarcık ilçeleri takip etmektedir.



Şekil 2. Kahramanmaraş ilinin ilçelere göre biyogaz potansiyelinin dağılımı



Gübre miktarına bağlı olarak, (2) numaralı eşitlik kullanılarak yıllık biyogaz miktarı hesaplanmış ve en çok biyogaz miktarının Onikişubat ilçesinde olduğu belirlenmiştir. Bu ilçeyi sırasıyla Elbistan, Pazarcık ve Afşin ilçeleri takip etmektedir.



Şekil 3. Kahramanmaraş ilinin ilçelere göre üretilen enerjinin dağılımı

Üretilen enerji miktarını hesaplamada (3) numaralı denklem kullanılmış, elde edilen sonuçların ilçelere göre değişimi Şekil 3'te verilmiştir. Toplam üretilen biyogaz miktarına bağlı olan enerji üretim miktarının en fazla Onikişubat ilçesinde olduğu görülmektedir. Bu ilçeyi sırasıyla Elbistan, Pazarcık ve Afşin ilçeleri takip etmektedir. Kahramanmaraş ilçelerinde biyogazdan üretilen enerji miktarları, ilçelerin elektrik tüketim miktarları (Kahramanmaraş Akedaş Elektrik Dağıtım A.Ş., 2018) ve üretilen enerjinin tüketilen enerjiyi karşılama oranları Çizelge 5'de gösterilmiştir.

Çizelge 5. Kahramanmaraş İlçelerine Göre Üretilen Enerji, Tüketilen Enerji ve Karşılama Oranı

İLÇELER	Üretilen Enerji (GWh)	Tüketilen Enerji (GWh) (Akedaş, 2018)	Karşılama Oranı (%)
AFŞİN	40.25	76.17	52.84
ANDIRIN	28.19	26.4	106.78
ÇAĞLAYANCERİT	8.15	13.17	61.88
DULKADİROĞLU	27.44	1 031.66	2.65
EKİNÖZÜ	8.91	8.34	106.83
ELBİSTAN	46.64	178.83	26.08
GÖKSUN	28.38	41.76	67.95
NURHAK	6.32	6.95	90.93
ONİKİSUBAT	59.3	615.6	9.63
PAZARCIK	44.73	154.39	28.97
TÜRKOĞLU	27.82	337.89	8.23
<b>TOPLAM</b>	<b>326.08</b>	<b>2 491.10</b>	<b>13.08</b>

Çizelge 5'de verilen karşılama oranları incelendiğinde Andırın ve Ekinözü ilçeleri tüketilen enerjinin tamamını karşılamaktadır. Afşin, Çağlayancerit, Göksun ve Nurhak ilçeleri tüketilen enerjinin yarısından

fazlasını karşılamaktadır. Diğer ilçeler (Dulkadiroğlu, Elbistan, Onikişubat, Pazarcık ve Türkoğlu) ise tüketilen enerjinin çok az kısmını karşılamaktadır. Kahramanmaraş il genelinde tüketilen enerjinin yaklaşık %13'ü biyogaz ile karşılanabilmektedir.

## SONUÇ

Bu çalışmada, Kahramanmaraş'ta bulunan büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı kümes hayvan varlığından faydalanılarak yıllık biyogaz üretim potansiyeli ve elektrik üretimi teorik olarak belirlenmiş, elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

1. Kahramanmaraş ilinde büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı kümes hayvan varlığından faydalanılarak yapılan hesaplama göre, yıllık gübre potansiyelinin 1 691 310 ton olduğu ve teorik biyogaz potansiyelinin ise yaklaşık 70 milyon m<sup>3</sup> olduğu tespit edilmiştir.
2. Kahramanmaraş ilinde biyogaz potansiyelinden üretilen teorik enerjinin yaklaşık 326 GWh olduğu belirlenmiştir.
3. Kahramanmaraş ili enerji ihtiyacının yaklaşık % 13'ünün biyogaz enerjisi ile karşılanabildiği tespit edilmiştir.
4. Yıllık gübre potansiyeli, biyogaz potansiyeli ve elektrik üretiminin, en fazla, sırasıyla, Onikişubat, Elbistan, Pazarcık ve Afşin ilçelerinde olduğu görülmüştür.

## KAYNAKLAR

- Abdeshahian P, Lim JS, Ho WS, Hashim H, Lee CT, 2016. Potential of biogas production from farm animal waste in Malaysia", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60(C): 714–723
- Akbulut A, Dikici A, 2004. Elazığ ilinin biyogaz maliyet potansiyeli ve maliyet analizi, *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*, 2(2): 36-41.
- Anonim, 2018. Kahramanmaraş Akedaş Elektrik Dağıtım A.Ş kayıtları, Kahramanmaraş
- Anonim, 2018. Kahramanmaraş Tarım il Gıda ve Hayvancılık Müdürlüğü kayıtları, Kahramanmaraş
- Aşçı MF, 2018. Hatay ili biyogaz enerji potansiyelinin incelenmesi, İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Avcioğlu AO, Türker U, 2012. Status and potential of biogas energy from animal wastes in Turkey, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(3) :1557-1561.
- Ayhan A,2015. Biogas Production Potential from Animal Manure of Bursa Province, *Journal of Agricultural Faculty of Uludağ University*, 29(2): 47-53.
- Baran MF, Lüle F, Gökdoğan O, 2017. Adıyaman ilinin hayvansal atıklardan elde edilebilecek enerji potansiyeli, *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(3): 245–249
- Clemens J, Trimborn M, Weiland P, Amon B, 2006. Mitigation of greenhouse gas emissions by anaerobic digestion of cattle slurry. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 112(2): 171–177.
- Deniz Y, 1987. Türkiye'de Biyogaz Potansiyeli ve Biyogazın Sağlayacağı Yararlar, *Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Ankara Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları*. No:48
- Ergür SH, Okumuş F, 2010. Cost and Potential Analysis of Biogas in Eskişehir, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 15(2): 155-159
- Görmüş C, 2018. Türkiye'deki Hayvan Gübrelerinin Biyogaz Enerji Potansiyelinin Belirlenmesi, *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış)*.

- Karaca C,2016. Determination of Biogas Production Potential and Energy Value from Animal Manure in Turkey (Afyonkarahisar Provincial Example). Proceeding Book of VII. International Scientific Agriculture Symposium, Jahorina,Bosnia and Herzegovina, October 06-09, 2016, pp:1922-1928.
- Karaca C, Öztürk HH, 2017. Biogas Production Potential from Animal Manure in Osmaniye. International Advanced Researches & Engineering Congress,16-18 Kasım2017,Osmaniye
- Karaca C, 2017. Hatay İlinin Hayvansal Gübre Kaynağından Üretilen Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi, Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 22(1):34-39.
- Karaca C, 2018. Determination of biogas production potential from animal manure and GHG emission abatement in Turkey. Int J Agric & Biol Eng, 11(3): 205–210.
- Öbekcan H, 2014. Çorum İlinin Biyogaz Üretim Potansiyelinin Araştırılması, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Öçal F, 2013. Biyogaz enerjisi üretimi ve Eskişehir İli için uygulama, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Özsoy G, Alibas I, 2015. GIS mapping of biogas potential from animal wastes in Bursa,Turkey, Int J Agric & Biol Eng, 8(1): 74–83.
- Şenol H, Elibol EA, Açikel Ü, Şenol M, 2017. Türkiye’de Biyogaz Üretimi İçin Başlıca Biyokütle Kaynakları, BEÜ Fen Bilimleri Dergisi 6(2): 81-92.
- Tekeli M, 2014. Türkiye Biyogaz Potansiyelinin Belirlenerek Isı ve Elektrik Enerjisi Üretimine Uygulanabilirliği, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Yokuş İ, 2011. Sivas İlindeki Hayvansal Atıkların Biyogaz Potansiyeli, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).

## Hibrit Kompozit Yapılarda Nanokil İlavesinin Darbe Davranışına Etkisi

Ümran ESENDEMİR<sup>1\*</sup>, Recep ŞİMŞEK<sup>2</sup>, Mehmet Fahri SARAÇ<sup>1</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada, üç farklı konsantrasyonda (%0, %1, ve %5) amino ve silan ile fonksiyonellendirilmiş nanokil ilaveli cam/aramid elyaf takviyeli epoksi hibrit kompozit plakaların darbe davranışları deneysel olarak incelenmiştir. Darbe testleri ağırlık düşürme prensibi ile çalışan CEAST Fractovis Plus darbe cihazı kullanılarak yapılmış olup testler oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Kuvvet-çökme, absorbe edilen enerji-zaman, hız-zaman ve kuvvet-zaman eğrileri çizilmiş ve her bir eğri kendi içerisinde karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak tüm darbe enerjileri için %1 nanokil takviyeli kompozit numunelerin, %0 ve %5 nanokil içeren kompozit numunelere nazaran darbe direncinin daha iyi olduğu görülmüştür. Ayrıca tüm nanokil oranları için hem darbe uygulanan üst yüzeyde hem de alt yüzeyde hasar bölgesinin artan darbe enerjisi ile arttığı gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Nanokil, darbe enerjisi, hibrit kompozit, düşük hızlı darbe, hasar

### Effect of Nanoclay Addition on Impact Behavior on Hybrid Composite Structures

**ABSTRACT:** In this study, the impact behavior of three different concentrations (0%, 1% and 5%) of amine ve silane functionalized nanoclay added glass/aramid fiber reinforced epoxy hybrid composite plates were experimentally investigated. Impact tests were performed using CEAST Fractovis Plus impact instrument, which works on the principle of vertical dropped weight impact at room temperature. Force-deflection, absorbed energy-time, velocity-time and force-time curves were drawn and each curve was compared against each other. For all impact energies, it was found that 1% nanoclay added hybrid composites had better impact properties than 0% and 5% nanoclay added hybrid composites. As a result, it was seen that the damage zone increased with increasing impact energy both on the impacted surface and on the lower surface for pure and nanoclay added hybrid composites.

**Keywords:** Nanoclay, impact energy, hybrid composite, low velocity impact, damage

<sup>1</sup> Ümran ESENDEMİR (Orcid ID: 0000-0001-6947-9310), Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 32260 Isparta, Türkiye

<sup>2</sup> Recep ŞİMŞEK (Orcid ID: 0000-0002-8425-4862), Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 32260 Isparta, Türkiye

<sup>3</sup> Mehmet Fahri SARAÇ (Orcid ID: 0000-0002-0760-5569), Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 32260 Isparta, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ümran Esendemir, e-mail: umranesendemir@sdu.edu.tr

## GİRİŞ

Klasik mühendislik malzemelerin yerini alan kompozit malzemeler genel olarak üzerlerine gelen darbe yüklerini sönmüleyebildiklerinden darbe dayanımları daha gelişmiş özellikler kazanmıştır. Özellikle havacılık, otomobil, uzay ve savunma sanayinde giderek artan oranda kullanılan kompozitler farklı darbe enerjilerine maruz kalması nedeni ile kompozit malzemelerin yapısı ve içerikleri gitgide önemini arttırmaktadır (Sayer, 2009).

Darbe esnasında, kompozit malzemelerin iç yapısında ortaya çıkan matris çatlağı, fiber kopması veya delaminasyon gibi hasar türleri yapının yük taşıma kapasitesini önemli derecede azaltır. Dışarıdan gözle yapılan rutin kontrollerde sadece küçük bir çatlak şeklinde görünen veya hiç görünmeyen bu hasarlar, kompozit matrisinin görevini yerine getirememesine ve yorulma hasarlarının normal süresinden önce ortaya çıkmasına sebep olabilir (Fidan ve ark., 2011).

Son yıllarda yapılan çalışmalarda; Rahman ve ark. (2018) aramid (keklar)-epoksi kompozitlerin düşük hızlı darbe direnci üzerine nanokil ve gargen ilavesinin etkisini incelemişlerdir. Analizler nanokilin grafene göre darbe dirençleri açısından daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir. Özellikle darbe direnci nanokil ilavesinde % 29 olan artış grafen ilavesinde %7 düzeyinde görülmüştür. Ayrıca nanokil oranı arttıkça (%2, %5 ve %10 ağı.) absorbe edilen enerjinin de arttığını belirtmişlerdir. Rafiq ve ark. (2017) cam elyaf kumaş takviyeli epoksi kompozit malzemelerin darbe dirençlerine nanokil ilavesinin (%1.5 ve %3 ağı.) etkisini incelediklerinde %1.5 ağı. nanokil ilave edilmiş kompozit numunelerde çekme mukavemetinde %23'lük bir iyileşmenin yanında sertlik değerlerinde %11'lik bir artış varlığından söz edilmiştir. Fakat %3'lük nanokil ilaveye sahip numunelerde topaklaşma görüldüğü rapor edilmiştir. Singh ve ark. (2017) etilen propilen dien monomeri (EPDM) içeren epoksi-cam elyaf takviyeli nanokompozitlerde %1 ağı. nanokil ve %2.5-10 ağı. oranlarında EPDM ile güçlendirilmiş yapıların darbe davranışlarını incelemişlerdir. Maksimum darbe dayanımının %5 EPDM'li numunelerde görüldüğü belirtilmiştir. Bahari-Sambran ve ark. (2018) ise farklı ağırlık yüzdelerindeki nanokil (%0, %1, %3, %5 ağı.) ilaveli epoksi/metal matrisli kompozitlerde %3 ağı. nanokil ilavesinde eğilme ve darbe davranışlarının daha iyi sonuçlar verdiğini görmüşlerdir. Mahdi ve ark. (2017) ise hibrit bir karışım olarak karbon nanotüp ve nanokilli kompozit numunelerde farklı darbe enerjileri uyguladıkları numunelerde %0.1 ağı. karbon nanotüp ve %2 ağı. nanokil içeren numunelerin darbe direncine daha dayanıklı olduklarını belirtmişlerdir. Kaştan ve ark. (2015) ise %1, %3 ve %5 ağı. nanokil ilavesi ile kompozit yapıların elastisite modüllerinde sırasıyla %13, %38,6 ve %63 artış meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Kaştan ve ark. (2017) bir sonraki çalışmalarında ise matris malzeme olarak poliamid 6 (PA 6)'ya ilave edilen yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE), nanokil (modifiye edilmiş Montmorillonite) ve Maleic Anhidrid Aşılınmış Polietilen (PE-g-MA) ile üretilen kompozitin termal özelliklerine olan etkileri incelendiğinde nanokilin eklenmesinin genel olarak ergime sıcaklığını yükselttiğini belirtmişlerdir. Ferreira ve ark. (2012), nanokil katkılı epoksi ile güçlendirilen keklar kompozitlerin yorulma davranışlarını incelemiş olup nanokilin epoksi içindeki artışı statik mukavemeti azalttığını ve sertliğini arttırdığını belirtmişlerdir. Nanokil katkılı kompozitin çekme ve yorulma dayanımının nanokil katkısız kompozite göre %12 daha iyi olduğunu fakat üç nokta eğilmeli yorulma davranışlarının ise daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Uyaner ve ark. (2007), cam elyaf takviyeli epoksi kompozitlerde plaka kalınlığının darbe direncine etkisini incelediklerinde ise tabaka kalınlığının artması ile malzeme üzerindeki çökme miktarının azaldığını gözlemlemişlerdir.

Günümüzde otomotiv sektöründen savunma sanayisine kadar geniş bir yelpazede giderek artan bir talepte kullanılan kompozit malzemelerin mukavemetini arttırmak üzerine yapılan çalışmalar son yıllarda oldukça yoğun bir şekilde devam etmektedir. Fakat literatürde cam/aramid elyaf (hibrit)



kompozitlerin fonksiyonelleştirilmiş nanokil ilavesi ile darbe davranışlarının incelendiği bir çalışmaya rastlanılamamıştır. Bu kapsamda yapılan çalışmada fonksiyonellendirilmiş (silan ve amino terminal gruplu) üç farklı ağırlıktaki nanokil ilavesinin (%0, %1 ve %5) cam/aramid hibrit kompozit yapılarına uygulanan düşük enerjili (10J ve 20J) darbe davranışına etkisi deneysel olarak incelenmiştir.

Yukarıdaki belirtilen çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada, yüksek dispersiyon ve homojenlik sağlayan amin ve silan fonksiyonel grubu içeren montmorillonit nanokillerin ilavesinin epoksiler ile karışımı ile hazırlanan hibrit kompozitlerin muadil kompozitlerden daha yüksek darbe direncine ulaşılması beklenmektedir. Farklı konsantrasyonlarda (%0, %1 ve %5) ve iki farklı tabaka kalınlığında (12 ve 20) yapılan darbe test sonuçları kuvvet-çökme, hız-zaman, absorbe edilen enerji-zaman, maksimum kuvvet-maksimum çökme eğrilerinin yanı sıra sertlik ve morfolojik görüntüler ile karşılaştırılmıştır.

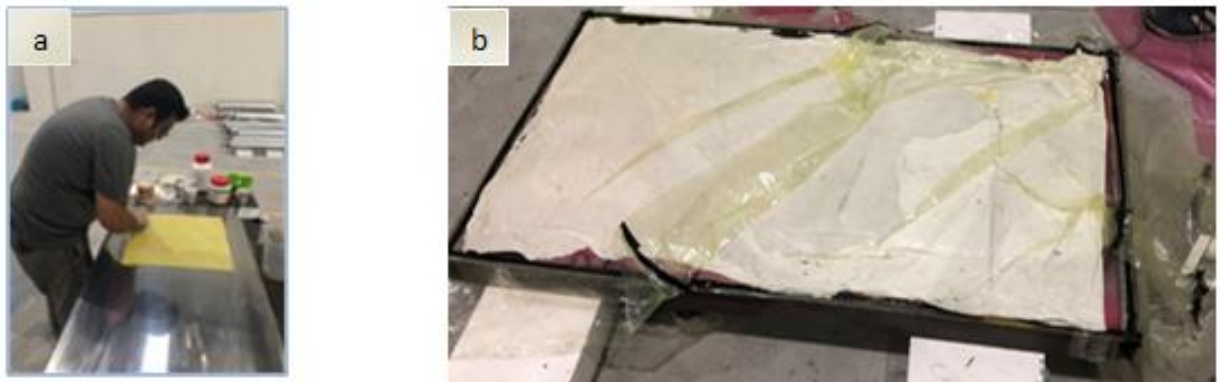
## MATERYAL VE YÖNTEM

### Materyal

Elyaf kumaş olarak Dupont, Türkiye firmasının ürettiği 207 g/m<sup>2</sup> yoğunluğa sahip örgü aramid (Kevlar-49) ile 300 g/m<sup>2</sup> yoğunluğa sahip örgü cam elyaf kumaş kullanılmıştır. Kompozitsan (İzmir) firmasından matris malzemesi olarak F-1564 epoksi ve F-3486 reçine sertleştiricisi temin edilmiştir. Matris malzemesi epoksi, sertleştirici ve nanokil olmak üzere üç bileşenden oluşmaktadır. Takviye malzemesi olarak belirlenen yaklaşık 20µm partikül boyutundan küçük nanokil ise Sigma Aldrich'ten (yüzeyi modifiye edilmiş, ağırlıkça %0.5-5 aminopropiltrioksililan, %15-35 oktadesilamin) alınmıştır.

### Hibrit Kompozit Malzeme Üretimi

Hibrit kompozit plaka üretimi detaylı olarak Usal ve ark. (2020) yaptıkları çalışma da detaylıca belirtilmiştir. Özetle, darbe testi numuneleri 100x100 mm boyutlarında hazırlanmıştır. Epoksi miktarı elyaf/epoksi oranı 1:1 oranı alınarak hesaplanmıştır. Belirlenen ağırlık oranına göre hesaplanan epoksi içerisine (sertleştirici dahil) %0, %1 ve %5 oranlarında nanokil ilave edilmiştir. MS 3040D model mekanik karıştırıcı ile 1250 devirde 1 dakika karıştırılan nanokil ilaveli epoksiler 3 kat aramid ve 1 kat örgü cam elyaf sıralaması olacak biçimde toplamda 12 katman (K3/C1/K3/C1/K3/C1) hibrit kompozit plaka el yatırma yöntemi ile üretilmiştir (Şekil 1a). Hazırlanan numuneler katmanları arasında hava boşluğunu gidermek için 12 saat vakumlama (Şekil 1b) ve ısıl işleme (90°C sıcaklıkta 1 saat süre ile) tabii tutulmuştur. Ayrıca tabaka kalınlığının etkisini de araştırmak için 20 tabakalı (K3/C1/K3/C1/K3/C1/K3/C1/K3/C1) kompozit plaka da üretilmiştir. Her bir set numuneden üçer adet üretilmiş olup 12 ve 20 katmanlı numunelerin tabaka kalınlığı sırası ile 9.5 mm ± %5 ve 16 mm ± %5 (standart sapma) ortalama değerlerindedir.



Şekil 1. Kompozit plakaların (a) hazırlanması, (b) vakumlama işlemine tabii tutulması

## Darbe Testleri

Hibrit kompozitin düşük hızlı darbe testleri oda sıcaklığında serbest ağırlık düşürme prensibine göre çalışan yer tipi sistem kontrollü ve yüksek hızlı çalışan Fractovis Plus marka darbe test cihazında yapılmıştır (Şekil 2). Testler sırasında kullanılan 4.926 kg kütleli vurucunun ucu yarım küre şeklinde olup 12.7 mm çapa sahiptir. Uygulanan darbe enerjisine göre vurma anında vurucunun hızı 10J için 2.85 m/s ve 20 J için 3.49 m/s olarak verilmiştir.



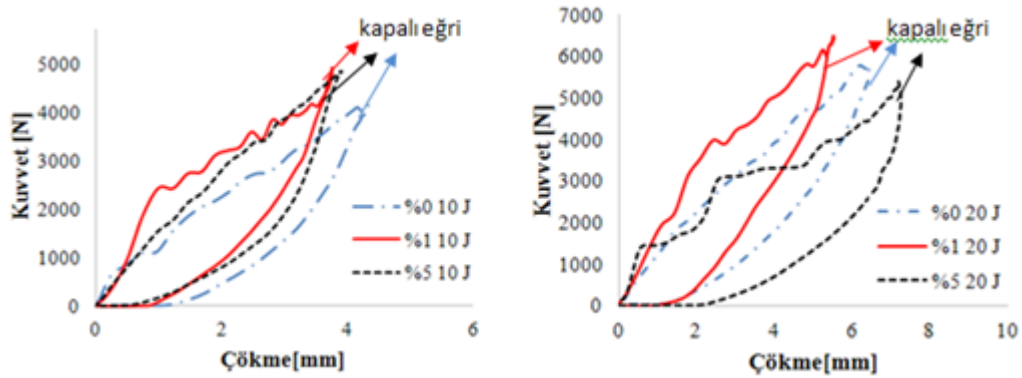
Şekil 2. Serbest Düşme Darbe test cihazı

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Darbe deneyleri farklı nanokil oranlarına sahip kompozit plakalar için 10J ve 20J enerji değerlerinde yapılmıştır. Deneyler sonucunda elde edilen veriler doğrultusunda kompozit plakalara ait kuvvet -çökme eğrileri çizilmiştir (Şekil 3). Kuvvet-çökme eğrileri kapalı ve açık eğri olarak iki tip eğri biçiminde bulunmaktadır. Kapalı eğri biçiminde görülen darbe enerjisi; numuneyi tam nüfuziyet şeklinde hasarına uğratmadığı için darbe ucu numuneden ilk konumuna geri dönmektedir. Darbe ucunun numuneden geri çıkması ile kuvvet-yer değiştirme eğrisi kapanır. Kısacası numune uygulanan darbe enerjisinin bir kısmını elastik enerji olarak harcayabilmektedir. Açık eğri biçiminde ise uygulanan darbe enerjisi numunenin tam nüfuziyete neden olabilecek bir enerji seviyesidir ki bu enerji seviyesinde darbe yüklemesi sonrası darbe ucu numuneden geri dönemez (Fidan ve ark., 2010).

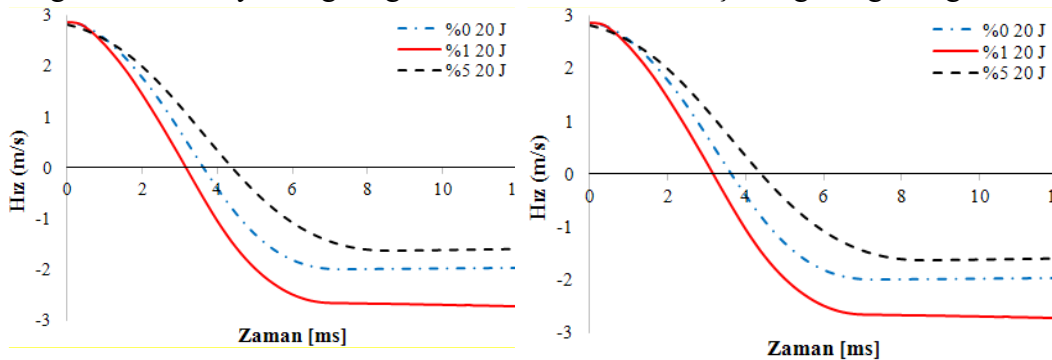
Şekil 3'deki kuvvet-çökme eğrileri incelendiğinde, farklı nanokil oranları için her iki darbe enerjisi değeri için de numunelerinin benzer darbe davranışı gösterdikleri görülmektedir. Kuvvet-çökme eğrilerinin tamamı kapalı bir eğri oluşturmuştur. Eğrinin kapalı olması vurucunun numuneye darbe uyguladıktan sonra numunede herhangi bir delinmenin oluşmadığı anlamına gelmektedir. İki farklı darbe enerji değerlerinde (10J ve 20J), %1 nanokil ilaveli plakaların %0 ve %5'e göre daha fazla

maksimum kuvvet taşıdığı görülmektedir. Ayrıca darbe enerjisi arttıkça kapalı tip eğrinin genişlediği görülmektedir. Bu durum numunedeki deformasyonun ilerlediğinin de bir göstergesidir.



Şekil 3. Farklı nanokil oranlarına göre 10J ve 20J darbe enerjisi uygulanan kompozit numunelerin kuvvet-çökme eğrileri

Şekil 4'de 10J ve 20J darbe enerjisi altında test edilen %0, %1, %5 nanokil ilaveli kompozit plakaların hız-zaman eğrileri verilmiştir. Tüm nanokil oranları ve darbe enerjileri için kompozit plakaların hız-zaman grafiğindeki eğriler negatif bölgeye geçmişlerdir. Bu durum belli bir hıza sahip olan vurucunun numune ile temasından sonra hızında azalma oluştuğu ve vurucunun ters yönde hızlanması ile geri sekme meydana geldiğini ve delinme hasarı oluşmadığının göstergesidir.

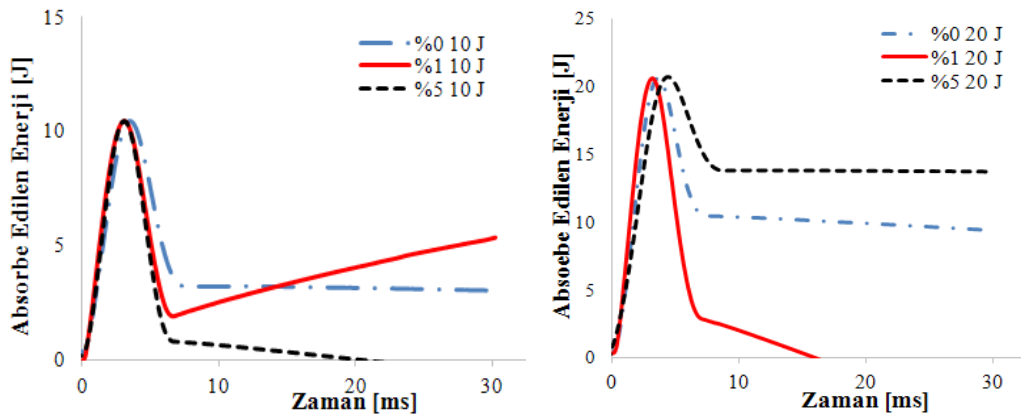


Şekil 4. Farklı nanokil oranlarına göre 10J ve 20J darbe enerjisi uygulanan kompozit numunelerin hız-zaman eğrileri

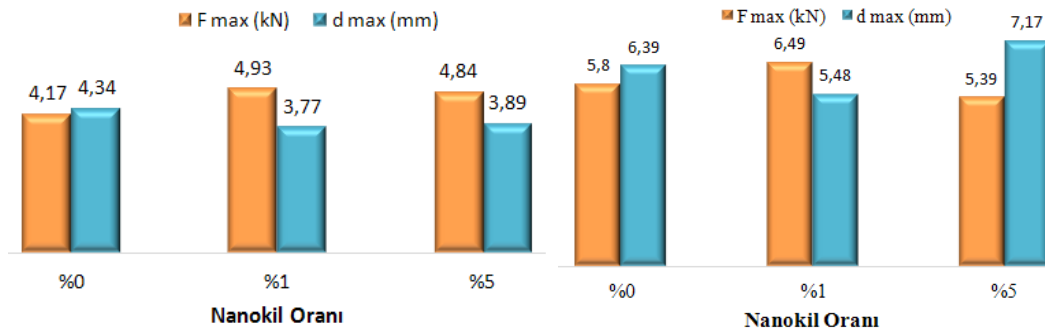
Şekil 5'de ise %0, %1, %5 ağ. nanokil ilaveli kompozit plakaların absorbe edilen enerji-zaman eğrileri verilmiştir. Uygulanan darbe enerjisinin büyük ölçüde numune tarafından absorbe edildiği, diğer taraftan absorbe edilmeyen enerjinin ise geri sekme oluşturduğundan numunede herhangi bir delinme hasarı meydana getirmemiştir.

10J darbe enerjisi için %1 ağ. ve %5 ağ. nanokil ilaveli numunenin %0 ağ. nanokil ilaveli numunelere oranla daha az enerji absorbe ettiği görülmektedir. Ayrıca, 20J darbe enerjisi için ağırlıkça %1 nanokil ilaveli numunenin %0 ağ. ve %5 ağ. nanokil ilaveli numunelere oranla çok daha az enerji absorbe ettiği gözlemlenmiştir. Genel olarak nanokil ilavesi tabakalar arası kayma mukavemetini artırdığından dolayı tabakaların enerji emme kapasitesini azaltmaktadır. Bu sonuç literatürle uyumludur. Alomari ve ark., (2013) nanokilin tabakalar arası kayma dayanımını artırdığı için delaminasyonu azalttığını buna bağlı olarak da absorbe edilen enerjiyi azalttığı öngörüsünü doğrulamaktadır.

Şekil 6'da ise %0, %1, %5 nanokil ilaveli kompozit plakaların 10J ve 20J darbe enerjileri için maksimum kuvvet-maksimum çökme grafikleri verilmiştir. Nanokil ilavesi %1 olan plakalar en çok yük taşıma sağlar iken %1'den daha fazla nanokil ilavesinde numunelerin yük taşıma kapasitelerinin azaldığı görülmektedir. %1 ağ. nanokil ilavesi sertliği artırarak çökmede azalmaya neden olduğu söylenebilmektedir.



Şekil 5. Farklı nanokil oranlarına göre 10J ve 20J darbe enerjisi uygulanan kompozit numunelerin absorbe edilen enerji-zaman eğrileri



Şekil 6. 20J darbe enerjisi altında %0, %1, %5 nanokil ilaveli numunelerin maksimum kuvvet-maksimum çökme grafikleri

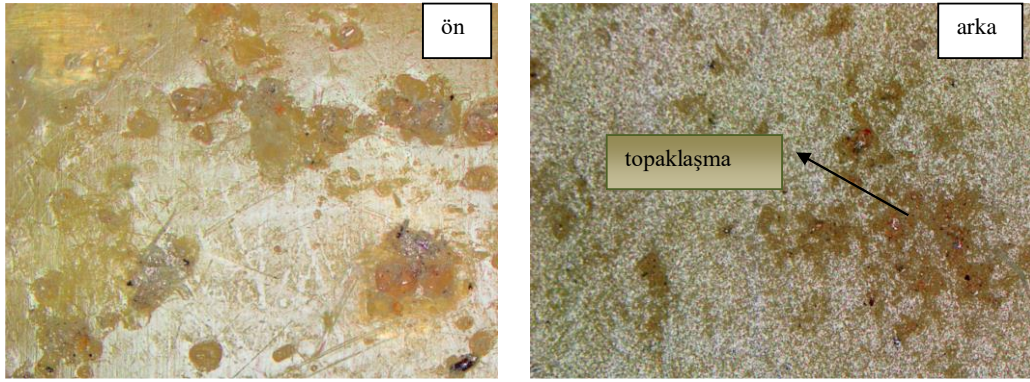
Çizelge 1’de %0, %1, %5 nanokil ilaveli kompozit plakaların Vickers sertlik değerleri verilmiştir (Şimşek, 2019). Rafiq ve ark., (2017) yaptıkları çalışmasında da bilindiği üzere %1,5 nanokil ilaveli kompozitin sertliğinin %3 nanokil ilaveli kompozitin sertliğine göre daha çok olması epoksi içerisindeki kilin topaklanması kaynaklı olduğu belirtilmişti. Reçine ve aramid/cam elyaflar arasındaki yapışmayı azaltan mikro boşluklarında sertliği azalmasına sebep olduğunu da ayrıca gözlemlemişlerdi. Mevcut durum %1 ağırlık nanokil içeren kompozit plakalarda yüksek sertlik değerlerine çıkılması ile doğrulanmıştır. %1 ağırlık üzerinde eklenen nanokil ilavesinin kompozit plakalarda darbe direncinin yanı sıra sertliğini de düşürdüğü ve bununla nanokil etkisi ile elyaf/epoksi boşluklarına sebebiyet verdiği şeklinde yorumlanmaktadır.

Çizelge 1. Farklı nanokil oranlarına sahip kompozit plakaların Vickers sertlik değerleri (HV)

Vicker Sertlik değerleri	%0 ağırlık.	%1 ağırlık.	%5 ağırlık.
	21,75	23,60	21,00

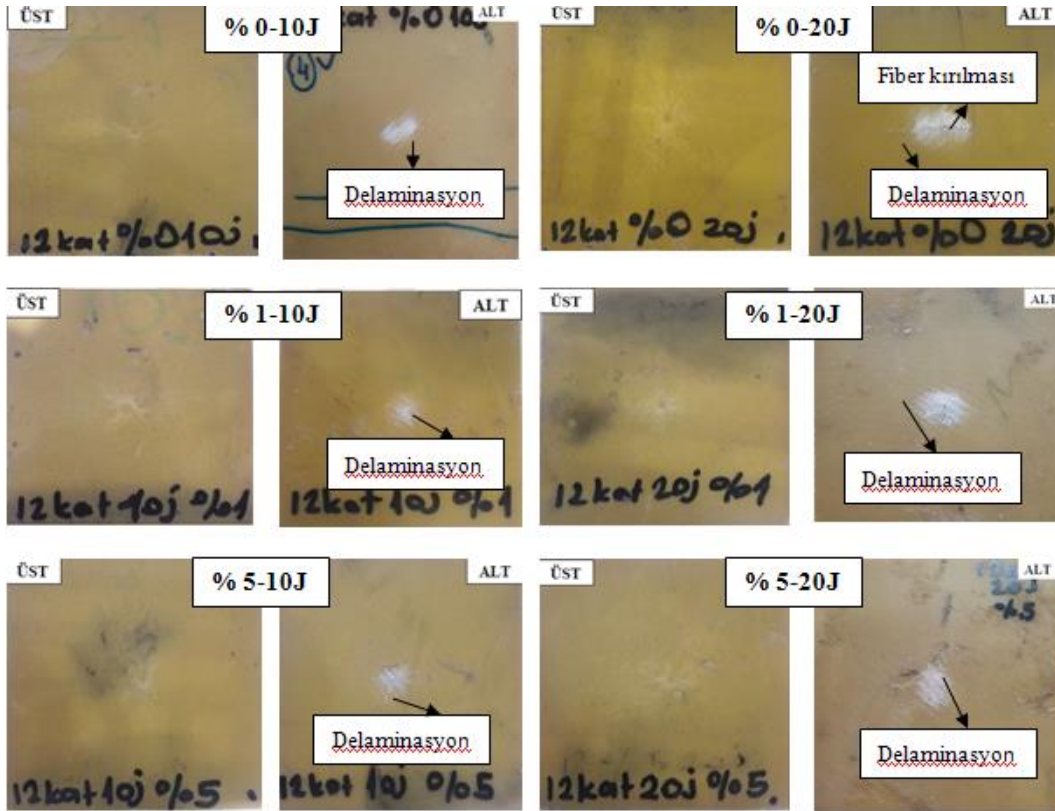
Şekil 7’de %5 nanokil ilaveli kompozit plakalarda üst ve alt yüzeylerine ait optik mikroskop görüntüleri verilmiştir. Darbe testlerde elde edilen sonuçları doğrulayan mikroyapı görüntülerinde nanokil tabakasının matris içerisinde ayrılarak düzgün bir şekilde dağılmamasından dolayı darbe esnasında yükün homojen deformasyon ve yük dağılımını sağlamadığını ispatlamaktadır.





Şekil 7. %5 ağ. nanokil içeren hibrit kompozit yapının ön ve arka yüzeylerine ait optik görüntüsü

Şekil 8'de 10J ve 20 J darbe enerjisi uygulanan farklı nanokil oranlarındaki plakaların darbe sonrası üst ve alt yüzey hasar fotoğrafları görülmektedir. Nanokil ilavesinin delaminasyonları azalttığı görülmüştür. Bu azalma en fazla ağırlıkça %1 nanokil oranına sahip plakalarda görülmüştür. Alomari ve ark., (2013), yaptıkları çalışma sonucunda da düşük nanokil ilaveli numunelerdeki delaminasyonun daha yüksek nanokil oranlı numunelere göre daha az olduğu sonucunu doğrulamaktadır.



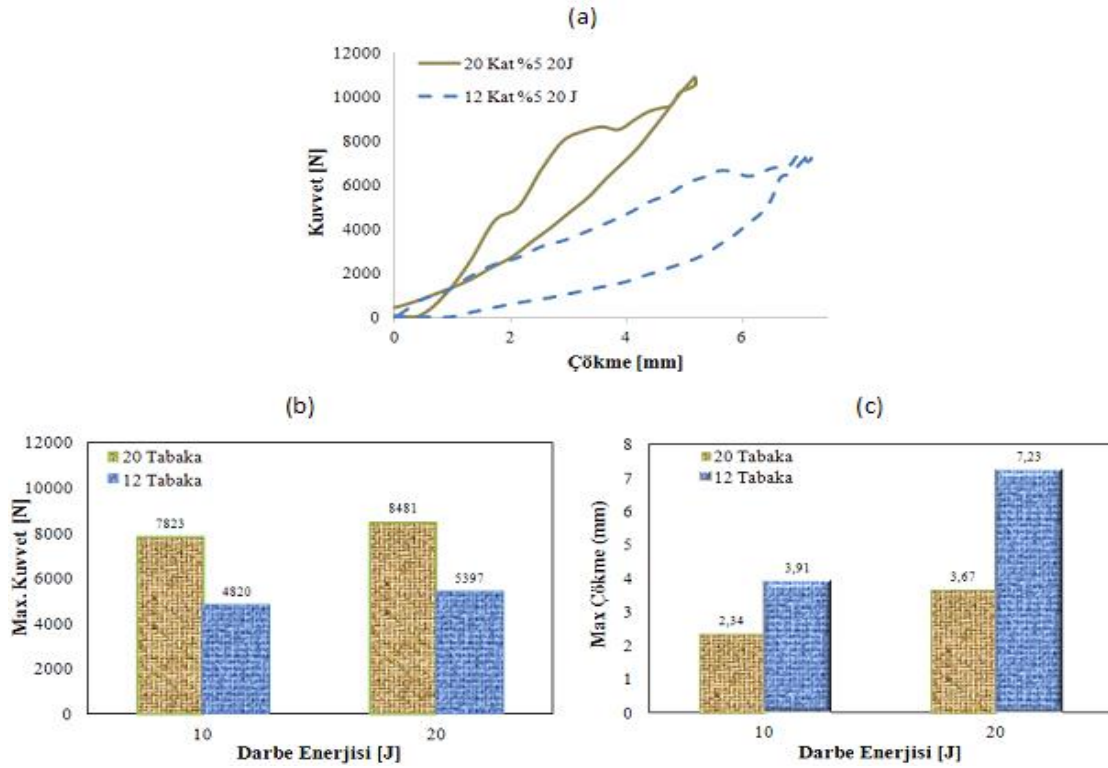
Şekil 8. 10J ve 20J darbe enerjisi uygulanan numunelerin darbe sonrası üst ve alt yüzey hasar fotoğrafları

Şekil 9'da ise %5 nanokil oranına sahip farklı tabaka kalınlıklarına sahip (12 ( $K^3/C^1/K^3/C^1/K^3/C^1$ ) ve 20 tabakalı ( $K^3/C^1/K^3/C^1/K^3/C^1/K^3/C^1/K^3/C^1$ )) kompozitlerin 20J darbe enerjisi altında (a) kuvvet-çökme, (b) maksimum kuvvet, (c) maksimum çökme grafikleri verilmiştir.

Şekil 9a'da kuvvet-çökme grafikleri incelendiğinde her iki tabaka içinde eğrinin kapalı olduğu görülmüştür. Eğrinin kapalı olması tabaka kalınlığında artması ile beraber vurucunun kompozit numune yüzeyinden geri sekme yaptığının ve numunenin daha az hasara uğradığının göstergesidir. Şekil 9b-c'de ise 12 tabakalı numunelerin çökme değerlerinin, 20 tabakalı numunelerin çökme değerlerine nazaran daha fazla olduğu ve 20 tabakalı numunenin yük taşıma kapasitesinin (maksimum kuvvet) daha fazla



olduğu görülmektedir. Tabaka sayısı arttıkça; plaka kalınlığı artmakta buna bağlı olarak da çökme değerleri azalmakta ve darbe dayanımı artmaktadır. Naik ve ark., (2000) yaptıkları çalışma da plaka kalınlığı artması sonucu çökmelerin azalması ve yük taşıma kapasitelerinin artması sonucu ile uyumlu bir sonuç göstermiştir.



Şekil 9. 20J darbe uygulanan %5 nanokil oranına sahip 12 ve 20 tabakalı kompozitlerin (a) kuvvet-çökme, (b) darbe enerjisi- maksimum kuvvet, (c) darbe enerjisi-maksimum çökme grafikleri

## SONUÇ

Fonksiyonelleştirilmiş nanokil (silan ve amine gruplu) ilaveli cam/aramid elyaf-epoksi (hibrit) kompozit plakalar 10J ve 20J darbe enerjilerinde darbe testlerine tabi tutulmuşlardır. Yapılan darbe testleri sonucunda hibrit kompozit plakaların darbe davranışları hakkında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Hibrit kompozit plakalarda, tüm nanokil oranlarında düşük darbe enerjileri için darbe uygulanan yüzeylerde ilk önce ezilme izi ve delaminasyon ile başlayan hasar modu, darbe enerjisinin artmasıyla birlikte fiber kırılmalarının olduğu hasar moduna dönüşmektedir.
- Tüm nanokil oranları için darbe enerjisi arttıkça maksimum kuvvet ve çökme miktarı artmaktadır.
- Tüm nanokil oranları için kompozit plakaların darbe uygulanan üst yüzeyindeki hasar alanı darbe uygulanmayan alt yüzeyin hasar alanından daha küçüktür.
- Tüm nanokil oranları için hem darbe uygulanan üst yüzeyde hem de arka yüzeyde darbe alanı artan darbe enerjisi ile artmıştır.
- Kompozit plakalara sırası ile 10J ve 20J darbe enerjisinde yapılan deneyler sonucunda %1 ağ. nanokil ilaveli numunelerin çökme değerleri %14 ve %14, %5 ağ. nanokil ilaveli numunelerin çökme değeri de %9 azaltırken diğerinde %13 oranında artmıştır.
- Kompozit plakalara sırası ile 10J ve 20J darbe enerjisi uygulandığında %1 ağ. nanokil ilavesinde yük taşıma kapasitesini %19 ve %13 oranında; %5 ağ. nanokil ilavesi de plakaların yük taşıma kapasitesini %16 ve %5 oranında arttırdığı tespit edilmiştir.

- %1 ağırlık oranında nanokil ilave edilen hibrit kompozitlerin sertliği nanokil ilavesiz kompozite göre %9 oranında artış sağlarken %5 ağırlık nanokil ilave edilen hibrit kompozitin sertliği de nanokil ilavesiz kompozite göre %4 oranında azalmıştır.
- Nanokilin tabakalar arası kayma dayanımının artırarak delaminasyonu azalttığı görülmüştür. Bu azalma en belirgin olarak %1 ağırlık nanokile sahip hibrit kompozitte görülmüştür.
- 20 tabakalı kompozit plakaların çökme değeri 12 tabakalı numunelere göre 10J darbe enerjisi için yaklaşık % 59.84; 20J darbe enerjisi için ise %50.76 daha küçüktür. Plaka kalınlığı azaldıkça yük taşıma kapasitesi düşmekte ve çökme değerleri artmakta dolayısıyla darbe dayanımı azalmaktadır.
- Darbe enerjisi azaldıkça maksimum kuvvet (12 tabakalı plakalar için yaklaşık %92.24 ve 20 tabakalı plakalar için %89.3) ve çökme miktarı (12 tabakalı plakalar için yaklaşık % 63.7; 20 tabakalı plakalar için %54) azalmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Alomari A, Aldajah S, Hayek S, Moustafa K, Haik Y, 2013. Experimental investigation of the low speed impact characteristics of nanocomposites, *Materials Design*, 47, 836-841.
- Bahari-Sambran F, Eslami-Farsani R, Chirani SA, 2018. The flexural and impact behavior of the laminated aluminum-epoxy/basalt fibers composites containing nanoclay: An experimental investigation, *Journal of Sandwich Structures & Materials*, 1-21.
- Ferreira JAM, Reis P, Costa JDM, Richardson MOW, 2012. Fatigue behaviour of kevlar composites with nanoclay-filled epoxy resin. *Journal of Composite Materials*, 47 (15), 1885-1895.
- Fidan S, Sımmazçelik T, Bora MÖ, Çoban O, 2010. Düşük hızlı darbe yüklemeleri sonucu kompozit malzemelerde ortaya çıkan hasar mekanizmaları, *Mühendis ve Makine*, 51 (611), 1-8.
- Fidan S, Avcu E, Sımmazçelik T, 2011. Cam fiber takviyeli polyester kompozitte tekrarlı darbe yüklemeleriyle oluşan hasar mekanizmaları, I. Ulusal Ege Kompozit Malzemeler Sempozyumu, 17-19 Kasım 2011.
- Kaştan A, Yalçın Y, Ünal H, Talaş Ş, 2015. PA 6/ YYPE / Nanokil kompozitlerin mekanik özelliklerinin incelenmesi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 15 (1), 9-20.
- Kaştan A, Yalçın Y, Talaş Ş, 2016. Nano katkıların polimerlerin sürtünme katsayısına etkisi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16, 231-243.
- Kaştan A, Yalçın Y, Ünal H, Talaş Ş, 2017. Nanokil katkılı poliamid 6 / yüksek yoğunluklu polietilen kompozitlerin termal özelliklerinin incelenmesi, *Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32:1, 89-99
- Mahdi TH, Islam ME, Hosur MV, Jeelani S, 2017. Low-velocity impact performance of carbon fiber-reinforced plastics modified with carbon nanotube, nanoclay and hybrid nanoparticles. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 36(9), 696-713.
- Naik NK, Meduri S, Sekher YC, 2000. Polymer matrix woven fabric composites subjected to low velocity impact: Part II- Effect of plate thickness, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 19 (13), 1031-1055.
- Rahman AS, Mathur V, Asmatulu R, 2018. Effect of nanoclay and graphene inclusions on the low-velocity impact resistance of Kevlar-epoxy laminated composites, *Composite Structures*, 187, 481-488.
- Rafiq A, Merah N, Boukhili R, Al-Qadhi M, 2017. Impact resistance of hybrid glass fiber reinforced epoxy/nanoclay, *Polymer Testing*, 57, 1-11.
- Sayer M, 2009. Hibrit Kompozitlerin Darbe Davranışının İncelenmesi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 134s, Denizli.
- Singh K, Nanda T, Mehta R, 2017. Addition of nanoclay and compatibilized EPDM rubber for improved impact strength of epoxy glass fiber composites, *Composites Part A.*, 103, 263-271.
- Şimşek R, 2019. Cam-Kevlar Elyaf /Epoksi Hibrit Kompozitlerin Darbe Davranışları Üzerine Fonksiyonellendirilmiş Nanokil İlavesinin Etkisi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 76s, Isparta.
- Usal MR, Taşlıdere M, Saraç MF, 2020. Titanyum Karbür (TiC) Takviyeli Epoksi ile Güçlendirilmiş Hibrit Kompozitlerin Çarpma Davranışının Deneysel ve Sayısal İncelenmesi, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8, 18-32.
- Uyaner M, Kara M, Ataberk N, 2007. E Cami/epoksi tabakalı kompozitlerin düşük hızlı darbe davranışına numune boyutlarının etkisi, 8. Uluslararası Kırılma Konferansı Bildiriler, Kitabı, , 7-9 Kasım, İstanbul, 361-368.

## Investigation of the Effect of Cutting Parameters on the Surface Roughness Value in the Machining of AISI 4140 Steel with Taguchi Method

Oğur İYNEN<sup>1</sup>, Abidin ŞAHİNOĞLU<sup>2</sup>, Mustafa ÖZDEMİR<sup>3</sup>, Volkan YILMAZ<sup>4</sup>

**ABSTRACT:** AISI 4140 steel material has a wide range of usage in the industry. Before this material is hardened, rough turning is performed. Besides the surface roughness value is very important in terms of machinability. In this experimental study, the effect of cutting parameters on surface roughness ( $R_a$  and  $R_z$ ) during the turning of AISI 4140 steel was analyzed using the Taguchi method. This study, Taguchi L9 was designed in 3 different cutting speeds (100, 140 and 180 m min<sup>-1</sup>), 3 different feed rates (0.08, 0.12 and 0.16 mm rev<sup>-1</sup>), and 3 different depth of cut (0.5, 0.9 and 1.3 mm). In the analysis of experimental data, S/N (signal/noise) ratios and variance analysis were used to analyze the effect of cutting parameters on the surface roughness value. The degrees of influence on  $R_a$  according to S/N ratios are the feed rate ( $f$ ), cutting speed ( $V$ ), and depth of cut ( $a$ ), respectively, from large to small. On  $R_z$ , the effects of cutting parameters respectively were observed to be in  $f$ ,  $a$ , and  $V$ . The  $f$  on surface roughness values ( $R_a$  and  $R_z$ ) was found to have an effect of 99.34% and 98.47%, respectively.

**Keywords:** Taguchi method, Surface roughness, Machinability

<sup>1</sup>Oğur İYNEN (Orcid ID: 0000-0003-1096-1836), Bozok University, Faculty of Engineering, Mechanical Engineering, Yozgat, Turkey

<sup>2</sup>Abidin ŞAHİNOĞLU (Orcid ID: 0000-0003-0040-442X), Department of Mechanical and Metal Technology, Çankırı Karatekin University, Çankırı, Turkey,

<sup>3</sup>Mustafa ÖZDEMİR (Orcid ID: 0000-0002-7340-0940), Department of Machine and Metal Technology, Vocational School of Technical Sciences, Yozgat Bozok University, Yozgat,

<sup>4</sup>Volkan YILMAZ (Orcid ID: 0000-0002-8937-6527), Gazi University, Faculty of Technology, Manufacturing Engineering, Ankara, Turkey

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mustafa ÖZDEMİR, e-mail: mustafa.ozdemir@bozok.edu.tr

Geliş tarihi / Received: 13-05-2020

Kabul tarihi / Accepted: 18-08-2020

## INTRODUCTION

With the development of technology, in addition to dimensional integrity, surface quality has emerged as an important factor in modern metal removal methods. With the advances in machine technologies, it has required its machines to be more efficient. Thus, the lifetimes of the machines are extended and these machines provide lower energy consumption during their operation. It is provided with low surface roughness in the machines with lower energy consumption and longer machine life. An important indicator of surface quality is the low surface roughness value. Therefore, it is desired to have a low surface roughness value especially in machine parts that contact each other. A good surface quality ensures that the friction force is reduced in machine parts that come into contact with each other. Thus, the amount of friction-related wear decreases on the surfaces moving inside each other. Temperature formation is minimized with low friction. Therefore, not only energy loss is reduced, but the machines are provided to work properly. Because of the decrease in temperature, less expansion occurs in the machine parts. Expansion in machine parts can cause machines to become unusable. Therefore, friction and temperature in machine parts are undesirable. This is the main reason why surface roughness value is important in the machining process. In turn, it is important to select the appropriate cutting parameters to achieve high cutting performance and dimensional accuracy. Selecting appropriate cutting parameters in machining depends on the tool-workpiece material pair, cutting conditions, machine tool, and cutting tool (Daim et al., 2008; Shaw, 1984; Nalbant and Gökçaya, 2007; Asiltürk and Akkuş, 2011; Das et al., 2017; Das et al., 2015; Motorcu et al., 2016). The cutting parameters affect the surface roughness, surface structure, and dimensional deviations of the machine part. Surface roughness is the result of cutting parameters such as tool geometry (tool radius, edge geometry, angle, etc.) and cutting parameters ( $V$ ,  $f$ ,  $a$ , etc.) (Özel and Karpuz, 2005; Chavoshi and Tajdari, 2010). Generally, cutting parameters are tried to be obtained by using the trial and error method for the desired dimensional accuracy. However, these processes increase the machining times and increase workplace costs. When the researches investigate in recent years are examined, the Taguchi technique and response surface method (RSM) are used differently from these methods. Thus, by trying a minimum number of experiments, optimum cutting parameters were determined. Reis et al. analyzed the wear behavior and cutting performance of coated cermet insert and carbide inserts in turning of AISI 4140 steel using variance analysis (Reis et al., 2019). Şahinoğlu and Rafighi examined the machinability properties of AISI 4140 material. In the study, the effect of cutting parameters on vibration, sound intensity, current value, and surface roughness value was investigated. According to the results of the experiment, it has been determined that the most effective parameter on the surface roughness is the  $f$ . (Şahinoğlu and Rafighi, 2020). Suresh et al. investigated the effect of  $V$ ,  $f$ ,  $a$  and cutting time in turning of AISI 4340 hardened steel on cutting forces, tool wear and surface roughness by using RSM (Suresh et al., 2012). Hessainia et al. conducted a study on the estimation of surface roughness in turning processes of 42CrMo4 material on cutting parameters and tool vibration. The surface roughness model was prepared by using RSM (Hessainia et al., 2013). Asiltürk and Çunkaş carried out a study on estimating and modeling of surface roughness during turning operations using artificial neural networks and multiple regression method (Asiltürk and Çunkaş, 2011). Yadav et al; examined the effects of AISI 1045 material on the surface roughness value in CNC turning. In the study, Taguchi L27 experimental design, signal/noise ratio, and ANOVA were used in analyzing the data (Yadav et al., 2012). Gunay, In the process of turning AISI 316L material, the effect of cutting parameters on cutting force and surface roughness value was analyzed. The experiment was designed with Taguchi L9 and the effects of cutting parameters were analyzed with the help of ANOVA (Günay, 2013).

It is very important to determine the optimum cutting parameters according to the relationship between the insert, workpiece material, and cutting parameters in machining. Therefore, despite the many studies, the effect of cutting parameters on the surface roughness value is still an important research subject in the machining of AISI 4140 material with TCMT 16T304 NN LT 1000 insert. In this experimental study, the effect of parameters on surface roughness values was analyzed using the Taguchi L9 orthogonal array. The effects of cutting parameters on surface roughness values were determined by using S/N ratios and variance analysis. Optimization was completed by determining the optimum cutting parameters.

In this experimental study, the effect of cutting parameters on surface roughness values was examined in detail. AISI 4140 steel material is generally preferred in hard turning operations. Therefore, very low feed, depth of cut and cutting speed are preferred. However, since most of the turning was the part of the material before hardening, the material without heat treatment was processed in this experimental study. Thus, it is aimed to make a new contribution to the existing literature studies by expanding the processing conditions of AISI 4140 Steel.

## MATERIALS AND METHODS

### Materials

In this experimental study, the effect of cutting parameters on the surface roughness (Ra and Rz) of the AISI 4140 steel on the CNC lathe was analyzed using the Minitab 16.0 software program. The chemical composition of the material used in the experimental study is shown in Table 1.

**Table 1.** Chemical composition of AISI 4140 steel used in the experiments.

Constituent	Percentage present (%)
C	0.41
Mn	0.83
Si	0.21
Cr	0.9
S	0.026
P	0.029
Mo	0.18

### Experimental procedure

In turning experiments, CNC lathe with GOODWAY GS-260Y model in engine power of 15 kW was used. In turning tests, TCMT 16T304 NN LT 1000 inserts made by the LAMINA Technology Company were used together with TTJNL 2525 M16 type tool holder. In cutting tools, tool radius and feed rate are the most effective parameters on the surface roughness value. In this experimental study, the cutting tool with a 0.4 mm tip radius was preferred. Tools with low tip radii have lower strength. but suitable for machining low strength steels. Low tip radius provides low radial forces. Tools with low tool radii are particularly preferred at low depths of cut. Therefore, it is machined with tool with 0.4 mm tool radius in non-hardened AISI 4140 steel material. The tool used was preferred because it provides a good cutting by minimizing chip and tool friction due to the TiN Coating. Also, since the hardness of the workpiece material was not high, a very good tool performance was obtained with coated carbide tools. This tool was preferred to obtain a good surface quality with long tool life. The workpiece length is 240 mm and the machined diameter is 80 mm, it is machined by connecting between the chuck and the tailstock. In the experimental study, while doing 9 experiments, it is aimed to keep the diameter unchanged and to perform a constant speed for the same cutting speed. 9 experiments were carried out



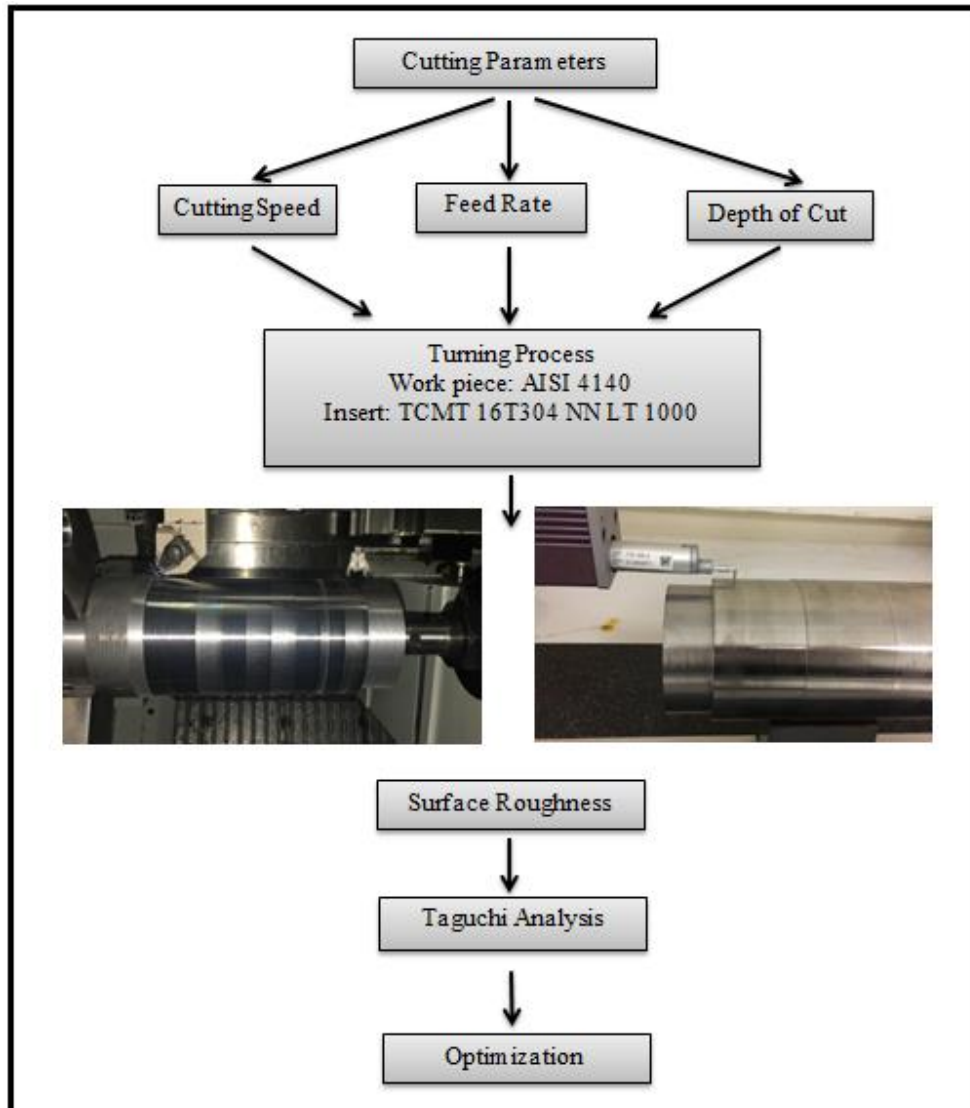
on the workpiece surface at a distance of 20 mm. Therefore, the total length 240 mm was chosen. Thus, a distance of 180 mm was machining. The experiments are carried out by dry turning without the use of coolant. Therefore the cooling fluid's harmful effect has been minimized. Besides, in the coated tool, AISI 4140 low friction force that occurs while machining the material reduces the temperature formation. Therefore, machining experiments have been carried out without the use of coolant. The test setup and surface roughness measuring device used in the experimental study are shown in Figure 1. For average surface roughness measurements, the Mitutoyo SJ-400 model surface roughness measuring device was used. Due to the turning standard, 3 samples were taken from each sample, 5 measurements were taken for each surface roughness value, and the values were obtained by calculating the arithmetic mean. Surface roughness was measured according to ISO 4287 standard (According to ISO 4287 standard, the cut-off length of  $\lambda_c = 0.8$  mm was chosen because the maximum  $f$  was  $0.16 \text{ mm rev}^{-1}$  (between  $0.13\text{-}0.4 \text{ mm rev}^{-1}$ ).

The profile roughness parameters device was calibrated at certain intervals before the measurement. Calibration value was made according to the roughness block with  $R_a=2.94 \text{ }\mu\text{m}$ . Profile roughness measurement was made on the workpiece in 15 mm length. Therefore, the distance of the cut of length was determined as 0.8. Measurements were made in three different points by rotating the workpiece. Average  $R_a$  and  $R_z$  values were obtained by taking the arithmetic averages of these measurements.

The Taguchi experiment design method is an experimental design method that minimizes the number of experiments that makes experimental studies shorter and easier. The Taguchi method is an experimental design method developed by Dr. Genichi Taguchi. This method has been widely used in the European and American industries after the 1980s. Thanks to this method, the optimization of long and expensive experiments can be done with fewer experiments compared to the full factorial method. Taguchi technique is a method that can determine the effectiveness of the parameters, reduce the duration of the experiment and reduce the cost. While preparing the experimental study plan, the parameters to be used in the experiments and their levels are determined. Then, the system is created by selecting the orthogonal arrays suitable for their degrees of freedom. The S/N ratio is converted into performance characteristics for the interpretation of the experimental studies. The most used performance characteristics are the smallest (the smallest, the best), the biggest best (The biggest, the best), and the nominal best (Nominal best). In determining the S/N values in this study, since the profile roughness values are desired to be the smallest, the formula corresponding to the "smallest best" principle given in Equation 1 was used (Ross, 1988; Gür et al., 2019; Savaş et al., 2016).

$$S / N = -10 \cdot \log \left( \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n Y_i^2 \right) \quad (1)$$

In the study, three different  $V$  value ( $100 \text{ m min}^{-1}$ ,  $140 \text{ m min}^{-1}$  and  $180 \text{ m min}^{-1}$ ),  $f$  ( $0.08 \text{ mm rev}^{-1}$ ,  $0.12 \text{ mm rev}^{-1}$  and  $0.16 \text{ mm rev}^{-1}$ ) and  $a$  ( $0.5 \text{ mm}$ ,  $0.9 \text{ mm}$  and  $1.3 \text{ mm}$ ) were used as cutting parameters. While determining the cutting parameters, the results of the tool catalogs, existing literature studies, and preliminary experiments were used. While the classical method requires  $3^3 = 27$  experiments, 9 experiments were designed using the Taguchi L9 vertical array (Table 2).



**Figure 1.** Experimental setup and profile roughness measuring device

**Table 2.** Cutting parameters and their levels

Factors	Symbol	Unit	Level 1	Level 2	Level 3
Cutting speed	$V$	$\text{m min}^{-1}$	100	140	180
Feed rate	$f$	$\text{mm rev}^{-1}$	0.08	0.12	0.16
Depth of cut	$a$	mm	0.5	0.9	1.3

## RESULTS AND DISCUSSION

The effect of cutting parameters ( $V$ ,  $f$ , and  $a$ ) on the profile roughness during turning of AISI4140 material was analyzed using Taguchi L9 vertical array. Optimum cutting parameters were determined using S/N ratios on profile roughness values (Table 3). When S/N ratios were examined, optimum cutting parameters on profile roughness parameters  $R_a$  and  $R_z$  were determined as at  $180 \text{ m min}^{-1}$  cutting speed ( $V_3$ ),  $0.08 \text{ mm rev}^{-1}$  feed rate ( $f_1$ ), and  $1.3 \text{ mm}$  depth of cut ( $a_3$ ). S/N ratios of profile roughness values obtained in optimum cutting parameters were determined as  $R_a \text{ S/N} = -1.58362$  and  $R_z \text{ S/N} = -16.3909$ . In the cutting parameter  $V_3-f_3-a_2$ , the maximum  $R_a$  and  $R_z$  values were determined as  $2.99 \mu\text{m}$  and  $13.4 \mu\text{m}$ , respectively. It was determined that  $R_a$  and  $R_z$  value obtained with cutting parameter  $V_3-f_1-a_3$  decreased the roughness values of 249% and 203% compared to the parameter  $V_3-f_3-a_2$ .

**Table 3.** L9 orthogonal array, results and S/N ratios for Profile roughness

Number of Test	Cutting Parameters			Measured		S/N Ratios	
	V	f	a	Ra ( $\mu\text{m}$ )	Rz ( $\mu\text{m}$ )	Ra (dB)	Rz (dB)
1	100	0.08	0.5	1.32	7.3	-2.41148	-17.2665
2	100	0.12	0.9	2.07	9.4	-6.31941	-19.4626
3	100	0.16	1.3	2.97	13	-9.45513	-22.2789
4	140	0.08	0.9	1.31	7.3	-2.34543	-17.2665
5	140	0.12	1.3	2.12	9.5	-6.52672	-19.5545
6	140	0.16	0.5	2.9	12.8	-9.24796	-22.1442
7	180	0.08	1.3	1.2	6.6	<b>-1.58362</b>	<b>-16.3909</b>
8	180	0.12	0.5	2.06	9.1	-6.27734	-19.1808
9	180	0.16	0.9	2.99	13.4	-9.51342	-22.5421

The radius of the tool used is 0.4 mm. The recommended  $f$  for a good surface is 1/4 of the tool radius. Therefore, the  $f$  should not exceed  $0.4/4 = 0.1 \text{ mm rev}^{-1}$ . Therefore, an excessive increase in profile roughness of  $0.16 \text{ mm rev}^{-1}$  was observed. In this experimental study, this roughness value can also be accepted as the rough turning is done. On profile roughness values (Ra and Rz), the effect levels of the cutting parameters S/N are shown in Table 4 and Table 5. When Table 4 is examined, it was determined that the level 3 of cutting speed (V3) was effective at the rate of S/N -5,791 dB, level 1 of feed rate (f1) -2,114 dB and level 3 of depth of cut (a3) -5,855 dB. According to the L9 orthogonal array, the optimum cutting parameters on Ra were determined as V3-f1-a3. The impact values of the cutting parameters on Ra are in order of importance from bigger to small;  $f$  was determined as  $V$  and  $a$ . The effect of the  $f$  is the most on the profile roughness values. Because the increase in the  $f$  increases the height between the helix canals and the pits. Therefore, the profile roughness value is high. Optimum cutting parameters on Rz value Level 3 of cutting speed (V3, S/N : -19.66 dB), level 1 of feed rate (f1, S/N : -2.114 dB) and level 3 of depth of cut (a3, S/N : -19.41 dB) (V3-f1-a3). The significance of cutting parameters on Rz was determined as the  $f$ ,  $a$  and  $V$ , respectively (Table 5).

**Table 4.** Response Table for S/N Ratios for Ra

Factors	Level 1	Level 2	Level 3	Delta( $\delta$ )	Rank
V ( $\text{m min}^{-1}$ )	-6.062	-6.040	-5.791	0.271	2
f ( $\text{mm rev}^{-1}$ )	-2.114	-6.374	-9.406	7.292	1
a (mm)	-5.979	-6.059	-5.855	0.204	3

**Table 5.** Response Table for S/N Ratios for Rz

Factors	Level 1	Level 2	Level 3	Delta( $\delta$ )	Rank
V ( $\text{m min}^{-1}$ )	-19.67	-19.66	-19.37	0.30	3
f ( $\text{mm rev}^{-1}$ )	-16.97	-19.40	-22.32	5.35	1
a (mm)	-19.53	-19.76	-19.41	0.35	2

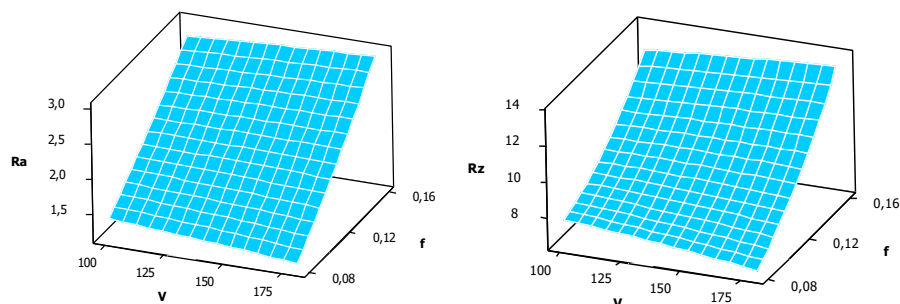
The contribution rates of the cutting parameters on the profile roughness parameters (Ra and Rz) are shown in Table 6. When the table is analyzed, it was determined as a result of ANOVA, that the  $f$  on the Ra and Rz was the most effective factor. The effects of  $f$  were 99.39% and 98.47% respectively on the profile roughness. When the semantic value was examined in terms of  $p < 0.05$ , the  $f$  was significant, while the  $V$  and  $a$  were found to be meaningless. It has been determined that the  $V$  and  $a$  parameters on Ra and Rz have low effective rates. Unless the  $a$  and  $V$  values are far outside the recommended values for the tool, it is anticipated that these parameters will not have much effect on the profile roughness value because the measured profile roughness value is a longitudinal measurement result of the axis.

The greatest effect on the axis length occurs with the  $f$ . The change in chip depth and  $V$  has a transverse effect on the workpiece. Therefore, the amount of feed affects the fluctuation that occurs along a longitudinal line of the workpiece. According to the results of the analysis of the profile roughness values,  $R_a$  regression value was obtained as  $R^2=99.6$ ,  $R^2$  (adj) = 98.5. It was found that the  $R^2$  value was 98.5% as the  $R^2$  value was recalculated by removing the variables that were insignificant from the model. For  $R_z$  value,  $R^2$  value was determined as 99.3%, and the Adj SS value as 97.2%. Therefore, the obtained values are close to each other, and high proved the accuracy of the model.

**Table 6.** ANOVA Results for Taguchi L9 Experiment Design

a-ANOVA Results of $R_a$							
Factors	SD	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P	% Katkı
V	2	0.1355	0.1355	0.0677	0.45	0.688	0.17
f	2	80.5162	80.5162	40.2581	269.34	0.004	99.39
a	2	0.0635	0.0635	0.0318	0.21	0.825	0.08
Error	2	0.2989	0.2989	0.1495			0.37
Total	8	81.0141					100.00
<b>S= 0.3866 <math>R^2</math>=% 99.6 <math>R^2</math>(adj)= % 98.5</b>							
b- ANOVA Results of $R_z$							
V	2	0.1696	0.1696	0.0848	0.54	0.647	0.39
f	2	43.0115	43.0115	21.5057	138.22	0.007	98.47
a	2	0.1881	0.1881	0.0940	0.60	0.623	0.43
Error	2	0.3112	0.3112	0.1556			0.71
Total	8	43.6803					100.00
<b>S=0.3945 <math>R^2</math>=% 99.3 <math>R^2</math>(adj)=% 97.2</b>							

The 3D surface graph showing the relationship between cutting parameters and surface roughness values ( $R_a$  and  $R_z$ ) is shown in Figure 2-Figure 4. Figure 2 shows the effect of  $V$  and  $f$  on the profile roughness values. As the  $V$  increases, the temperature in the cutting zone will increase, so chip formation becomes easier and profile roughness improves (Özdemir, 2019; Koçak, 2011). When the literature is examined, it shows that the profile roughness value will increase proportionally with the square of the  $f$  ( $R_a=0.321f^2/R$ ). It is known that with increasing  $f$ , the temperature increases due to friction in the cutting area, and the resulting heat concentrates on the tool-chip and tool-workpiece interface (Tekaslan et al., 2008; Öktem et al., 2005; Wang and Feng, 2002; Turgut and Çakmak, 2019; Akkurt, 1998; Demir and Özlü, 2009; Özerkan, 2018). Increasing  $R_a$  and  $R_z$  values is an expected result since permanent stresses will increase on the treated surface with increasing progress. Minimum profile roughness values were obtained at low  $f$  and high  $V$  value.



**Figure 2.** Effects of  $f$  and  $V$  on profile roughness

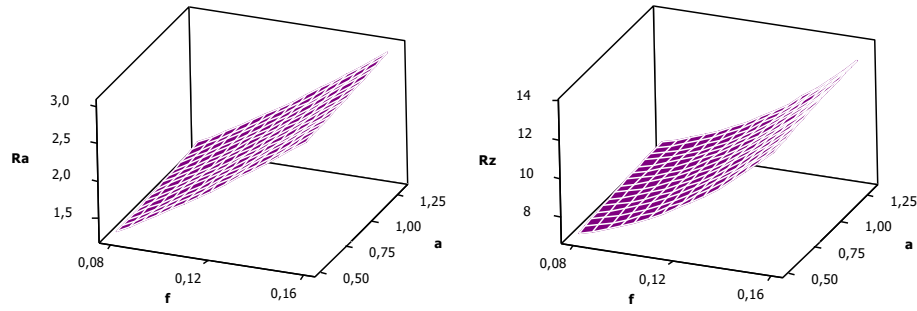


Figure 3. Effects of  $f$  and  $a$  on profile roughness

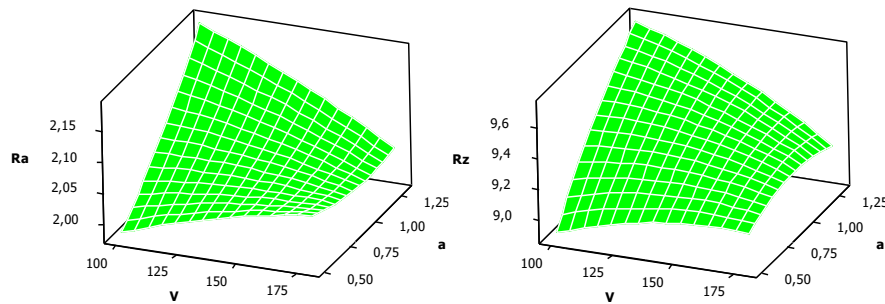


Figure 4. Effects of  $V$  and  $a$  on profile roughness

With the  $f$ – the  $a$  (Fig. 3) and  $V$  - the  $a$  (Fig. 4), the temperature increases in the cutting area, and the cutting tool wears depending on the structure of the cutting tool material. Tool wear causes increased cutting forces and, consequently, increased profile roughness with increased vibration (Özdemir, 2019). With the advance amount and depth of cut pair (Fig. 3), as the  $V$  and  $a$  (Fig. 4) increase, the temperature increases in the cutting area, and the cutting tool wears depending on the structure of the cutting tool material. Tool wear causes the cutting forces to increase and consequently the profile roughness to deteriorate with increasing vibration.

Using the Taguchi optimization method, the optimal results of profile roughness ( $R_a$  and  $R_z$ ) values were obtained in the experimental study. By making ANOVA analysis, the effective rates of cutting parameters on the profile roughness value were determined. The final step of the optimization process is to perform verification experiments and test the validity of the optimization process. As a result of Taguchi optimization, the parameter group ( $V3-f1-a3$ ), which gives the optimal profile roughness value, was obtained. When the results estimated by the verification experiments and the experimental results are compared, it is seen that high convergence values are obtained (Table 7).

Table 7. Comparison of the prediction and experimental results

Cutting Parameters	Levels	Values of $R_a$ ( $\mu\text{m}$ )		Values of $R_z$ ( $\mu\text{m}$ )	
		Prediction	Experimental	Prediction	Experimental
Cutting Speed	180				
Feed rate	0.08	1.25	1.20	6.82	6.60
Depth of cut	1.3				

In the experimental study conducted, although the feed rate is the most effective parameter on the surface roughness value, some studies have also shown that the cutting speed or depth of cut is more effective. In such studies, the lack of rigidity of the machine tool or the fact that the workpiece is not rigid enough affects the experimental results. In this study, as in many previous studies, it is an expected result that the surface roughness value increases with increasing feed rate. The rigidity of the machine



tool, the short length of the tool, the connection of the workpiece between the chuck and the tailstock provided a clear view of the effects of cutting parameters on the surface roughness value.

### Conclusions

As a result of turning AISI 4140 steel with TCMT 16T304 NN LT 1000 insert, the Taguchi L9 experiment design was made to determine the effect of  $V$ ,  $f$ , and  $a$  parameters on the profile roughness value. The test results obtained were analyzed with S/N ratios and RSM. The results obtained after the experiments are given below.

- When S/N ratios are examined, optimum cutting parameters on profile roughness parameters Ra and Rz are determined at  $180 \text{ m min}^{-1}$  cutting speed (V3),  $0.08 \text{ mm rev}^{-1}$  feed rate (f1), and 1.3 mm depth of cut (a3).
- According to ANOVA results, it was determined that the most effective factor on the profile roughness values was the feed rate, while the  $V$  and  $a$  had a low impact.
- An improvement in profile roughness values was observed with increasing  $V$ , while a tendency to deteriorate in the quality of the surfaces with an increasing  $f$  was detected.
- When the results predicted as a result of the optimization are compared with the experimental results, it was determined that Ra 96% and Rz 96.77% high convergence values were obtained.

### REFERENCES

- Akkurt M, 1998. Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgâhları. Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Asiltürk İ, Akkuş H, 2011. Determining the effect of cutting parameters on surface roughness in hard turning using the Taguchi method, Measurement 44:1697-1704.
- Asiltürk İ, Çunkaş M, 2011. Modeling and prediction of surface roughness in turning operations using artificial neural network and multiple regression method, Expert Systems with Applications, 38:5826-5832.
- Chavoshi SZ, Tajdari M, 2010. Surface roughness modelling in hard turning operation of AISI 4140 using CBN cutting tool, Int J Mater Form 3:233-239.
- Daim JP, Gaitonde VN, Karnik SR, 2008. Investigations into the effect of cutting conditions on surface roughness in turning of free machining steel by ANN models, Journal of materials processing technology 205:16-23.
- Das SR, Dhupal D, Kumar A, 2015. Study of surface roughness and flank wear in hard turning of AISI 4140 steel with coated ceramic inserts, Journal of Mechanical Science and Technology 29:4329-4340.
- Das SR, Panda A, Dhupal D, 2017. Analysis of surface roughness in hard turning with coated ceramic inserts: Cutting parameters effects, prediction model, cutting conditions optimization and cost analysis, Ciência e Técnica Vitivinícola 32:127-154.
- Demir H, Özlü B, 2009. Sertleştirilmiş 30MnVS6 mikroalaşımli çeliğin kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü açısından işlenebilirliğinin araştırılması. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 25:262-271.
- Gür AK, Taşkaya S, Özay Ç, 2019. Ramor 500 Çeliğinde Isıl İşlemin Mikroyapı, Mikrosertlik ve Abrasiv Aşınma Direncine Etkisinin Taguchi Metoduyla Değerlendirilmesi, BEÜ Fen Bilimleri Dergisi 8:1045-1056.
- Günay M, 2013. AISI 316L çeliğinin işlenmesinde takım radyüsü ve kesme parametrelerinin Taguchi yöntemiyle optimizasyonu. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 28:437-444.

- Hessainia Z, Belbah A, Yallese MA, Mabrouki T, Rigal JF, 2013. On the prediction of surface roughness in the hard turning based on cutting parameters and tool vibrations, *Measurement* 46:1671-1681.
- Koçak H, 2011. GGG 90 Küresel Grafitli Dökme Demirin İşlenebilirliğinin Kesme Kuvvetleri Yüzey Pürüzlülüğü ve Takım Aşınması Açısından Değerlendirilmesi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, M. Sc. Thesis, Ankara.
- Motorcu AR, Işık Y, Kuş A, Çakır MC, 2016. Analysis of The Cutting Temperature and Surface Roughness During The Orthogonal Machining of AISI 4140 Alloy Steel Via The Taguchi Method, *Materials and technology* 50:343-351.
- Nalbant M, Gökkaya H, Sur G, 2007. Application of Taguchi method in the optimization of cutting parameters for surface roughness in turning, *Materials and Design* 28:1379-1385.
- Öktem H, Erzurumlu T, Kurtaran H, 2005. Application of response surface methodology in the optimization of cutting conditions for surface roughness. *Journal of Materials Processing Technology* 170:11-16.
- Özdemir M, 2019. Optimization with Taguchi Method of Influences on Surface Roughness of Cutting Parameters in CNC Turning Processing, *Mechanika* 25:397-405.
- Özel T, Karpat Y, 2005. Predictive modeling of surface roughness and tool wear in hard turning using regression and neural networks, *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 45:467-479.
- Özerkan H, 2018. Tornada Oluşan Yüzey Pürüzlülüğünün Yorulma Ömrüne Etkisinin Teorik Değerlendirilmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi* 33:189-198.
- Reis BCM, Santos JDS, Santos NFPD, Camara MA, Faria PE, Abrao AM, 2019. Cutting performance and wear behavior of coated cermet and coated carbide tools when turning AISI 4340 steel, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 105:1655-1663.
- Ross PJ, 1988. *Taguchi Techniques for Quality Engineering*, Mc-Graw-Hill, New York
- Savas V, Ozay C, Ballikaya H, 2016. Experimental investigation of cutting parameters in machining of 100Cr6 with tangential turn-milling method. *Adv. Manuf.* 4:97-104.
- Shaw MC, 1984. *Metal Cutting Principles*, Oxford University Press Oxford.
- Suresh R, Basavarajappa S, Gaitonde VN, Samuel GL, 2012. Machinability investigations on hardened AISI 4340 steel using coated carbide insert, *Int. J. Refract. Metals Hard Mater.* 33:75–86.
- Şahinoğlu A, Rafiği M, 2020. Investigation of Vibration, Sound Intensity, Machine Current and Surface Roughness Values of AISI 4140 During Machining on the Lathe, *Arabian Journal for Science and Engineering* 45:765-778.
- Tekaslan Ö, Gergen N, Şeker U, 2008. CNC torna tezgahında AISI 304 çeliklerin işlenmesinde optimum yüzey pürüzlülüğünü sağlayacak kesme parametrelerinin tespiti. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 16:97-104.
- Turgut Y, Çakmak I, 2019. Investigation of the Effect of Chip Breaker Form on Surface Roughness and Cutting Forces in AISI 1040 Steel Milling. *GU J Sci, Part C* 7:482-494.
- Yadav UK, Narang D, Attri PS, 2012. Experimental Investigation and Optimization of Machining Parameters for Surface Roughness In CNC Turning By Taguchi Method. *International Journal of Engineering Research and Applications* 2:2060-2065.
- Wang X, Feng CX, 2002. Development of empirical models for surface roughness prediction in finish turning. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 20:348-356.

## Giyilebilir Hareket Sensörü Kullanılarak Dinamik Model ile Üst Uzun Eklemeleri Üzerine Etkiyen Kuvvetlerin ve Torkların Belirlenmesi

Mithat YANIKÖREN<sup>1\*</sup>, Sezcan YILMAZ<sup>2</sup>, Bilal USANMAZ<sup>3</sup>, Selim TEZGEL<sup>4</sup>, Mehmet YAZAR<sup>5</sup>,  
Ömer GÜNDOĞDU<sup>6</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada günlük hayatta en sık kullanılan vücut bölümlerinin başında gelen üst uzuvlara ait omuz ve dirsek eklemlerindeki kuvvet ve tork değerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Denekten dik konumda iken masada duran belirli bir yükü alması kendisine yaklaştırması ve geri bırakması istenmiştir. Deneğin bu görevi yerine getirirken gerçekleştirdiği hareketler esnasında omuz ve dirseğinde meydana gelen eklem kuvvet ve torklarının belirlenebilmesi için Newton-Euler metodu kullanılarak dinamik bir model oluşturulmuştur. Eklemelerine ait konum verilerinin ölçülmesinde giyilebilir hareket sensörleri kullanılmıştır. Bu sensörlerden alınan hareket verileri ile oluşturulan dinamik model kullanılarak eklemlerdeki tork ve bağ kuvveti değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen hesaplama sonuçları karşılaştırmalı olarak değerlendirilerek eklem kuvvet ve torklarının hangi durumlarda arttığı ve ne gibi tedbirlerle azaltılabileceği ortaya konulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Dinamik Model, Giyilebilir Hareket Sensörü, Ters Dinamik, Üst Uzun

### Determination of the Forces and Torques Acting on the Upper Limb Joints with Dynamic Model Using Wearable Motion Sensors

**ABSTRACT:** In this study, it was aimed to determine the forces and torques acting on the shoulder and elbow joints of the upper limbs, which are the most commonly used body parts in daily life. The subject was asked to take a certain load on the table while standing upright, bring him closer to himself and leave it back. A dynamic model was created using the Newton-Euler method to determine the joint force and torque occurring in the shoulder and elbow during the movements performed by the selected subject while performing this task. Wearable motion sensors were used to measure the location data of the joints. The torque and link force values in the joints were calculated using the dynamic model created with the motion data received from these sensors. The calculation results obtained were evaluated comparatively and it was revealed in which cases the forces and torques acting on the joints increased and what measures could be reduced.

**Keywords:** Dynamic Model, Wearable Motion Sensor, Inverse Dynamic, Upper Extremity

<sup>1</sup>Mithat YANIKÖREN (Orcid ID: 0000-0003-1075-313X), Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Mekatronik Programı, Bilecik, Türkiye

<sup>2</sup>Sezcan YILMAZ (Orcid ID: 0000-0001-9329-5423), Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye

<sup>3</sup>Bilal USANMAZ (Orcid ID: 0000-0003-0531-4618), Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye

<sup>4</sup>Selim TEZGEL (Orcid ID: 0000-0003-2153-4071), Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane, Türkiye

<sup>5</sup>Mehmet YAZAR (Orcid ID: 0000-0003-3999-3233), Çanakkale Onsekizmart Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Programı, Çanakkale, Türkiye

<sup>6</sup>Ömer GÜNDOĞDU (Orcid ID: 0000-0003-2656-4181), Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ömer GÜNDOĞDU, e-mail: omergun@atauni.edu.tr

**ETİK KURUL ONAYI / ETHICS COMMITTEE APPROVAL:** Bu makale yer deney için "Bu çalışmanın etik kurul onayı, Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 15.02.2018 tarih ve 2. Toplantı 44 numaralı kararlarla alınmıştır.

Geliş tarihi / Received: 06-05-2020

Kabul tarihi / Accepted: 25-06-2020

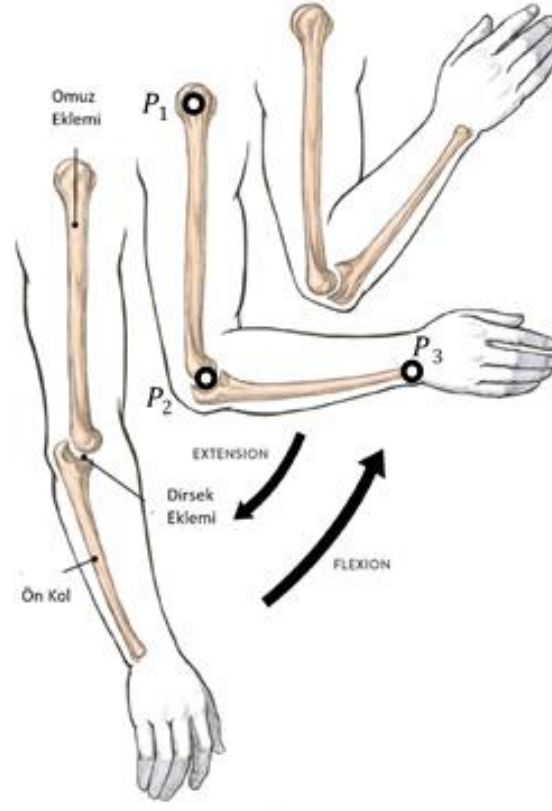
## GİRİŞ

Biyolojik canlılarda, uzuv ve eklemler üzerine gelen tork ve bağ kuvvetlerinin canlıya kalıcı hasar bırakmadan ölçülmesi oldukça güçtür. Bu nedenle tork ve bağ kuvvetlerinin belirlenmesi için doğrudan ölçüm yerine yapının bir dinamik modeli oluşturulmuştur. Mekanik analiz ve modelleme yapılırken her eklemden oluşan açısal değişimlerin bilinmesi, bu eklemlerde meydana gelen kuvvet ve tork değerleri hakkında bilgi verir. Bu nedenle mekanik özelliklerini simüle etmek ve eklemlere gelen tork değerlerini hesaplamak için hareket yakalama sistemleri vasıtasıyla hareketin doğru bir şekilde ölçülmesi şarttır. Vücut hareketlerinin yakalanmasında birçok ölçüm yöntemi ve sistemi kullanılabilir. Geleneksel yaklaşımlarda, hareket esnasında eklem açılarını belirlemek için çözünürlüğü ve tarama frekansı yüksek olan kameralardan oluşan optik sistemler kullanılmaktadır (Riener ve Straube, 1997; Rab ve ark., 2002; Schmidt ve ark., 1999). Bu yapılarda birden fazla kamerayla hareket kaydedilmekte, sonrasında ise resim işleme yöntemleriyle hareket analiz edilmektedir. Hareket analizinin doğruluk seviyesini arttırmak adına genellikle deneğin birçok noktasına işaretleyici etiketler yerleştirilerek resim işlemeyle elde edilen sonuçlarda hata minimize edilmeye çalışılmaktadır. Her ne kadar bu sistemler uzuvların konum tahmininde çok doğru sonuçlar verseler de aydınlatma koşullarına ve örtüşmelere karşı oldukça hassastırlar. Ayrıca laboratuvar ortamı şartları dışında kullanılmadıkları gibi deneğin hareket alanı da oldukça kısıtlıdır. Optik sistemlere alternatif ve yeni nesil ürünlerin başında gelen giyilebilir sensörler biyomekanik sistemlerin hareket analizinde büyük popülerite kazanmıştır (El-Gohary ve McNames, 2012; Peppoloni ve ark., 2013; Zhou ve ark., 2006). Giyilebilir sensörler atalet tabanlı ve taşınabilir ölçüm araçları olmaları sayesinde özel olarak oluşturulmuş ölçüm ortamlarına ihtiyaç duymazlar. Bu sayede yerinde ölçümün zorunlu olduğu ya da çok dar alanlarda gerçekleştirilen faaliyetlerle ilgili hareket ölçümlerinde en iyi alternatif olarak değerlendirilebilirler.

Üst uzuv bölgesinde yer alan omuz, dirsek ve el bileği (ODB) insan vücudunda kullanım yoğunluğu en yüksek eklemlerdendir (Gates ve ark., 2016). ODB' de oluşabilecek bir kısıtlama kişinin günlük aktivite ve yaşam konforunu büyük oranda düşürebileceği gibi diğer taraftan, ODB' nin daha etkin kullanımı performans artışı sağlayabilmektedir (Murray ve Johnson, 2004; Magermans ve ark., 2005). ODB serisi ile yapılan hareketlerin biyomekanik modellemesi ile tahmin edilmeye çalışılan kuvvet ve tork değerleri (Raikova, 1992; Lemay ve Crago, 1996; Kostyukov ve Tomiak, 2018), dış iskelet tasarımı (Thomas ve ark., 2017), rehabilitasyon robot sistemi gerçekleştirme (Khalili ve ark., 1988), ergonomi çalışmaları gibi sağlık, spor, ürün tasarımını kapsayan çeşitli alanlar için dikkate alınması gereken temel parametredir.

Biyolojik eklemlerin mekanik yapılarının esnek olmaları sebebiyle gereğinden fazla bir zorlanmada eklem geçici veya kalıcı olarak hasar görebilir. Bu nedenle eklemlerin hangi hareketlerde, ne seviyede tork ve kuvvet etkileri altında kaldığını bilmek oldukça önemlidir. Eklemlerde meydana gelen yüklenmeleri tespit etmek için uzuv hareketleri ile eklem bağ kuvvetleri ve torkları arasındaki ilişkilerin doğru bir şekilde modellenmesi önemlidir. Doğru bir dinamik modelin oluşturulması öncelikle doğru bir kinematik model oluşturmayı zorunlu kılar. Biyolojik eklemlerin yüksek dereceli serbestliğe sahip olmaları kinematik modelin de karmaşık bir hal almasına neden olmaktadır. Kinematik modelleri sadeleştirmek adına eklemlerde çok kısıtlı hareket serbestliği olan eksen hareketlerinin dikkate alınmaması modelin doğruluğunu önemli derecede etkilemeyecektir. Omuz eklemi üç ekseninde yüksek bir hareket aralığına sahiptir. Buna rağmen omuzun günlük rutinde en çok zorlandığı ağırlık kaldırma işlemi esnasında en büyük hareket sıklıkla fleksiyon-ekstansiyon hareketi ekseninde gerçekleşmektedir. Bu gibi durumlarda bazı eksenlerde biyolojik olarak hareket kısıtı olmasa dahi analiz edilen hareket özelinde kinematik modelde sadeleştirme yapılabilir.

Bu çalışmada farklı ağırlıktaki nesnelere bir yerden kaldırırken veya indirirken omuz ve dirsek eklemlerine gelen bağ kuvvetleri ve tork değerlerini giyilebilir sensörler yardımıyla analiz edilmesi amaçlandığından dolayı üst uzun Şekil 1’de görüldüğü üzere omuz ve dirsek eklemlerinin sadece yanal düzlemdeki hareketlerini içerecek biçimde iki serbestlik dereceli ve düzlemsel olarak hareket eden bir yapı olarak modellenmiştir.



Şekil 1. Üst uzun yanal düzlem hareketleri (Winslow, 2015).

## MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmanın etik kurul onayı, Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulunun kararıyla alınmıştır.

Günlük hayatta yapılan işlerin çoğu insan üst uzunun tekrarlayan hareketlerini içermektedir. Bu tekrarlayan hareketlere bağlı olarak üst uzun duruş pozisyonu, elle taşınan malzemenin ağırlığı gibi etkenler üst uzun eklemlerine etki eden bağ kuvvetleri ve tork değerlerinin belirlenmesini gerektirir. Bu değerlerin deneysel olarak belirlenmesindeki güçlüklerden dolayı öncelikle uygun bir dinamik model oluşturularak eklem hareketleri ile bağ kuvvetleri ve torklar arasındaki matematiksel ilişki kurulmalıdır. Ardından hareket ölçümlerine ait deneyler gerçekleştirilerek kinematik model parametreleri belirlenmelidir. Bununla ilgili detaylar deneysel çalışma başlığı altında incelenmiştir.

### Dinamik Model

Biyolojik eklemlerin torklarının ve kuvvetlerinin hesaplanmasında Newton ve Euler hareket kanunları sıklıkla kullanılmaktadır. İnsan vücudunun biyomekanik analizlerinde kinetik hesaplama metodunun uygulanabilmesi için öncelikle eklem-uzun modellerinin kinematik analizi yapılmalıdır (Winter, 2009). Biyomekanik problemlerinde, kinematik modelin kabul edilebilir çözüm üretmesi beklenmektedir. Newton-Euler hareket kanunları,

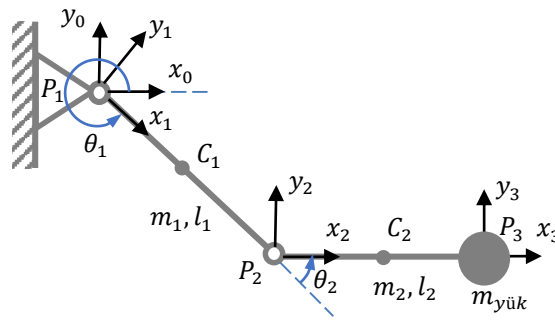


$$\sum \vec{F} = m\vec{a}_C, \quad (1)$$

$$\sum \vec{T} = I_C\vec{\alpha}. \quad (2)$$

Eşitlik 1. öteleme hareketi, Eşitlik 2. ise dönme hareketinin analizi için kullanılmaktadır. Eşitlik 1.ve Eşitlik 2.'de  $\vec{F}$  kuvvet,  $m$  kütle,  $\vec{a}_C$  ağırlık merkezi ivmesi,  $\vec{T}$  tork,  $I_C$  ağırlık merkezine göre kütleli atalet momentini ve  $\vec{\alpha}$  açısal ivmeyi ifade etmektedir.

Kol uzvunun kinematik gösterimi Şekil 2'de verilmiştir. Burada  $P_1$  ve  $P_2$  sırasıyla omuz ve dirsek eklemlerinin  $P_3$  ise yükün bulunduğu konumu,  $m_1$ ,  $m_2$  ve  $m_{yük}$  sırasıyla üst kol, ön kol ve yüke ait kütleleri,  $l_1$  ve  $l_2$  bu uzuvlara ait uzunlukları ifade ederken  $C_1$  ve  $C_2$  kütle merkezini ifade etmektedir.  $\theta_1$  ve  $\theta_2$  ise eklemlere ait açıları ifade etmektedir.



Şekil 2. Kinematik model.

Sistemin düzlemsel bir yapıya indirgenmesi sebebiyle omuz ve dirsek eklemlerindeki bağ kuvvetlerinin  $\vec{i}$  ve  $\vec{j}$  birim vektörleri doğrultusunda birer izdüşümü, torklarında  $\vec{k}$  birim vektörü doğrultusunda izdüşümü olacağından dolayı sistemde toplam 6 bilinmeyen kuvvet ve tork bulunmaktadır. Bu bilinmeyenler ise omuzda  $F_{01x} - F_{01y}$  ve dirsekte  $F_{21x} - F_{21y}$  bağ kuvvetleri ile omuzda  $T_1$  ve dirsekte  $T_2$  torklarıdır. Bu durumda tüm bu bilinmeyenleri bulabilmek için toplamda 6 denkleme ihtiyaç vardır.

Eşitlik 1.'den 1. Uzun için öteleme denklemi,

$$\vec{F}_{01} + \vec{F}_{21} - m_1 g \vec{j} = m_1 \vec{a}_{C_1} \quad (3)$$

Burada  $\vec{F}_{01}$  ve  $\vec{F}_{21}$  sırasıyla omuz ve dirsek eklemlerine etki eden kuvvetleri ifade etmektedir. Yerçekimi yönü  $-\vec{j}$  olarak alınmıştır. Eşitlik 2.'den 1. Uzun için dönme denklemi,

$$T_1 \vec{k} + \overline{C_1 P_1} \times \vec{F}_{01} + \overline{C_1 P_2} \times \vec{F}_{21} - T_2 \vec{k} = I_{C_1} \alpha_1 \vec{k} \quad (4)$$

$\overline{C_1 P_1}$  ve  $\overline{C_1 P_2}$  terimleri sırasıyla üst kolun ağırlık merkezinden omuz eklemine ve dirsek eklemine doğru olan konum denklemlerini ifade etmektedir. Eşitlik 1.'den 2. Uzun için öteleme denklemi,

$$-\vec{F}_{21} - (m_2 + m_{yük}) g \vec{j} = m_2 \vec{a}_{C_2} + m_{yük} \vec{a}_{P_3} \quad (5)$$

Bu denklemde  $m_{yük}$  yükün kütlesi ve  $\vec{a}_{P_3}$  ise yükün doğrusal ivmesini ifade etmektedir. Eşitlik 2.'den 2. Uzun için dönme denklemi,

$$T_2 \vec{k} + \overline{C_2 P_2} \times (-\vec{F}_{21}) + \overline{C_2 P_3} \times (-m_{yük} g \vec{j} - m_{yük} \vec{a}_{P_3}) = I_{C_2} (\alpha_1 + \alpha_2) \vec{k} \quad (6)$$

$\overrightarrow{C_2P_2}$  ve  $\overrightarrow{C_2P_3}$  terimleri sırasıyla ön kolun ağırlık merkezinden dirsek eklemine ve bilek eklemine doğru olan konum denklemlerini ifade etmektedir.  $I_{C_2}$  sadece ön kolun kütleli atalet momentidir. Yük hareket boyunca dönmeye maruz kalmadığı için noktasal kütle olarak düşünülerek  $\overrightarrow{C_2P_3} \times (-m_{yük}\vec{a}_{P_3})$  şeklinde atalet kuvvetinin moment etkisi olarak dönme denkleminde yer almıştır.

Eşitlik 3. ve Eşitlik 5. burada düzlemsel bir yapının analizinde kullanıldığından  $\vec{i}$  ve  $\vec{j}$  birim vektörleri üzerine izdüşümü olan terimler içermektedir. Bu nedenle her iki vektörel denklemde içlerinde ikişer skaler denklem barındırmaktadır. Eşitlik 4. ve Eşitlik 6. ise düzlemsel bir yapının analizinde kullanıldığından sadece  $\vec{k}$  birim vektörü üzerine izdüşümü olan terimler içermektedir. Bu nedenle bu denklemlerden sadece birer skaler denklem elde edilir. Böylece 6 bilinmeyen çözölebileceği kinetik denklem seti elde edilmiş olunur.

### Deneysel Çalışma

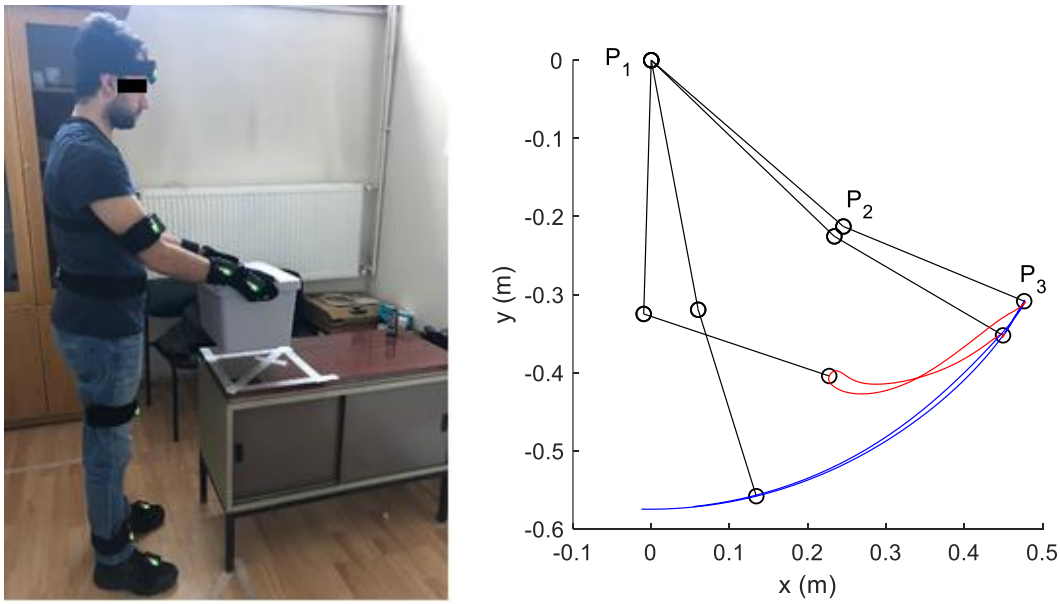
Bu çalışma Atatürk Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Biyomekanik Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Kinematik ve dinamik analiz gerçekleştirebilmek için deney sırasında alınan verilerin yanında, matematiksel model içerisinde yer alan kinematik uzunlukların belirlenmesi ve kütleli atalet momenti değerlerinin hesaplanması için deneğe ait olan antropometrik özelliklere de ihtiyaç vardır. Herhangi bir sağlık sorunu olmayan 32 yaşında, 172 cm boyunda ve 71.3 kg kütleli sahip olan gönüllü bir erkek deneğin üst uzvunun incelenmesi için gerekli bilgilendirmeler yapılmış ve onamı alınmıştır. Deneğin antropometrik ölçümleri, uzuvların kütleli, uzunluğunu, kütle merkezlerini ve kütleli atalet momentlerini belirlemek için yapılmış ve Çizelge 1’de sunulmuştur. Uzuvların uzunlukları belirlenirken üst kol omuz ekleminden dirsek eklemine kadar, alt kol ise dirsek ekleminden bilek eklemine kadar mezura yardımı ile ölçülmüştür. Üst kol ve alt kolun ağırlıklarının belirlenmesinde ise literatürde ifade edilen uzuv ağırlıklarının deneğin vücut ağırlığına karşılık gelen oransal değerlerinden yararlanılmıştır. Uzuvların kütle merkezi ve kütleli atalet momenti ise literatürde ifade edilen bu değerlere ait kesik koni formüllerinden belirlenmiştir. (Hanavan, 1964; Winter, 2009; Chandler ve ark., 1975; Krishnan ve ark., 2016).

**Çizelge 1.** Deneğe ait antropometrik değerler.

Uzuv	Uzuv uzunluğu (m)	Uzuv kütle merkezi (m)	Uzuv kütleli (kg)	Kütleli atalet momenti (kgm <sup>2</sup> )
Üst kol	$l_1 = 0.319$	$ P_1C_1  = 0.105$	$m_1 = 1.925$	$I_{C_1} = 0.0169$
Ön kol	$l_2 = 0.251$	$ P_2C_2  = 0.083$	$m_2 = 1.077$	$I_{C_2} = 0.0060$

Modelin dinamik analizleri için gerekli olan üst uzuv eklemleri arası konum bilgilerinin elde edilmesi amacıyla Şekil 3’te gösterilen biçimde deneğe giyilebilir hareket sensörleri bağlanmıştır. Deneyler esnasında, STT Systems adlı üreticinin kendi ismi ile isimlendirdiği STT-IWS (Inertial Wireless Systems) deney seti kullanılmıştır. Set içerisinde yazılım, sensörler ve kablosuz erişim bileşenleri bulunmaktadır. Sensörler kablosuz haberleşme özelliğine sahip olup deneylerde büyük esneklik sağlamıştır. Deneğe giydirilen kıyafet üzerine özel aparatları ile tutturulan sensörler aslında küçük bir kutucuk biçiminde olup içerisinde batarya, 3-eksenli jireskop, ivmeölçer, manyetometre ve bunların haricinde barometrik basınç sensörü, nem ve sıcaklık sensörlerini de barındıran bir cihazdır. Birden fazla sensörün tek bir yarı iletken devre içerisine entegre edildiği yapılarda sensörlerden doğru veri elde edilmek amacıyla birbirlerini referans almaları sağlanabilmektedir. Örneğin jireskop ve ivmeölçer aynı entegre içerisinde olup birbirlerini referans alarak hız, pozisyon gibi bilgileri verebilirler. Bu yapılan işleme sensör füzyon denmekte olup bu tip tümleşik yapılar IMU (Inertial Measurement

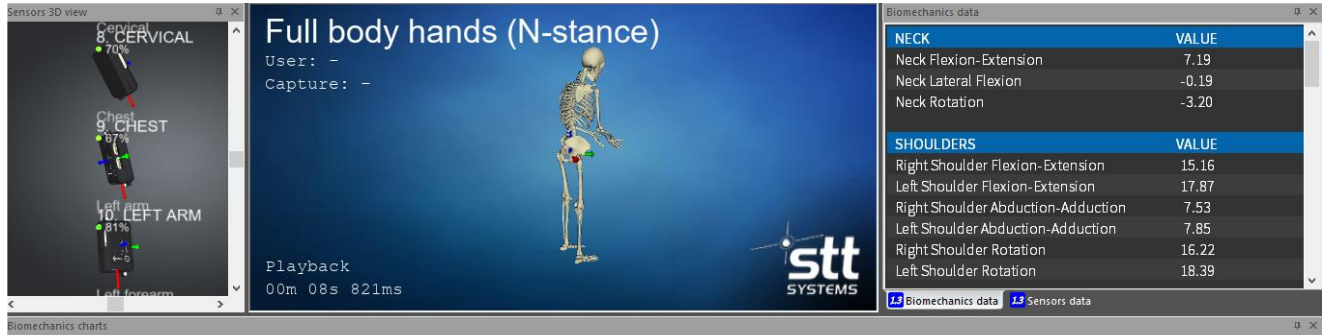
Unit) olarak isimlendirilmektedirler. Ayrıca, açısal konum referans sistemi olan AHRS (Attitude and Heading Reference System) sensör füzyon algoritması ile atalet ve manyetik verileri birleştirerek Dünya eksenine göre sensör ekseninde herhangi bir kayma olmadan açısal konum ölçümü sağlar (Özkan ve Yeşildirek, 2019; Elmenreich, 2002). Verilerin alınabilmesi için Şekil 4'te program ara yüzü verilen STT System'e ait yazılım kullanılmıştır. iSenV2020.0 versiyonuna sahip yazılım, kullanıcının biyomekanik ölçümlere dayalı koşullar üretmesine izin veren ve bu koşullar karşılandığında görsel uygulama sunan bir yazılımdır. Analiz edilen harekete dahil olan tüm biyomekanik parametreleri görselleştirmek için eklem açıları, hız ve protokole özgü ölçümleri grafiksel olarak sunar ve sayısal olarak ASCII, MATLAB ve CSV uzantılı dosya formatlarında kaydetme özelliği sağlar. Ayrıca sensöre ait ham verileri de vermektedir. Sensör ile yazılım arasındaki bağlantı kablosuz olup IEEE802.11 kullanılmıştır. Yazılım, sensörlerden alınan verileri kullanarak kinematik analiz ve hareket simülasyonu yapmakta olup herhangi bir dinamik analiz gerçekleştirilmemektedir.



Şekil 3. Giyilebilir sensör ile veri alım işlemi ve deney boyunca izlenen yörünge.

Deneğin tüm vücuduna, Şekil 3'te de görüldüğü üzere toplam 16 adet sensör bağlanmıştır. Deney boyunca sensörlerin tümünden veri kaydı gerçekleştirilmiştir. Bu sayede deney esnasında omuz ve dirsek dışındaki eklemlerde belli toleranslar dışında hareket olmaması garanti altına alınmıştır. Aksi takdirde dinamik bir hesaplama yapılması sebebi ile diğer eklem hareketleri de modellenerek atalet kuvvet ve torkları üzerindeki etkilerinin ayrıca hesaba katılması gerekecektir. Denekten, deneye başlamadan önce kollarını yanda ve gövdesini dik konumda tutması istenmiştir. Metronom 6sn zaman aralığına ayarlanmıştır. Deneyde 5 kg ve 10 kg olmak üzere iki farklı ağırlığın kaldırılacak olmasından dolayı deney senkronizasyonunu sağlamak adına denek öncelikle metronom eşliğinde 3 dakikalık eğitime tabi tutulmuştur. Deney esnasında denekten, yerden 60 cm yüksekliğindeki deney platformu üzerinde duran belirli bir kütleye sahip 25 cm yüksekliğindeki yükleri Şekil 3'te görüldüğü üzere üst kısımlarından iki eliyle aynı anda kavrayarak bir miktar kaldırıp kendisine yaklaştırması sonrasında ise tekrardan aldığı yere geri bırakması istenmiştir. Ancak oluşturulan dinamik modelde sadece tek kol için analiz gerçekleştirildiğinden dolayı  $m_{yük}$  olarak kaldırılan yüklerin yarı kütleleri kullanılmıştır. 10 kg kütleli yükün kaldırıldığı deney esnasında deneğin bilek eklemine tekabül eden  $P_3$  noktasının deney boyunca izlediği yörünge Şekil 3'te görülmektedir. Bu yörüngede mavi çizgi elin yükü almadan önce

ve yükü bıraktıktan sonraki boştaki hareketlerini, kırmızı çizgi ise yükün havada tutulduğu anları ifade etmektedir. Deneğin bu işlemleri gerçekleştirmesi esnasında sensörlerden 100Hz frekansında veri kaydı gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4. Arayüz programı

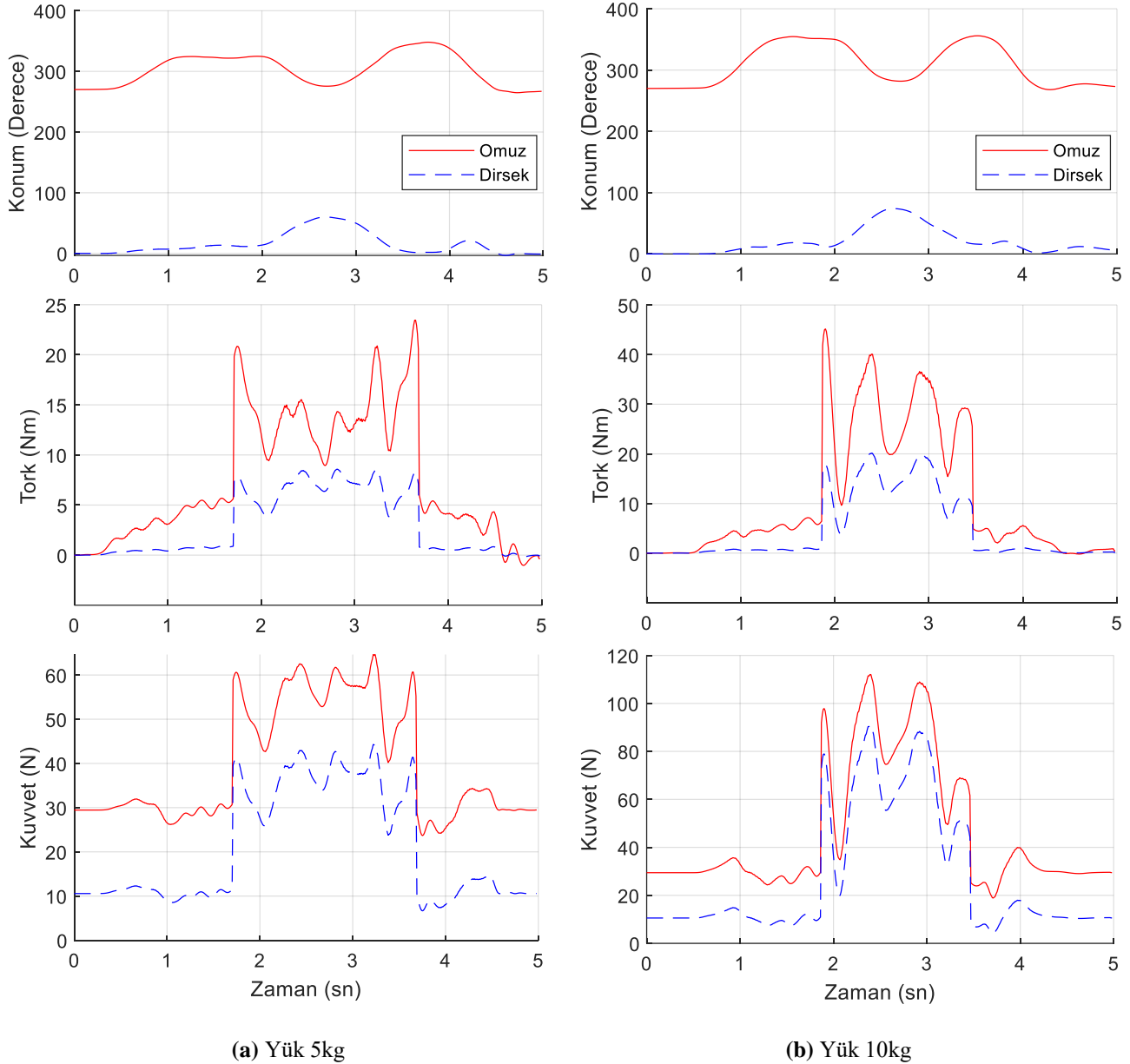
## BULGULAR ve TARTIŞMA

Deney esnasında dirsek eklemine ve omuz eklemine ait olan fleksiyon-ekstansiyon hareketlerine ait açısal konum verileri giyilebilir sensörler yardımı ile zamana bağlı olarak kaydedilmiştir. Eklem hareketlerinin açısal hız ve açısal ivme değerleri zamana bağlı olarak kaydedilen açısal konum verilerinden türetilmiştir. Tüm bu değerler ve antropometrik ölçümlerden elde edilen veriler dinamik model denkleminde yerlerine konularak omuz ve dirsek eklemine gelen bağ kuvveti ve tork değerleri hesaplanmıştır. Hesaplama ve görselleştirilme için MATLAB yazılımından faydalanılmıştır. Farklı ağırlıklarla gerçekleştirilen hareketler sonucunda omuz ve dirsek eklemine meydana gelen yüklenmelere ait bağ kuvveti ve tork değerleri Şekil 5'te grafik olarak sunulmuştur. Şekil 5'te sunulan grafiklerde sürekli çizgiler omuz, kesikli çizgiler ise dirsek eklemine ait olan sonuçları göstermektedir.

Şekil 5'te verilen sonuçlardan deneğin deney esnasında herhangi bir ağırlık kaldırmadığı ve hareket etmediği anda uzuvların ağırlıklarından dolayı dirsek eklemine yaklaşık 10 N, omuz eklemine ise yaklaşık 30 N kuvvet etki ettiği görülmektedir. Kolun yük kaldırmadan harekete başlayıp yükü hemen almadan önceki 1.5 saniye civarında dirsek eklemine yaklaşık 1 Nm gibi oldukça düşük bir tork değeri varken omuz eklemine yaklaşık 5 Nm değerinde tork oluştuğu görülmektedir. Dirsek eklemi ile omuz eklemi arasındaki bu tork farkının en büyük sebebi dirsek eklemine sadece ön kol ağırlığının etki ediyor olmasının yanında aynı zamanda moment alma mesafesinin de oldukça kısa olmasıdır. Deneyler esnasında 5 kg kütleyle sahip yük 1.7 ile 3.7 saniye arasında ve 10 kg kütleyle sahip yük ise 1.9 ile 3.5 saniye aralıklarında deneğin elinde ve deney platformundan teması kesilmiş haldedir. 5kg kütleyle sahip yük kaldırılırken omuz eklemine 65 N, dirsek eklemine ise 45 N kuvvet etki ettiği gözlenirken, 10 kg kütleyle sahip yük kaldırılırken aynı eklemlere etki eden kuvvet değerleri sırasıyla 110 N ve 90 N olarak belirlenmiştir. Aynı zaman aralığında 5kg yük için omuz eklemine 23 Nm, dirsek eklemine 8 Nm, 10 kg yük için sırasıyla 45 Nm ve 20 Nm tork etki ettiği gözlemlenmiştir.

Şekil 3'te bu deney esnasında yükün izlediği yörünge görülmektedir. Bu yörüngeden de görüldüğü üzere yükün yerden temasının kesilmesinden yükün tekrardan yerine bırakılmasına kadar denek sırasıyla yükü kaldırır, kendisine doğru çeker, sonra tekrar bırakma noktası hizasına götürür ve en son geri bırakır. Şekil 5'te verilen tork ve kuvvet grafikleri incelendiğinde yükün yerle temasta olmadığı zaman aralığında dört adet tepe noktasının olduğu görülmekte olup bu tepe noktaları denek tarafından gerçekleştirilen bu dört hareket esnasında oluşmaktadır. Yükü kaldırma ve indirme döngüsü esnasında kaldırılan yükün kütlesi arttıkça atalet etkisi artacağından dolayı omuz eklemine ve dirsek

eklemine etki eden tork değerinin arttığı görülmektedir. Hareket esnasındaki küçük kuvvet ve tork dalgalanmalarının ise açısal hız ve ivme değerlerinin zamana göre türetilmesinden kaynaklanıyor olabileceği düşünülmektedir. Bu da bize hareket esnasında sistemin dinamiği üzerindeki en baskın etkilerin atalet kuvvet ve torklarından kaynaklandığını ifade etmektedir.



**Şekil 5.** Konum, Tork, Kuvvet-Zaman Grafikleri

Çizelge 2’de mevcut çalışmaya ait dirsek ve omuz eklemleri için elde edilen en yüksek tork değerleri literatürdeki benzer çalışmalar (Cheng, 1996; Murray ve Johnson, 2004; Harari ve ark., 2020) ile kıyaslanmıştır. Maksimum tork değerinin oluşmasında etkili olan en büyük faktörler kolun yerçekimine göre açısı ve atalet kuvvetleridir. Ancak, burada verilen çalışmaların her birisinde yük kaldırma işlemi farklı zamanlama ve farklı hareket kombinasyonları ile gerçekleştiği için doğrudan bir karşılaştırma anlamlı olmayacaktır. Çizelge 2 incelendiğinde, mevcut çalışmaya ait verilerin benzer çalışmalarla büyük oranda uyumlu olduğu görülmektedir. Harari ve arkadaşlarının (2020) yaptığı çalışma ile aynı ağırlık değeri için bu kadar fazla farkın olmasının sebebi ise kaldırılan yük yüksekliğinin farklılığı sebebi ile moment alma işlemi esnasında kuvvet kolunun dik uzaklığının küçük kalmasıdır.



**Çizelge 2.** Literatürde elde edilen tork değerleri.

	Mevcut çalışma		Cheng, 1996	Murray ve Johnson, 2004	Harari ve ark., 2020		
Kaldırılan yük (kg)	5	10	2	2	2	5	8
Omuz tork değeri (Nm)	23	45	13	15	6	10	15
Dirsek tork değeri (Nm)	8	20	7	5	-	-	-

## SONUÇ

Bu çalışmada günlük hayatta farklı ağırlıklara maruz kalan insan üst uzvunun omuz ve dirsek ekleminde meydana gelen kuvvet ve tork değerleri giyilebilir sensörlerden gelen veriler ve dinamik hesaplama yöntemi ile tespit edilmeye çalışılmıştır. Bulgular incelendiğinde en fazla tork ve kuvvet değerinin omuz ekleminde meydana geldiği gözlemlenmiştir. Taşınan yük arttıkça hareket esnasında eklemlere gelen kuvvet ve tork değerlerinin de atalet kuvvet ve torklarından kaynaklı olarak büyük bir aralıkta dalgalandığı görülmüştür. Yükü kaldırma ve indirme anında yani özellikle yükün vücuttan uzakta olduğu durumlarda eklemlerdeki tork değerlerinin dikkate değer oranda arttığı gözlemlenmiştir. Özellikle büyük ağırlığa sahip yükleri kaldırmadan önce onlara mümkün olduğu kadar çok yaklaşmak sureti ile moment mesafesi küçültülerek eklem ve kaslarda meydana gelen zorlanmalar minimize edilebilir. Ayrıca eklemler üzerindeki tork ve kuvvet etkilerini önemli derecede arttıran diğer bir faktör de atalet kuvvetleri olduğundan kaldırma esnasında mümkün olduğunca yavaş hareket etmek kasların anlık yüklenme miktarını düşürecektir. Ancak çok yavaş hareket edildiğinde eklemler üzerindeki tork ve kuvvet etkilerinin şiddeti azalırken yükün havada kalma süresinin artmasıyla birlikte yüklenme süresinde de bir artış meydana gelecektir. Özellikle büyük yüklerin periyodik olarak kaldırıldığı uygulamalarda, hareket iyi bir şekilde analiz edilerek anlık yüklenme ve yüklenme süresi için operatöre en az zarar verecek bir optimum çalışma hızı tespit edilebilir. Böyle bir sonucun bilinmesi kişinin eklemlerine gelen yük değerlerini azaltmak için kol uzvu kullanım alışkanlığını değiştirmesine ve yaralanma riskini en aza indirmesine olanak sağlamaktadır. Faaliyeti gerçekleştiren operatör belirlenen şekilde ve hızda çalışması için teşvik edilmelidir. Ayrıca bu tork ve kuvvet değerlerinin belirlenmesi sayesinde kişinin hangi kas gruplarını kullandığının tanımlanması fizyoterapistlere ve ergonomi çalışanlarına yardımcı olacaktır. Fizyoterapistler hastalarına uyguladıkları tedavinin gelişimini değerlendirebilecek biyomekanik parametrelere sahip olurken ergonomistler çalışma sahasında yaralanma/incinme olmadan önce tedbir alınabilecek biçimde uyarılarda bulunabileceklerdir.

Üst uzvun hareketi boyunca üst uzuvlar rijit cisim olarak ele alınmıştır ve kütle merkezlerinin sabit olduğu kabul edilmiştir fakat gerçekte böyle değildir. Deneğe giydirilen sensörlerin elbise üzerinden bağlanmış olması nedeniyle deney esnasında konum veri hatasına sebebiyet vermesi ihtimali mevcuttur. Bu çalışmada sadece bir deneğin üst uzuv hareketlerinin analiz edilmesi kısıt olarak gösterilebilir. Fakat şu unutulmamalıdır ki insana ait her olguda olduğu gibi kişinin hareketi de kendine özgüdür. Bunlara her kişiye ait antropometrik farklılıklar da eklenince farklı sonuçlar elde edileceği açıktır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje no: FOA-2018-6529).

## KAYNAKLAR

Chandler, R.F., Clauser, C.E., McConville, J.T., Reynolds, H.M., Young, J.W., 1975. Investigation of inertial properties of the human body. Air Force Aerospace Medical Research Lab Wright-Patterson AFB OH., No. AMRL-TR-74-137

- Cheng, 1996 Biomechanical study of upper limb activities of daily living. PhD Thesis, University of Strathclyde, Glasgow, Scotland.
- El-Gohary, M., McNames, J., 2012. Shoulder and elbow joint angle tracking with inertial sensors. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 59(9): 2635-41.
- Elmenreich W., 2002 Sensor Fusion in Time-Triggered Systems, Dissertation, Vienna University of Technology, Austria,.
- Gates, D.H., Walters, L.S., Cowley, J., Wilken, J.M., Resnik, L., 2016. Range of Motion Requirements for Upper-Limb Activities of Daily Living. *American Journal of Occupational Therapy*, 70(1): 7001350010p1
- Hanavan Jr, E.P., 1964. A mathematical model of the human body. Air Force Aerospace Medical Research Lab Wright-Patterson AFB OH., No. AFIT-GA-PHYS-64-3
- Harari, Y., Bechar, A., Riemer, R., 2020. Workers' biomechanical loads and kinematics during multiple-task manual material handling. *Appl. Ergon.* 83(0), 102985.
- Khalili, D., Zomlefer, M., 1988. An intelligent robotic system for rehabilitation of joints and estimation of body segment parameters. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 35(2): 138-46.
- Kostyukov, A. I., Tomiak, T., 2018. The force generation in a two-joint arm model: Analysis of the joint torques in the working space. *Frontiers in Neurorobotics*, 12(0): 77
- Krishnan, R.H., Devanandh, V., Brahma, A.K., Pugazhenth, S., 2016. Estimation of mass moment of inertia of human body, when bending forward, for the design of a self-transfer robotic facility. *Journal of Engineering Science and Technology*, 11(5): 166-76.
- Lemay, M. A., Crago, P.E., 1996. A dynamic model for simulating movements of the elbow, forearm, and wrist. *Journal of Biomechanics*, 29(10): 1319-30.
- Magermans, D.J., Chadwick, E.K.J., Veeger, H.E.J., Van der Helm F.C.T., 2005. Requirements for upper extremity motions during activities of daily living. *Clinical Biomechanics*, 20(6): 591-99.
- Murray, I.A., Johnson, G.R., 2004. A study of the external forces and moments at the shoulder and elbow while performing everyday tasks. *Clinical Biomechanics*, 19(6): 586-94.
- Özkan, O., Yeşildirek, A., 2019. Sensör Füzyonu Algoritmaları ile Açısız Konum Referans Sistemi Tasarımı *Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 2(1), 84-94.
- Peppoloni, L., Filippeschi, A., Ruffaldi, E., Avizzano, C.A., 2013. A novel 7 degrees of freedom model for upper limb kinematic reconstruction based on wearable sensors. In 2013 IEEE 11th international symposium on intelligent systems and informatics (SISY), 26-28 September, 2013, pp: 105-110
- Rab, G., Petuskey, K., Bagley, A., 2002. A method for determination of upper extremity kinematics. *Gait & Posture*, 15(2): 113-19.
- Raikova, R., 1992. A general-approach for modeling and mathematical investigation of the human upper limb. *Journal of Biomechanics*, 25(8): 857-67.
- Riener, R., Straube, A., 1997. Inverse dynamics as a tool for motion analysis: Arm tracking movements in cerebellar patients. *Journal of Neuroscience Methods*, 72(1): 87-96.
- Schmidt, R., Disselhorst-Klug, C., Silny, J., Rau, G., 1999. A marker-based measurement procedure for unconstrained wrist and elbow motions. *Journal of biomechanics*, 32(6): 615-621.
- Thomas, N., John, M.S., Kumar, V.S., 2017. Development of an assistive robot for the torque analysis of upper extremity joints. *Development*, 40(3): 432-439.
- Winter, D. A., 2009 *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*, No: 4th ed. pp 82-100 Waterloo, Ontario, Canada
- Winslow, V. L., 2015 *Classic Human Anatomy in Motion: The Artist's Guide to the Dynamics of Figure Drawing*, No: 1st ed. pp 18-20 Newyork, America
- Zhou, H., Hu, H., Harris, N. D., ve Hammerton, J, 2006. Applications of wearable inertial sensors in estimation of upper limb movements. *Biomedical Signal Processing and Control*, 1(1), 22-32.

## A Study over the Hyperbolic and Logarithmic Monomolecular, Logistic and Gompertz Growth Models

Mehmet KORKMAZ<sup>1</sup> \*

**ABSTRACT:** In this study in addition to classical monomolecular, logistic and Gompertz models, their hyperbolic and logarithmic growth models were found. After that it is searched the effect of these hyperbolic and logarithmic growth models on the choice of appropriate growth model by using two separate data sets. For this purpose, classical monomolecular, logistic and Gompertz growth models and their hyperbolic and logarithmic growth models are compared with some model selection criteria such as coefficient of determination, error sum of squares. For two data sets it is found that the results of these hyperbolic and logarithmic growth models are better than the results of these growth models. Thus, it is considered that these hyperbolic and logarithmic growth models can be used in addition to these growth models. Even the results of these hyperbolic and logarithmic growth models were found the same for both data sets. In addition, some other hyperbolic and logarithmic growth models can be investigated for getting the best model choice.

**Keywords:** Hyperbolic, Logarithmic, Growth Models, Monomolecular, Logistic, Gompertz

<sup>1</sup> Mehmet KORKMAZ (Orcid ID: 0000-0002-7488-0552), Ordu Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, Ordu, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mehmet KORKMAZ, e-mail: mkorkmaz52@yahoo.com

Geliş tarihi / *Received:* 09-03-2020

Kabul tarihi / *Accepted:* 07-06-2020

## INTRODUCTION

Growth is one of the well-known features in biological creatures (Burkhardt and Strub,1974). Growth models describe the changing size of something over time. The process of developing a mathematical model is called mathematical modeling. A model may help to explain a system and to study the effects of different components, and also to make predictions about behavior (Oyamakin and Chukwu, 2015).

A mathematical description of a real world system is often referred to as a mathematical model. A system can be formally defined as a set of elements also called components. A system can be formally defined as a set of elements also called components A set of trees in a forest stand, producers and consumers in an economic system are examples of components. The elements (components) have certain characteristics or attributes and these attributes have numerical or logical values. Among the elements, relationships exist and consequently the elements are interacting. The state of a system is determined by the numerical or logical values of the attributes of the system elements (Oyamakin and Chukwu, 2015). Experimenting on the state of a system with a model over time is termed simulation (Kansal et al., 2000).

In this study, an alternative nonlinear growth models called the hyperbolic and logarithmic monomolecular, Logistic and Gompertz were introduced and compared with the classical monomolecular (Brody,1945), Logistic (Ricker, 1979) and Gompertz models (Winsor, 1932) which are widely used.

### Monomolecular Model

Since the origin of the monomolecular growth model suggested that the growth is directly proportional to the difference of the maximum sustainable constant  $A$  and the growth, this growth model starts the following differential equation:

$$\frac{\partial y}{\partial x} = r(A - y) \quad (1)$$

where  $y$  is the value of growth,  $x$  is time,  $r$  is the proportion about growth,  $A$  is maximum sustainable growth

This differential equation produces a model of the following form:

$$y = A(1 - be^{-rx}) \quad (2)$$

where  $b$  is a constant

The monomolecular model in equation 2 is found the following operations:

Separating the variables in equation 1 we get:

$$\frac{dy}{A-y} = rdx$$

Integrating both sides we get:

$$-\ln(A - y) = rx + C_1$$

$$\ln(A - y)^{-1} = rx + C_1$$

where  $C_1$  is constant

Taking the exponential of both sides we get:

$$(A - y)^{-1} = Be^{rx}$$

$$\frac{1}{A-y} = Be^{rx}$$

where  $B = e^{C_1}$

Multiply both sides by  $A-y$  we get:

$$1 = ABe^{rx} - yBe^{rx}$$

$$yBe^{rx} = ABe^{rx} - 1$$

Divide by  $Be^{rx}$  we get monomolecular model as

$$y = A(1 - be^{-rx})$$

where  $b=(AB)^{-1}$

### Logistic Model

The origin of the logistic growth model is described by the following equation:

$$\frac{\partial y}{\partial x} = ry \left(1 - \frac{y}{A}\right) \quad (3)$$

where  $y$  is the value of growth,  $x$  is time,  $r$  is the proportion about growth,  $A$  is maximum sustainable growth

This differential equation produces the model called logistic model in equation 4:

$$y = \frac{A}{1+be^{-rx}} \quad (4)$$

where  $b$  is a constant

The logistic model in equation 4 is found the following operations:

Separating the variables in equation 3 we get:

$$\frac{A dy}{y(A-y)} = r dx$$

Integrating both sides we get:

$$\int \frac{A dy}{y(A-y)} = \int r dx$$

$$\int \left(\frac{1}{y} + \frac{1}{A-y}\right) dy = \int r dx$$

$$\ln(y) - \ln(A-y) = rx + C_1$$

$$\ln\left(\frac{A-y}{y}\right) = -rx - C_1$$

where  $C_1$  is constant

Taking the exponential of both sides we get:

$$\frac{A-y}{y} = be^{-rx}$$

$$\frac{A}{y} - 1 = be^{-rx}$$

where  $b = e^{-C_1}$



After this we get:

$$\frac{A}{y} = be^{-rx} + 1$$

and then get the logistic model as

$$y = \frac{A}{1 + be^{-rx}}$$

### Gompertz Model

The origin of the Gompertz growth model is described by the following equation:

$$\frac{\partial y}{\partial x} = ry \ln\left(\frac{A}{y}\right) \quad (5)$$

where  $y$  is the value of growth,  $x$  is time,  $r$  is the proportion about growth,  $A$  is maximum sustainable growth

This differential equation produces the model called the Gompertz model in equation 6:

$$y = Ae^{-be^{-rx}} \quad (6)$$

where  $b$  is a constant

The Gompertz model in equation 6 is found the following operations:

Separating the variables in equation 5 we get:

$$\frac{dy}{y \ln\left(\frac{A}{y}\right)} = r dx$$

Integrating both sides we get:

$$\int \frac{dy}{y \ln\left(\frac{A}{y}\right)} = \int r dx$$

If we say  $u = \ln\left(\frac{A}{y}\right)$  and  $du = \frac{-\frac{A}{y^2}}{\frac{A}{y}} dy = \frac{-dy}{y}$ , then we can get

$$-\int \frac{du}{u} = \int r dx$$

and

$$-\ln u = rx + C_2$$

Taking the exponential of both sides we get:

$$u = be^{-rx}$$

$$\ln\left(\frac{A}{y}\right) = be^{-rx}$$

where  $b = e^{-C_2}$

Again taking the exponential of both sides we get:

$$\frac{A}{y} = e^{be^{-rx}}$$

and then get the Gompertz model as

$$y = Ae^{-be^{-rx}}$$

## MATERIALS AND METHODS

### Materials

Two different data sets were used in this study. The first one is the mean fork length measurements of female and male flathead trout (*Salmo platycephalus*). The second one is the length of the eucalyptus plant.

In this study, the mean fork length measurements of the flathead trout (*Salmo platycephalus*), which is listed in the IUCN red list of threatened species, which were sampled from the Zamanti Stream of Seyhan River were used (Kara et al., 2011). For the presentation of the models, the measurements of the fork lengths (cm) in the age-structured female and male of *S. platycephalus* from Zamanti Stream of the River Seyhan in Table 1 in their articles were used in this study in Table 1.

**Table 1.** Observed mean fork lengths of *S. platycephalus* According to the Gender

Sex/Age (year)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Female	13.68	18.03	21.63	25.55	28.29	30.85	33.37	36.03	38.30	40.0
Male	15.15	18.72	20.91	25.11	27.97	30.88	33.13	35.94	37.04	39.20

In this study, the data taken from the tree, *E. Camaldulensis Dehn.* were used for the growth model in Table 2. The data set was taken from the study of Yıldızbakan (2015).

**Table 2.** The height growth value of the trees (*E. Camaldulensis Dehn*) according to year

The height growth value of the trees ( <i>E. Camaldulensis Dehn</i> )										
Planting Age (year)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Height Growth (m)	0.41	3.23	7.45	11.41	14.83	18.11	18.95	19.69	21.50	23.40

### Methods

The hyperbolic functions have similar names to the trigonometric functions, but they are defined in terms of the exponential function (Oyamakin and Chukwu, 2015).

Thus the hyperbolic sine function and its inverse provide an alternative method for evaluating:

$$\int \frac{1}{\sqrt{1+x^2}} dx \quad (7)$$

say  $x=\sinh(u)$  and then  $dx=\cosh(u) du$

$$\int \frac{1}{\sqrt{1+x^2}} dx = \operatorname{arcsinh}(x) + C_3 \quad (8)$$

where  $C_3$  is constant

Also say  $x=\tan u$ ,  $(-\frac{\pi}{2} < u < \frac{\pi}{2})$   $dx=(1+\tan^2 u)du$

$$\int \frac{1}{\sqrt{1+x^2}} dx = \ln \left| x + \sqrt{1+x^2} \right| + C_4 \quad (9)$$

where  $C_4$  is constant

From equations 8 and 9, we get:

$$\operatorname{arcsinh}(x) = \ln \left| x + \sqrt{1+x^2} \right| + C_4 - C_3 \quad (10)$$

for all  $x$ . Evaluating both sides of this equality at  $x=0$ , we get

$$0 = \operatorname{arcsinh}(0) = \ln|1| + C_4 - C_3$$

So  $C_4 - C_3 = 0$  and

$$\operatorname{arcsinh}(x) = \ln \left| x + \sqrt{1 + x^2} \right| \quad (11)$$

for all  $x$ . Since the hyperbolic sine function is defined in terms of the exponential function, we should not find it surprising that the inverse hyperbolic sine function may be expressed in terms of the natural logarithm function (Oyamakin and Chukwu, 2015).

### Hyperbolic and Logarithmic Monomolecular Growth Model

The origin of the hyperbolic and logarithmic monomolecular growth models suggested that in addition to constant  $r$  in the original monomolecular model and the term

$$\frac{d}{\sqrt{1 + x^2}}$$

which is multiplied by the difference of the maximum sustainable constant  $A$  and the growth is added where  $d$  is proportion about the hyperbolic and logarithmic monomolecular growth, respectively.

And so the hyperbolic and logarithmic monomolecular growth models start the following differential equation:

$$\frac{\partial y}{\partial x} = \left( r + \frac{d}{\sqrt{1+x^2}} \right) (A - y) \quad (12)$$

This differential equation produces two types of models in equation 13 and equation 14, respectively:

$$y = A(1 - be^{-rx - d \operatorname{arcsinh}(x)}) \quad (13)$$

$$y = A(1 - be^{-rx} (x + \sqrt{1 + x^2})^{-d}) \quad (14)$$

The hyperbolic and logarithmic monomolecular models in equation 13 and equation 14 are found the following operations, respectively:

Separating the variables in equation 12 we get:

$$\frac{dy}{A-y} = \left( r + \frac{d}{\sqrt{1+x^2}} \right) dx$$

Integrating both sides we get:

$$-\ln(A - y) = rx + d \operatorname{arcsinh}(x) + C_5$$

$$\ln(A - y)^{-1} = rx + d \operatorname{arcsinh}(x) + C_5 \quad (15)$$

and

$$-\ln(A - y) = rx + d \ln(x + \sqrt{1 + x^2}) + C_5$$

$$\ln(A - y)^{-1} = rx + d \ln(x + \sqrt{1 + x^2}) + C_5 \quad (16)$$

where  $C_5$  is constant

Taking the exponential of both sides of equation 15 and equation 16, respectively we get:

$$(A - y)^{-1} = Be^{rx + d \operatorname{arcsinh}(x)}$$

$$\frac{1}{A-y} = Be^{rx + d \operatorname{arcsinh}(x)} \quad (17)$$

and

$$(A - y)^{-1} = Be^{rx + d \ln(x + \sqrt{1 + x^2})}$$

$$\frac{1}{A-y} = Be^{rx} (x + \sqrt{1 + x^2})^d \quad (18)$$

respectively where  $B = e^{C_5}$

Multiply both sides of equation 17 and equation 18 by (A-y), respectively we get:

$$1 = AB e^{rx+d \operatorname{arcsinh}(x)} - y B e^{rx+d \operatorname{arcsinh}(x)}$$

$$y B e^{rx+d \operatorname{arcsinh}(x)} = AB e^{rx+d \operatorname{arcsinh}(x)} - 1 \quad (19)$$

and

$$1 = AB e^{rx} (x + \sqrt{1+x^2})^d - y B e^{rx} (x + \sqrt{1+x^2})^d$$

$$y B e^{rx} (x + \sqrt{1+x^2})^d = AB e^{rx} (x + \sqrt{1+x^2})^d - 1 \quad (20)$$

respectively.

Divide equation 19 and equation 20 by  $B e^{rx+d \operatorname{arcsinh}(x)}$  and  $e^{rx} (x + \sqrt{1+x^2})^d$ , respectively we get the hyperbolic and logarithmic monomolecular models as

$$y = A(1 - b e^{-rx-d \operatorname{arcsinh}(x)})$$

and

$$y = A(1 - b e^{-rx} (x + \sqrt{1+x^2})^{-d})$$

respectively where  $b=(AB)^{-1}$

### Hyperbolic and Logarithmic Logistic Growth Model

The origin of the hyperbolic and logarithmic logistic growth models suggested that in addition to constant  $r$  in the original logistic model and the term

$$\frac{d}{\sqrt{1+x^2}}$$

which is multiplied by the multiplication of the difference of the maximum sustainable constant  $A$  and the growth and the division of the growth and the maximum sustainable constant  $A$  is added where  $d$  is proportion about hyperbolic and logarithmic logistic growth.

And so the hyperbolic and logarithmic logistic growth models start the following differential equation:

$$\frac{\partial y}{\partial x} = \left( r + \frac{d}{\sqrt{1+x^2}} \right) \frac{y}{A} (A - y) \quad (21)$$

This differential equation produces two types of models in equation 22 and equation 23, respectively:

$$y = \frac{A}{1 + b e^{-rx-d \operatorname{arcsinh}(x)}} \quad (22)$$

$$y = \frac{A}{1 + b e^{-rx} (x + \sqrt{1+x^2})^{-d}} \quad (23)$$

The hyperbolic and logarithmic logistic growth models in equation 22 and equation 23 are found the following operations, respectively:

Separating variables in equation 21 we get:

$$\frac{A dy}{y(A-y)} = \left( r + \frac{d}{\sqrt{1+x^2}} \right) dx$$

Integrating both sides we get:

$$\int \frac{A dy}{y(A-y)} = \int \left( r + \frac{d}{\sqrt{1+x^2}} \right) dx$$

$$\ln(y) - \ln(A-y) = rx + d \operatorname{arcsinh}(x) + C_6$$

$$\ln\left(\frac{A-y}{y}\right) = -rx - d \operatorname{arcsinh}(x) - C_6 \quad (24)$$

and

$$\ln(y) - \ln(A-y) = rx + d \ln(x + \sqrt{1+x^2}) + C_6$$

$$\ln\left(\frac{A-y}{y}\right) = -rx - d \ln(x + \sqrt{1+x^2}) - C_6 \quad (25)$$

where  $C_6$  is constant

Taking the exponential of both sides of equation 24 and equation 25, respectively we get:

$$\frac{A-y}{y} = b e^{-rx - d \operatorname{arcsinh}(x)}$$

$$\frac{A}{y} - 1 = b e^{-rx - d \operatorname{arcsinh}(x)} \quad (26)$$

and

$$\frac{A-y}{y} = b e^{-rx - d \ln(x + \sqrt{1+x^2})}$$

$$\frac{A}{y} - 1 = b e^{-rx - d \ln(x + \sqrt{1+x^2})} \quad (27)$$

respectively where  $b = e^{-C_5}$

After this we get:

$$\frac{A}{y} = b e^{-rx - d \operatorname{arcsinh}(x)} + 1$$

and

$$\frac{A}{y} = b e^{-rx} (x + \sqrt{1+x^2})^{-d} + 1$$

And then get the hyperbolic and logarithmic logistic growth models as

$$y = \frac{A}{1 + b e^{-rx - d \operatorname{arcsinh}(x)}}$$

and

$$y = \frac{A}{1 + b e^{-rx} (x + \sqrt{1+x^2})^{-d}}$$

respectively.

### Hyperbolic and Logarithmic Gompertz Growth Model

The origin of the hyperbolic and logarithmic Gompertz growth models suggested that in addition to constant  $r$  in the original Gompertz model and the term

$$\frac{d}{\sqrt{1+x^2}}$$

which is multiplied by the multiplication of the logarithm of the division of the maximum sustainable constant  $A$  and the growth and the growth is added where  $d$  is proportion about the hyperbolic and logarithmic Gompertz growth.



And so the hyperbolic and logarithmic Gompertz growth models start the following differential equation:

$$\frac{\partial y}{\partial x} = \left(r + \frac{d}{\sqrt{1+x^2}}\right) y \ln\left(\frac{A}{y}\right) \quad (28)$$

This differential equation produces two types of models in equation 29 and equation 30, respectively:

$$y = Ae^{-be^{-rx-d\operatorname{arcsinh}(x)}} \quad (29)$$

and

$$y = Ae^{-be^{-rx}(x+\sqrt{1+x^2})^{-d}} \quad (30)$$

The hyperbolic and logarithmic Gompertz growth model in equation 29 and equation 30 are found the following operations, respectively:

Separating the variables in equation 28 we get:

$$\frac{dy}{y \ln\left(\frac{A}{y}\right)} = \left(r + \frac{d}{\sqrt{1+x^2}}\right) dx$$

Integrating both sides we get:

$$\int \frac{A dy}{y \ln\left(\frac{A}{y}\right)} = \int \left(r + \frac{d}{\sqrt{1+x^2}}\right) dx \quad (31)$$

Solving these integrals in equation 31 we get

$$\ln\left(\frac{A}{y}\right) = be^{-rx-d\operatorname{arcsinh}(x)} \quad (32)$$

and

$$\ln\left(\frac{A}{y}\right) = be^{-rx}(x+\sqrt{1+x^2})^{-d} \quad (33)$$

where b is constant

Taking the exponential of both sides of equation 32 and equation 33, respectively we get:

$$\frac{A}{y} = e^{be^{-rx-d\operatorname{arcsinh}(x)}}$$

and

$$\frac{A}{y} = e^{be^{-rx}(x+\sqrt{1+x^2})^{-d}}$$

respectively and then get the hyperbolic and logarithmic Gompertz growth models as

$$y = Ae^{-be^{-rx-d\operatorname{arcsinh}(x)}}$$

and

$$y = Ae^{-be^{-rx}(x+\sqrt{1+x^2})^{-d}}$$

respectively.

## RESULTS AND DISCUSSION

Since the hyperbolic and logarithmic growth models in this study are exactly same models, the parameters and the results of known model selection criteria such as error sum of squares (SSE), and coefficient of determination ( $R^2$ ) of them are exactly same.

By using the Tables 1 and 2 of these two sets of data, in Tables 3 and 5 the parameters of Monomolecular, Logistic and Gompertz growth models and their hyperbolic and logarithmic growth models are calculated. All calculations were made with the maple package program.

To make a comparison; error sum of squares, and coefficient of determination are used from known model selection criteria. Calculations made are tabulated.

Table 1 shows the mean fork length measurements of female and male flathead trout (*Salmo platycephalus*). While the model parameters calculated according to these values are given in Table 3, the error sum of squares and determination coefficients of the models calculated are given in Table 4. Tables 3 and Table 4 are calculated according to the values in Table 1.

**Table 3** Calculated the Model Parameters According to the Gender

	MODELS	EQUATION	A	b	r	d
Female	Monomolecular	$y = A(1 - be^{-rx})$	58.876	0.844	0.097	-
	Hyperbolic Monomolecular	$y = A(1 - be^{-rx-darcsinh(x)})$	66.714	0.875	0.070	0.030
	Logarithmic Monomolecular	$y = A(1 - be^{-rx} (x + \sqrt{1+x^2})^{-d})$	66.714	0.875	0.070	0.030
	Logistic	$y = \frac{A}{1+be^{-rx}}$	44.050	-2.815	0.322	-
	Hyperbolic Logistic	$y = \frac{A}{1+be^{-rx-darcsinh(x)}}$	60.095	5.863	0.093	0.511
	Logarithmic Logistic	$y = \frac{A}{1 + be^{-rx} (x + \sqrt{1+x^2})^{-d}}$	60.095	5.863	0.093	0.511
	Gompertz	$y = Ae^{-be^{-rx}}$	47.833	1.504	0.210	-
	Hyperbolic Gompertz	$y = Ae^{-be^{-rx-darcsinh(x)}}$	61.128	1.968	0.093	0.203
	Logarithmic Gompertz	$y = Ae^{-be^{-rx}(x+\sqrt{1+x^2})^{-d}}$	61.128	1.968	0.093	0.203
	Male	Monomolecular	$y = A(1 - be^{-rx})$	62.948	0.827	0.079
Hyperbolic Monomolecular		$y = A(1 - be^{-rx-darcsinh(x)})$	49.642	0.726	0.162	-0.130
Logarithmic Monomolecular		$y = A(1 - be^{-rx} (x + \sqrt{1+x^2})^{-d})$	49.642	0.726	0.162	-0.130
Logistic		$y = \frac{A}{1+be^{-rx}}$	44.192	2.547	0.295	-
Hyperbolic Logistic		$y = \frac{A}{1+be^{-rx-darcsinh(x)}}$	44.413	2.598	0.287	0.019
Logarithmic Logistic		$y = \frac{A}{1 + be^{-rx} (x + \sqrt{1+x^2})^{-d}}$	44.413	2.598	0.287	0.019
Gompertz		$y = Ae^{-be^{-rx}}$	48.748	1.417	0.187	-
Hyperbolic Gompertz		$y = Ae^{-be^{-rx-darcsinh(x)}}$	46.165	1.282	0.233	-0.098
Logarithmic Gompertz		$y = Ae^{-be^{-rx}(x+\sqrt{1+x^2})^{-d}}$	46.165	1.282	0.233	-0.098

According to Table 4, the hyperbolic and logarithmic models of the models used in this study has approximately the same least error sum of squares and the highest determination coefficient. Therefore, it can be said that the most suitable models for the data set are the hyperbolic and logarithmic ones.

Table 2 shows the growth values of the eucalyptus plant as a whole. While the model parameters calculated according to these values are given in Table 5, the error sum of squares and the determination coefficients of the models calculated are given in Table 6.

Table 5 and Table 6 are calculated according to the values in Table 2.

**Table 4** Error Sum of Squares and Determination Coefficients of the Models Calculated

MODELS	Female		Male	
	Error Sum Squares	Determination Coefficients of the models ( $R^2$ )	Error Sum Squares	Determination Coefficients of the models ( $R^2$ )
Monomolecular	0.368	0.9995	1.774	0.9971
Hyperbolic Monomolecular	0.303	0.9996	1.154	0.9981
Logarithmic Monomolecular	0.303	0.9996	1.154	0.9981
Logistic	2.284	0.9967	1.089	0.9982
Hyperbolic Logistic	0.301	0.9996	1.087	0.9982
Logarithmic Logistic	0.301	0.9996	1.087	0.9982
Gompertz	1.059	0.9985	1.222	0.9980
Hyperbolic Gompertz	0.305	0.9996	1.090	0.9982
Logarithmic Gompertz	0.305	0.9996	1.090	0.9982

**Table 5** Model Parameters Calculated

MODELS	EQATION	A	b	r	d
Monomolecular	$y = A(1 - be^{-rx})$	29.999	1.014	0.166	-
Hyperbolic Monomolecular	$y = A(1 - be^{-rx - \text{darcsinh}(x)})$	24.609	0.986	0.357	-0.253
Logarithmic Monomolecular	$y = A(1 - be^{-rx} (x + \sqrt{1 + x^2})^{-d})$	24.609	0.986	0.357	-0.253
Logistic	$y = \frac{A}{1 + be^{-rx}}$	21.887	10.685	0.781	-
Hyperbolic Logistic	$y = \frac{A}{1 + be^{-rx - \text{darcsinh}(x)}}$	29.104	39.955	-0.061	1.894
Logarithmic Logistic	$y = \frac{A}{1 + be^{-rx} (x + \sqrt{1 + x^2})^{-d}}$	29.104	39.955	-0.061	1.894
Gompertz	$y = Ae^{-be^{-rx}}$	23.071	3.118	0.488	-
Hyperbolic Gompertz	$y = Ae^{-be^{-rx - \text{darcsinh}(x)}}$	30.054	4.926	0.062	0.804
Logarithmic Gompertz	$y = Ae^{-be^{-rx} (x + \sqrt{1 + x^2})^{-d}}$	30.054	4.926	0.062	0.804

It is seen in Table 6 that the model with the lowest sum of error squares and the highest determination coefficient is the hyperbolic Gompertz growth model.

**Table 6** Error Sum of Squares and Determination Coefficients of the Models Calculated

MODELS	Error Sum Squares	Determination Coefficients of the models ( $R^2$ )
Monomolecular	5.266	0.9908
Hyperbolic Monomolecular	2.608	0.9954
Logarithmic Monomolecular	2.608	0.9954
Logistic	8.713	0.9847
Hyperbolic Logistic	2.417	0.9958
Logarithmic Logistic	2.417	0.9958
Gompertz	3.917	0.9931
Hyperbolic Gompertz	2.301	0.9960
Logarithmic Gompertz	2.301	0.9960

## CONCLUSION

In this study, three different sigmoidal growth models, which are frequently found in scientific studies, and their hyperbolic growth models have been used. These models have been applied to two different data sets. It has been determined which model is suitable according to the known model selection criteria. It is shown that the results are compatible with each other. It is shown that the appropriate models for both sets of data are their hyperbolic and Logarithmic ones according to the model selection criteria used in this study. That's instead of the growth models used in this study, the use of their hyperbolic and Logarithmic growth models provided the least error sum of squares and the maximal determination coefficients for two data sets. In other words, hyperbolic and Logarithmic growth models have the lowest sum of error squares and the highest determination coefficient according to their classical growth models. In addition, the lowest sum of error squares and the highest determination coefficient of hyperbolic and Logarithmic growth models are the same. Therefore, the researchers can use their hyperbolic and Logarithmic growth models in addition to the growth models for getting better results. In this study, instead of comparing the models with each other, hyperbolic and logarithmic models were compared with the same model. In addition, for the other growth models not used in this study, their hyperbolic and logarithmic growth models can be investigated for getting the best model choice.

## REFERENCES

- Brody S, 1945. Bioenergetics and Growth, Rheinhold Publishing, New York.
- Burkhardt HE, Strub MR, 1974. A model for simulation or planted loblolly pine stands. In growth models for tree and stand simulation. Edited by J. Fries. Royal College of Forestry, Stockholm, Sweden. Pp.128-135. Model of forest growth. *J. Ecol.*60:849-873.
- Kansal AR, Torquato S, Harsh GR, 2000. Simulated brain tumor growth dynamics using a three dimensional cellular automaton. *J Theor Biol*, 203:367-382.
- Kara C, Alp A, Can F, 2011. Growth and Reproductive Properties of Flathead Trout (*Salmo platycephalus* Bhenke, 1968) Population from Zamanti Stream, Seyhan River, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11: 367-375.
- Oyamakin, SO, Chukwu AU, 2015. On the Hyperbolic Monomolecular Growth Model in Height/Diameter Growth of PINES, *Journal of Applied Mathematics, Statistics and Informatics*, 11(1):5-17.
- Ricker, WE, 1979. Growth rates and models, *Fish Physiol*, 8: 677-743.
- Winsor, CP, 1932. The Gompertz curve as a growth curve, *Proc. Natl. Acad. Sci.*,18(1): 1-8.
- Yıldızbakan A, 2005. Analysis on mathematical models of tree growth and comparison of these models, MSc Thesis, Institute of Natural and Applied Sciences, University of Cukurova, Turkey, (in Turkish, with abstract in English).

## Infinitesimal Paraholomorphically Projective Transformation On Cotangent Bundle With Riemannian Extension

Lokman BİLEN<sup>1\*</sup>

**ABSTRACT:** The main purpose of the present paper is to study some properties of infinitesimal paraholomorphically projective transformation on  $T^*M$  with respect to the Levi-Civita connection of the Riemannian extension ( ${}^R\nabla$ ) and adapted almost paracomplex structure  $J$ . Moreover, if  $T^*M$  be admits a non-affine infinitesimal paraholomorphically projective transformation, than  $M$  and  $T^*M$  are locally flat.

**Keywords:** Paraholomorphically projective transformation, almost paracomplex structure, Riemannian extension, adapted frame.

<sup>1</sup> Lokman BİLEN (Orcid ID: 0000 0001 8240 5359), Iğdir University, Faculty of Science and Letters, Department of Mathematics, Iğdir, Turkey

\*Corresponding Author: Lokman BİLEN, e-mail: lokman.bilen@igdir.edu.tr

Geliş tarihi / *Received:* 13-03-2020

Kabul tarihi / *Accepted:* 07-06-2020



## INTRODUCTION

Let  $M$  be an  $n$  –dimensional manifold and  $T^*M$  its cotangent bundle. Note that in the present paper everything will be always discussed in the  $C^\infty$ - category, manifolds will be assumed to be connected and dimension  $n > 1$ . And let  $\pi$  the natural projection  $T^*M \rightarrow M$ . The local coordinates  $(U, x^j)$ ,  $j = 1, \dots, n$  on  $M$  induces a system of local coordinates  $(\pi^{-1}(U), x^j, x^{\bar{j}} = p_j)$ ,  $\bar{j} = n + 1, \dots, 2n$  on  $T^*M$ , where  $x^{\bar{j}} = p_j$  are the components of the covector  $p$  in each cotangent space  $T_x^*M$  and  $x \in U$  with respect to the natural coframe  $\{dx^j\}$ . We denote the set of all tensor fields of type  $(r, s)$ , by  $\mathfrak{S}_s^r(M), \mathfrak{S}_s^r(T^*(M))$  on  $M$  and  $T^*M$  respectively.

The problem of determining infinitesimal holomorphically projective transformation on  $M$  and  $TM$  have been studied some authors, including (Hasegawa and Yamauchi, 1979; Hasegawa and Yamauchi, 2003; Hasegawa and Yamauchi, 2005; Tarakci et al., 2009; Gezer, 2011). Also, (Etayo and Gadea, 1992; Iscan and Magden, 2008), investigated some properties of infinitesimal paraholomorphically projective transformations on tangent bundle.

In this paper, we shall use the Levi-Civita connection of the Riemannian extension by using the horizontal and vertical lifts and we give definition and formulas almost paracomplex structure  $J$ . Then we research the infinitesimal paraholomorphically projective transformation on cotangent bundle with respect to the Levi-Civita connection of the Riemannian extension ( ${}^R\nabla$ ) and adapted almost paracomplex structure.

## MATERIAL AND METHODS

Let  $\nabla$  be an affine connection on  $M$ . A vector field  $V$  on  $M$  is called an infinitesimal projective transformation if there exist a 1-form  $\Omega$  on  $M$  such that

$$(L_V\nabla)(X, Y) = \Omega(X)Y + \Omega(Y)X,$$

for any  $X, Y \in \mathfrak{S}_0^1(M)$ , where  $L_V$  is the Lie derivation with respect to  $V$ . In this case  $\Omega$  is called the associated 1- form of  $V$ . Especially, if  $\Omega = 0$  then  $V$  is called an infinitesimal affine transformation.

An almost paracomplex manifold is an almost product manifold  $(M, J)$ ,  $J^2 = I$ , such that the two eigenbundles  $T^+M$  and  $T^-M$  associated to the two eigenvalues  $+1$  and  $-1$  of  $J$ , respectively (Cruceanu et al., 1995; Salimov et al., 2007).  $(M, J)$  be an almost paracomplex manifold with affine connection  $\nabla$ . A vector field  $V$  on  $M$  is called an infinitesimal paraholomorphically projective transformation if there exist a 1-form  $\Omega$  on  $M$  such that

$$(L_V\nabla)(X, Y) = \Omega(X)Y + \Omega(Y)X + \Omega(JX)JY + \Omega(JY)JX,$$

for any  $X, Y \in \mathfrak{S}_0^1(M)$ . In this case  $\Omega$  is also called the associated 1- form of  $V$  (Prvanovic, 1971; Etayo and Gadea, 1992).

Let  $X = X^i \frac{\partial}{\partial x^i}$  and  $\omega = \omega_i dx^i$  be the local expressions of a vector field  $X$  and a covector (1-form) field  $\omega$  on  $M$ , respectively. According to the induced coordinates the vertical lift  ${}^V\omega$  of  $\omega$ , the horizontal lift  ${}^H X$  and the complete lift  ${}^C X$  of  $X$  are obtained as follows

$${}^V\omega = \omega_i \partial_{\bar{i}}, \quad (1)$$

$${}^H X = X^i \partial_i + p_h \Gamma_{ij}^h X^j \partial_{\bar{i}}, \quad (2)$$

$${}^C X = X^j \partial_i - p_h \partial_i X^h \partial_{\bar{i}},$$

where  $\partial_i = \frac{\partial}{\partial x^i}$ ,  $\partial_{\bar{i}} = \frac{\partial}{\partial x^{\bar{i}}}$  and  $\Gamma_{ij}^h$  are the coefficients of symmetric (torsion-free) affine connection  $\nabla$  on  $M$  (Yano and Ishihara, 1973). For arbitrary  $X, Y \in \mathfrak{X}_0^1(M)$  and  $\theta, \omega \in \mathfrak{X}_1^0(M)$ , the Lie bracket operation of vertical and horizontal vector fields on  $T^*M$  is given as follows

$$\begin{cases} [{}^H X, {}^H Y] = {}^H[X, Y] + {}^V(p \circ R(X, Y)) \\ [{}^H X, {}^V \omega] = {}^V(\nabla_X \omega) \\ [{}^V \theta, {}^V \omega] = 0, \end{cases} \quad (3)$$

where  $R = R(X, Y) = [\nabla_X, \nabla_Y] - \nabla_{[X, Y]}$  is the curvature tensor of the symmetric connection  $\nabla$  (Yano and Ishihara, 1973).

### The adapted frame

The adapted frame  $\{E_\alpha\} = \{E_j, E_{\bar{j}}\}$  on each induced coordinate neighbourhood  $\pi^{-1}(U)$  of  $T^*M$  is given by (Yano and Ishihara, 1973)

$$\begin{cases} E_j = {}^H X_{(j)} = \partial_j + p_a \Gamma_{hj}^a \partial_{\bar{h}}, \\ E_{\bar{j}} = {}^V \theta_{(j)} = \partial_{\bar{j}}, \end{cases} \quad (4)$$

where

$$X_{(j)} = \frac{\partial}{\partial x^j}, \theta^j = dx^j, j = 1, \dots, n,$$

the indices  $\alpha, \beta, \gamma, \dots = 1, \dots, 2n$  denote the indices according to the adapted frame. It follows from (1), (2) and (4) that

$$\begin{aligned} {}^V \omega &= \begin{pmatrix} 0 \\ \omega_j \end{pmatrix} \\ {}^H X &= \begin{pmatrix} X^j \\ 0 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

according to the adapted frame  $\{E_\alpha\}$ .

**Lemma 1** The Lie bracket of the adapted frame of  $T^*M$  satisfies the following identities (Yano and Ishihara, 1973)

$$\begin{aligned} [E_i, E_j] &= p_s R_{ijl}^s E_{\bar{l}}, \\ [E_i, E_{\bar{j}}] &= -\Gamma_{il}^j E_{\bar{l}}, \\ [E_{\bar{i}}, E_{\bar{j}}] &= 0, \end{aligned}$$

where  $R_{ijl}^s = \partial_i \Gamma_{jl}^s - \partial_j \Gamma_{il}^s + \Gamma_{ik}^s \Gamma_{jl}^k - \Gamma_{jk}^s \Gamma_{il}^k$  indicates the Riemannian curvature tensor of  $(M, g)$ .

**Lemma 2** Let  $V$  be a vector field of  $T^*M$  with the components  $(v^h, v^{\bar{h}})$ . Then, the Lie derivatives of the adapted frame and the dual basis are obtained as follows (Bilen, 2019):

1.  $L_V E_i = -(E_i v^k) E_k - (v^a p_s R_{iak}^s + E_i v^{\bar{k}} - v^{\bar{a}} \Gamma_{ik}^a) E_{\bar{k}}$ ,
2.  $L_V E_{\bar{i}} = -(E_{\bar{i}} v^k) E_k - (v^a \Gamma_{ak}^i + E_{\bar{i}} v^{\bar{k}}) E_{\bar{k}}$ ,
3.  $L_V dx^h = (E_k v^h) dx^k + (E_{\bar{k}} v^{\bar{h}}) \delta p_k$ ,
4.  $L_V \delta p_h = (v^a p_s R_{kah}^s - v^{\bar{a}} \Gamma_{kh}^a + (E_k v^{\bar{m}}) \delta_h^m) dx^k + (v^a \Gamma_{ah}^k + (E_{\bar{k}} v^{\bar{m}}) \delta_h^m) \delta p_k$ .

{For more work on tangent bundles see (Hasegawa and Yamauchi, 2003; Gezer, 2011)}.

### Riemannian Extension

A pseudo-Riemannian metric  ${}^R\nabla \in \mathfrak{S}_2^0(T^*M)$  is given by (Yano and Ishihara, 1973).

$${}^R\nabla({}^cX, {}^cY) = -\gamma(\nabla_X Y + \nabla_Y X),$$

for any  $X, Y \in \mathfrak{S}_0^1(M)$ , where

$$-\gamma(\nabla_X Y + \nabla_Y X) = p_m(X^j \nabla_j Y^m + Y^j \nabla_j X^m),$$

${}^R\nabla \in \mathfrak{S}_2^0(T^*M)$  with the following components in  $\pi^{-1}(U)$

$${}^R\nabla = ({}^R\nabla_{JI}) = \begin{pmatrix} -2p_h \Gamma_{ji}^h & \delta_j^i \\ \delta_i^j & 0 \end{pmatrix}$$

relative to the natural frame, where  $\delta_j^i$  is the Kronecker delta. The indices  $i, j, k, \dots = 1, \dots, 2n$  correspond to the natural frame  $\left\{ \frac{\partial}{\partial x^i}, \frac{\partial}{\partial x^{\bar{i}}} \right\}$ . The analyzed tensor field defines a pseudo-Riemannian metric in  $T^*M$  and

a line element of the pseudo-Riemannian metric  ${}^R\nabla$  is given by the formula

$$ds^2 = 2dx^i \delta p_i,$$

where

$$\delta p_i = dp_i - p_h \Gamma_{ji}^h dx^j.$$

This metric is called the Riemannian extension of the symmetric affine connection  $\nabla$  (Patterson and Walker, 1952; Yano and Ishihara, 1973). Any tensor field of type (0,2) is entirely detected by its action of  ${}^H X$  and  ${}^V \omega$  on  $T^*M$  (Yano and Ishihara, 1973). Then the Riemannian extension  ${}^R\nabla$  is defined by

$${}^R\nabla({}^V \omega, {}^V \theta) = 0,$$

$${}^R\nabla({}^V \omega, {}^H X) = {}^V(\omega(X)) = (\omega(X)) \circ \pi,$$

$${}^R\nabla({}^H X, {}^H Y) = 0$$

for any  $X, Y \in \mathfrak{S}_0^1(M)$  and  $\omega, \theta \in \mathfrak{S}_1^0(M)$  (Aslanci et al., 2010).

### The Levi-Civita connection of ${}^R\nabla$

${}^c\nabla$  is the Levi-Civita connection of  ${}^R\nabla$ , because of  ${}^c\nabla({}^R\nabla) = 0$ . ( ${}^c\nabla$  is called the complete lift of  $\nabla$  to  $T^*M$ ) The Levi-Civita connection of  ${}^c\nabla$  in  $\pi^{-1}(U) \subset T^*M$  are given by

$${}^c\Gamma_{ji}^h = \Gamma_{ji}^h$$

$${}^c\Gamma_{ji}^{\bar{h}} = -\Gamma_{jh}^i$$

$${}^c\Gamma_{ji}^{\bar{h}} = \frac{1}{2} p_m (R_{jih}^m - R_{ihj}^m + R_{hji}^m) = p_m R_{hij}^m$$

$${}^c\Gamma_{ji}^h = {}^c\Gamma_{ji}^{\bar{h}} = {}^c\Gamma_{ji}^h = {}^c\Gamma_{ji}^{\bar{h}} = {}^c\Gamma_{ji}^{\bar{h}} = 0$$

with respect to adapted frame  $\{E_\alpha\}$ , where  $\Gamma_{ji}^h$  denote the Christoffel symbols constructed with  $g_{ji}$  on  $M$  (Aslanci et al, 2010).

Let us consider a tensor field  $J$  of type (1,1) on  $T^*M$  defined by

$$J^H X = -{}^H X, J^V \omega = {}^V \omega,$$

for any  $X \in \mathfrak{S}_0^1(M)$ , i.e.,  $J E_i = -E_i$ ,  $J E_{\bar{i}} = E_{\bar{i}}$ . Then we obtain  $J^2 = I$ . Therefore  $J$  is an almost paracomplex structure on  $T^*M$ . This almost paracomplex structure is called adapted almost paracomplex structure (Etayo and Gadea, 1992).

## RESULTS AND DISCUSSION

**Theorem 3** Let  $(M, g)$  be a Riemannian manifold and  $T^*M$  be its cotangent bundle with the Riemannian extension and adapted almost paracomplex structure. A vector field  $V$  is an infinitesimal paraholomorphically projective transformation with associated 1- form  $\Omega$  on  $T^*M$  if and only if there exist  $B = (B^h) \in \mathfrak{S}_0^1(M), D = (D_h) \in \mathfrak{S}_1^0(M)$  and  $A = (A_i^h), C = (C_i^h) \in \mathfrak{S}_1^1(M)$  satisfying

1.  $\begin{pmatrix} v^k \\ v^{\bar{k}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} p^s A_s^k + B^k \\ D_k + p_a C_k^a + 4\varphi p_k + 2p_a p_k \Psi^a \end{pmatrix}$
2.  $\nabla_j A^{ki} = 0, \nabla_j C_i^i = 0$
3.  $\nabla_j \varphi = 0, \nabla_j \psi = 0, \nabla_j \Psi^i = 0$
4.  $A^{ia} R_{aij}^s = 0$
5.  $A_s^a R_{aij}^k + A_h^k R_{sij}^h = 0$
6.  $\nabla_i \nabla_j B^k + B^a R_{aij}^k = 2\Omega_i \delta_j^k + 2\Omega_j \delta_i^k = L_B \Gamma_{ij}^k$
7.  $\nabla_i R_{jak}^s - \nabla_a R_{kji}^s = 0$
8.  $R_{jhi}^s \Psi^h = 0$
9.  $\nabla_i \nabla_j D_k + D_a R_{kji}^a = 0$
10.  $C_k^h R_{jih}^s + C_a^s R_{ijk}^a = 0$
11.  $\Omega_j = \frac{1}{4n} \nabla_i \nabla_j B^j, \Omega_{\bar{j}} = \Psi^j$

where  $V = \begin{pmatrix} v^k \\ v^{\bar{k}} \end{pmatrix} = v^k E_k + v^{\bar{k}} E_{\bar{k}}, \Omega = (\Omega_j dx^j + \Omega_{\bar{j}} \delta y^j)$ .

**Proof.** Here we prove only the necessary condition because it is easy to prove the sufficient condition. Let  $V$  be an infinitesimal paraholomorphically projective transformation with the associated 1- form  $\Omega$  on  $T^*M$

$$(L_V \nabla)(X, Y) = \Omega(X)Y + \Omega(Y)X + \Omega(JX)JY + \Omega(JY)JX$$

for any  $X, Y \in \mathfrak{S}_0^1(M)$ .

From

$$(L_V^R \nabla)(E_{\bar{i}}, E_{\bar{j}}) = \Omega(E_{\bar{i}})E_{\bar{j}} + \Omega(E_{\bar{j}})E_{\bar{i}} + \Omega(JE_{\bar{i}})JE_{\bar{j}} + \Omega(JE_{\bar{j}})JE_{\bar{i}}$$

we obtain

$$(L_V^R \nabla)(E_{\bar{i}}, E_{\bar{j}}) = 2(\Omega_{\bar{i}} \delta_k^j + \Omega_{\bar{j}} \delta_k^i) E_{\bar{k}} \quad (5)$$

also

$$(L_V^R \nabla)(E_{\bar{i}}, E_{\bar{j}}) = [\partial_{\bar{i}}(\partial_{\bar{j}} v^k)] E_k + [\partial_{\bar{i}}(\partial_{\bar{j}} v^{\bar{k}})] E_{\bar{k}} \quad (6)$$

from (5) and (6) we obtain

$$\partial_{\bar{i}}(\partial_{\bar{j}} v^k) = 0 \Rightarrow v^k = p^s A_s^k + B^k \quad (7)$$

and

$$\partial_{\bar{i}}(\partial_{\bar{j}} v^{\bar{k}}) = 2(\Omega_{\bar{i}} \delta_k^j + \Omega_{\bar{j}} \delta_k^i). \quad (8)$$

Contracting  $k$  and  $j$  in (8), we have

$$\Omega_{\bar{i}} = \partial_{\bar{i}} \psi, \quad (9)$$

where  $\psi = \frac{1}{2n+2} \partial_{\bar{j}} v^{\bar{j}}$ . If we use the expression (9) in (8), expression (8) is rewritten as follows:

$$\partial_{\bar{i}} (\partial_{\bar{j}} v^{\bar{k}}) = 2(\partial_{\bar{i}} \psi) \delta_k^j + 2(\partial_{\bar{j}} \psi) \delta_k^i. \quad (10)$$

Differentiating (10) partially, we have

$$\begin{aligned} \partial_{\bar{h}} \partial_{\bar{i}} \partial_{\bar{j}} v^{\bar{k}} &= 2\partial_{\bar{h}} \partial_{\bar{i}} \psi \delta_k^j + 2\partial_{\bar{h}} \partial_{\bar{j}} \psi \delta_k^i \\ &= 2\partial_{\bar{h}} \partial_{\bar{i}} \psi \delta_k^j + 2\partial_{\bar{h}} \partial_{\bar{i}} \psi \delta_k^i \delta_i^j \\ &= \partial_{\bar{h}} \partial_{\bar{i}} (4\psi \delta_k^j) \end{aligned}$$

from here we get

$$\partial_{\bar{h}} \partial_{\bar{i}} (\partial_{\bar{j}} v^{\bar{k}} - 4\psi \delta_k^j) = 0.$$

Written here as

$$M_k^{ij} = \partial_{\bar{i}} (\partial_{\bar{j}} v^{\bar{k}} - 4\psi \delta_k^j) \quad (11)$$

and

$$C_k^j + p_a M_k^{aj} = \partial_{\bar{j}} v^{\bar{k}} - 4\psi \delta_k^j, \quad (12)$$

where  $C_k^j$  and  $M_k^{ij}$  are certain functions which depend only on the variables  $(x^h)$ . Also

$$M_k^{ij} + M_k^{ji} = \partial_{\bar{i}} \partial_{\bar{j}} v^{\bar{k}} - 4\partial_{\bar{i}} \psi \delta_k^j + \partial_{\bar{j}} \partial_{\bar{i}} v^{\bar{k}} - 4\partial_{\bar{j}} \psi \delta_k^i.$$

Using (10) in above equation

$$M_k^{ij} = \frac{1}{2} (M_k^{ij} - M_k^{ji}) = 2 \left[ (\partial_{\bar{j}} \psi) \delta_k^i - (\partial_{\bar{i}} \psi) \delta_k^j \right]. \quad (13)$$

Contracting  $k$  and  $j$  in (12), we have

$$C_k^k + p_a M_k^{ak} = (2 - 2n)\psi.$$

From which

$$\psi = \frac{1}{2 - 2n} C_k^k + p_a \frac{1}{2 - 2n} M_k^{ak}$$

and we get

$$\psi = \varphi + p_a \Psi^a, \quad (14)$$

where  $\varphi = \frac{1}{2-2n} C_k^k$  and  $\Psi^a = \frac{1}{2-2n} M_k^{ak}$ , from which we have

$$\Omega_{\bar{i}} = \partial_{\bar{i}} \psi = \Psi^i. \quad (15)$$

If used (13) and (14) in (12) we get

$$\partial_{\bar{j}} v^{\bar{k}} = C_k^j + 4\varphi \delta_k^j + 2p_a \Psi^a \delta_k^j + 2p_k \Psi^j$$

and

$$v^{\bar{k}} = D_k + p_a C_k^a + 4\varphi p_k + 2p_a p_k \Psi^a, \quad (16)$$

where  $D_k$  are certain functions which depend only on  $(x^h)$ . The coordinat transformation rule implies that  $D = (D_k) \in \mathfrak{S}_1^0(M)$ .

Next, from

$$(L_V \nabla)(X, Y) = \Omega(X)Y + \Omega(Y)X + \Omega(JX)JY + \Omega(JY)JX,$$

we have

$$(L_V^R \nabla)(E_{\bar{i}}, E_j) = 0$$

or



$$(L_V^R \nabla)(E_i, E_{\bar{j}}) = 0$$

from which, we get

$$0 = [\nabla_j A^{ki}]E_k + [A^{ia} p_s R_{kaj}^s + v^a R_{jak}^i + \nabla_j C_k^i + 2p_k(\nabla_j \Psi^i) + 2p_a \delta_k^i \nabla_j \Psi^a + 4(\partial_j \varphi) \delta_k^i] E_{\bar{k}}.$$

Therefore,

$$\nabla_j A^{ki} = 0 \quad (17)$$

and

$$A^{ia} p_s R_{kaj}^s + v^a R_{jak}^i + \nabla_j C_k^i + 2p_s(\nabla_j \Psi^s) + 2p_a \delta_k^i \nabla_j \Psi^a + 4(\partial_j \varphi) \delta_k^i = 0. \quad (18)$$

Contracting  $k$  and  $i$  in (18), we have

$$\begin{cases} \nabla_j C_i^i = 0, \\ \nabla_j \varphi = 0 \end{cases} \quad (19)$$

and

$$\nabla_j \Psi^s = \frac{1}{2(n+1)} A^{ia} R_{aij}^s. \quad (20)$$

Lastly, from

$$(L_V^R \nabla)(E_i, E_j) = (2\Omega_i \delta_j^k + 2\Omega_j \delta_i^k) E_k$$

we obtain

$$\begin{aligned} (2\Omega_i \delta_j^k + 2\Omega_j \delta_i^k) E_k &= [\nabla_i \nabla_j v^k + v^a R_{aij}^k + A^{hk} p_s R_{hji}^s] E_k \\ &+ [p_s \left( (\nabla_i v^h) R_{khj}^s + (\nabla_j v^h) R_{khi}^s - (E_{\bar{h}} v^{\bar{k}}) R_{hji}^s \right) \\ &+ v^a p_s (\nabla_i R_{jak}^s - \nabla_a R_{kji}^s) + (v^{\bar{a}} R_{kji}^a + \nabla_i \nabla_j v^{\bar{k}})] E_{\bar{k}} \end{aligned}$$

from which, using (7) and (16), we obtain

$$\nabla_i \nabla_j A_s^k + A_s^a R_{aij}^k + A_h^k R_{sij}^h = 0, \quad (21)$$

$$\nabla_i \nabla_j B^k + B^a R_{aij}^k = 2\Omega_i \delta_j^k + 2\Omega_j \delta_i^k = L_B \Gamma_{ij}^k, \quad (22)$$

$$\nabla_i R_{jak}^s - \nabla_a R_{kji}^s = 0, \quad (23)$$

$$\nabla_i \nabla_j \Psi^s + R_{jhi}^s \Psi^h = 0, \quad (24)$$

$$\nabla_i \nabla_j D_k + D_a R_{kji}^a = 0, \quad (25)$$

$$(\nabla_i B^a) R_{kaj}^s + (\nabla_j B^a) R_{kai}^s + C_k^h R_{jhi}^s + C_a^s R_{kji}^a + \nabla_i \nabla_j C_k^s = 0. \quad (26)$$

From (26), we get

$$K_{ij} = (\nabla_i B^a) R_{kaj}^s + (\nabla_j B^a) R_{kai}^s + C_k^h R_{jhi}^s + C_a^s R_{kji}^a + \nabla_i \nabla_j C_k^s = 0,$$

$$K_{ji} = (\nabla_j B^a) R_{kai}^s + (\nabla_i B^a) R_{kaj}^s + C_k^h R_{ihj}^s + C_a^s R_{kij}^a + \nabla_j \nabla_i C_k^s = 0.$$

$$\begin{aligned} K_{ij} - K_{ji} &= C_k^h (R_{jhi}^s - R_{ihj}^s) + C_a^s (R_{kji}^a - R_{kij}^a) = 0 \\ C_k^h R_{jih}^s + C_a^s R_{ijk}^a &= 0 \end{aligned} \quad (27)$$

Contracting  $j$  and  $k$  in (22), we obtain

$$\Omega_i = \frac{1}{4n} \nabla_i \nabla_j B^j. \quad (28)$$

This completes the proof.

**Theorem 4** Let  $(M, g)$  be a Riemannian manifold and  $T^*M$  be its cotangent bundle with the Riemannian

extension and adapted almost paracomplex structure. If  $T^*M$  admits a non-affine infinitesimal paraholomorphically projective transformation, then  $M$  and  $T^*M$  are locally flat.

**Proof.** Let  $V$  be non-affine infinitesimal paraholomorphically projective transformation on  $T^*M$ , using (3) in the expression of theorem 3, we have  $\nabla_i \|\Psi\|^2 = \nabla_j \|\partial\psi\|^2 = 0$ . Hence,  $\|\Psi\|$  and  $\|\partial\psi\|$  are constant on  $M$ . Suppose that  $M$  is non-locally flat, then  $\Psi = \partial\psi = 0$  by virtue of (9) and (3) in the expression of theorem 3, that is,  $V$  is an infinitesimal affine transformation. This is a contradiction. Therefore,  $M$  is locally flat. In this case  $T^*M$  is locally flat.

**Corollary 5** Let  $(M, g)$  be a Riemannian manifold and  $T^*M$  be its cotangent bundle with the Riemannian extension and adapted almost paracomplex structure. A vertical vector field  $V$  is an infinitesimal paraholomorphically projective transformation with associated 1-form  $\Omega$  on  $T^*M$  if and only if there exist  $D = (D_h) \in \mathfrak{S}_1^0(M)$  and  $C = (C_i^h) \in \mathfrak{S}_1^1(M)$  satisfying

1.  $\begin{pmatrix} v^k \\ v^{\bar{k}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ D_k + p_a C_k^a + 4\varphi p_k + 2p_a p_k \Psi^a \end{pmatrix}$
2.  $\nabla_j C_k^i = 0$
3.  $\nabla_j \varphi = 0, \nabla_j \psi = 0, \nabla_j \Psi^i = 0$
4.  $\nabla_i \nabla_j D_k + D_a R_{kji}^a = 0$
5.  $C_a^s R_{kji}^a + C_k^h R_{jhi}^s = 0$
6.  $\Psi^h R_{jhi}^s = 0$
7.  $\Psi^a R_{jki}^s + \Psi^s R_{kji}^a = 0$
8.  $\Omega_j = 0, \Omega_{\bar{j}} = \Psi^j$

where  $V = \begin{pmatrix} 0 \\ v^{\bar{k}} \end{pmatrix} = v^{\bar{k}} E_{\bar{k}}, \Omega = (\Omega_j dx^j + \Omega_{\bar{j}} \delta y^{\bar{j}})$ .

## CONCLUSION

In this article, we use the Levi-Civita connection of the Riemannian extension and we give definition and formulas almost paracomplex structure  $J$ . Then we research the infinitesimal paraholomorphically projective transformation on cotangent bundle with respect to the Levi-Civita connection of the Riemannian extension ( ${}^R\nabla$ ) and adapted almost paracomplex structure  $J$ .

## REFERENCES

- Aslanci S, Kazimova S and Salimov A A, 2010. Some remarks concerning Riemannian extensions. Ukrainian Mathematical Journal, 62(5): 661-675.
- Bilen L, 2019. Projective Vector Fields on the Cotangent Bundle with Modified Riemannian Extension. Journal of the Institute of Science and Technology, 9(1): 389-396.
- Cruceanu V, Gadea PM and Munoz Masque J, 1995. Para-Hermitian and Para-Kahler Manifolds. Quaderni Inst. Math. Messina, 2: 1-70.
- Etayo F and Gadea PM, 1992. Paraholomorphically projective vector field. An. St.Univ."Al. I. Cuza" Iași Sect. a Mat. (N. S.), 38: 201-210.
- Gezer A, 2011. On infinitesimal holomorphically projective transformations on the tangent bundles with

- respect to the Sasaki metric. Proc. Est. Acad. Sci, 60(3): 149-157
- Hasegawa I and Yamauchi K, 1979. On infinitesimal holomorphically projective transformations in compact Kaehlerian manifolds. Hokkaido Math. J, 8: 214–219.
- Hasegawa I and Yamauchi K, 2003. Infinitesimal holomorphically projective transformations on the tangent bundles with horizontal lift connection and adapted almost complex structure. J. Hokkaido Univ. Education, 53: 1–8.
- Hasegawa I and Yamauchi K, 2005. Infinitesimal holomorphically projective transformations on the tangent bundles with complete lift connection. Differ. Geom. Dyn. Syst, 7: 42–48.
- Iscan M and Magden A, 2008. Infinitesimal paraholomorphically projective transformations on tangent bundles with diagonal lift connection. Differential Geometry - Dynamical Systems, Vol.10: 170-177.
- Patterson E M and Walker A G, 1952. Riemannian extensions. Quant. J. Math, 3: 19–28.
- Prvanovic M, 1971. Holomorphically projective transformations in a locally product spaces. Math. Balkanika (N.S.), 1: 195-213.
- Salimov A A, Iscan M and Etayo F, 2007. Paraholomorphic B-manifold and its properties. Topology and its Application, 154: 925-933.
- Tarakci O, Gezer A and Salimov A A, 2009. On solutions of IHPT equations on tangent bundle with the metric II+III. Math.Comput. Modelling, 50: 953–958.
- Yano K, Ishihara S, 1973. Tangent and cotangent bundles. Marcel Dekker, Inc. New York.

## On the Financial Situation Analysis with KNN and Naive Bayes Classification Algorithms

Oğuzcan ULUDAĞ<sup>1</sup>, Arif GÜRİSOY<sup>1\*</sup>

**ABSTRACT:** Classification, a data mining technique, has been applied on the financial parameters used in the Altman Z-Score formulas for a certain number of selected firms in manufacturing industry. The Altman Z-Score is used to estimate a firm's financial difficulties. The Z-Score value shows whether the financial position of the firm is good, moderate or risky. In this study, KNN and Naive Bayes algorithms are used as classification methods. The Z-Score values of all firms are calculated and a certain number of data for all three types are selected and taught to the system as learning data. Algorithms are run on the financial parameters in the Z-Score formulas of companies not taught to the system. Over all data, The KNN and Naive Bayes algorithms achieve 84–88% and 75–86% success, respectively. This study, where data mining techniques are applied on a finance model and successful results are achieved, will contribute to the application of different technologies in many different analysis processes of the financial sector.

**Keywords:** Data Mining, Classification, Financial Analysis, Altman Z-Score

### KNN ve Naive Bayes Sınıflandırma Algoritmaları ile Finansal Durum Analizi Üzerine

**ÖZET:** Bu çalışmada veri madenciliği tekniklerinden biri olan sınıflandırma, imalat sanayi sektöründe hizmet veren belirli sayıda seçilmiş firmaların Altman Z-Skor formülünde kullanılan finans parametreleri üzerinde uygulanmıştır. Altman Z-Skor değeri bir firmanın finansal zorluklarla karşılaşma durumunun tahminlemede kullanılır. Z-Skor değeri, firmanın finansal durumunun iyi, orta veya riskli olup olmadığı hakkında yorum yapar. Bu makalede sınıflandırma yöntemi için KNN ve Naive Bayes algoritmaları kullanılmıştır. Bütün firmaların Z-Skor değerleri hesaplanmış ve her 3 tipten belirli sayıda veri seçilerek öğrenme verisi olarak sisteme öğretilmiştir. Algoritmalar sisteme öğretilmemiş firmaların Z-Skor formülündeki finans parametreleri üzerinde çalıştırılmıştır. Tüm veri üzerinde KNN algoritması yaklaşık %84-88, Naive Bayes algoritması ise %75-86 aralığında başarı ile sonuçlanmıştır. Veri madenciliği tekniklerinin bir finans modeli üzerinde uygulandığı ve başarılı sonuçların elde edildiği bu proje, farklı teknolojilerin finans sektörünün bir çok farklı analiz süreçlerinde uygulanmasına katkı sağlayacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Veri Madenciliği, Sınıflandırma, Finansal Analiz, Altman Z-Skor

<sup>1</sup>Oğuzcan ULUDAĞ (Orcid ID: 0000-0003-0516-0014), Arif GÜRİSOY (Orcid ID: 0000-0002-0747-9806), Ege University, Faculty of Science, Department of Mathematics, İzmir, Turkey

\*Corresponding Author: Arif GÜRİSOY, e-mail: arif.gursoy@ege.edu.tr

## INTRODUCTION

Data is the most fundamental part of information. The data forms meaningful or meaningless expressions as it is merged. The main goal is to discover meaningful information from the data warehouses formed by the data. The difficulty of the process of discovering information is directly proportional to the size of the data. The smaller our data warehouse, the easier it is to discover information.

With the development of technology, meaningful expressions, predictions or links can be discovered from large data warehouses. This process is called data mining. Data mining is directly related to the structure of the data. Different data mining techniques can be applied depending on the type or structure of the data being studied. Classification is one of the most commonly used data mining techniques. This method is very important because most existing data models are relational.

Data mining is the method in financial analysis. When data mining methods are applied to financial statements, which are financial indicators of companies, it will be possible to obtain useful information about the financial behavior of companies (Özkan and Boran, 2014). In order to make a decision about the financial situation of a company, the financial statements of that company should be consulted. In these financial statements, briefly, we can see the details of a company's receivables and payables. This data is interpreted with financial statement analysis techniques and enables the firms to comment on their financial situation. There are some financial models that comment on the failure situations of firms using this data. Beaver's 1966 study is an early piece of research on the prediction of financial failure. Beaver used the discriminant analysis method by grouping the financial ratios selected for the prediction of financial failure (Beaver, 1966).

Another approach to the prediction of financial failure is Altman's study, based on multiple discriminant analysis methods. Altman formulated the Z-Scores model by using the financial ratios he had determined (Altman, 1968).

Many different approaches have been applied to financial data. Ohlson used logistic regression analysis in his study on the bankruptcy prediction of firms. He used three different models in his study, consisting of one year before the company's bankruptcy, two years before the bankruptcy, and finally one and two years before (Ohlson, 1980). In 2003, Aktaş used discriminatory, multiple regression and artificial neural network models. This method has been applied to 106 enterprises, one half successful and the other half unsuccessful. The study found that the artificial neural network model is more efficient than the multiple regression model in predicting financial failure (Aktaş, 2003). In their 2016 study on financial failure, Kaygın, Tazegül and Yazarkan used data mining and logistic regression analysis. It has been analyzed that the logistic regression model makes a successful prediction (Kaygın et al., 2016). In 2017, Dewi and Hadri used regression analysis on financial ratios to estimate the financial failures of firms, determining that working capital/total assets, current ratio, stock book value/total liabilities, total debt/total assets, interest and profit before tax/total liabilities ratios are important parameters (Dewi and Hadri, 2017). In the same year, Kürklü and Türk analyzed the financial failure estimate of 166 companies that member BIST by using Altman Z-Score and Springate S-Score models (Kürklü and Türk, 2017). In 2018, Fathi, Saif and Heydari used to data mining models to predict bankruptcy of companies and compared the results with Z Altman model. Their study was shown that data mining model has more power to predict bankruptcy (Fathi et al., 2018).

In this study, classification algorithms, a data mining technique, are applied to the Altman Z-Score finance model. The validity of the process has been measured by comparing the classification results according to the Z-Score values. Thus, a new data mining approach aims to carry out financial situation



analysis. There are several important points that increase the value of this study. First, it aims to provide a new perspective on financial analysis methods by using developing technology on today's data. The other, it aims to is a more efficient analysis with use less data.

The aim of this study is to analyze the data status of 156 firms operating in the manufacturing industry using data mining methods. Altman Z-Score values have been calculated using the financial values obtained from the Kamu Aydınlatma Platformu (KAP) between 2013 and 2018. The classification process has been applied to the parameters used in Altman Z-Score calculation. Altman Z-score values for companies in the same class have been compared, and the success of the method has been calculated.

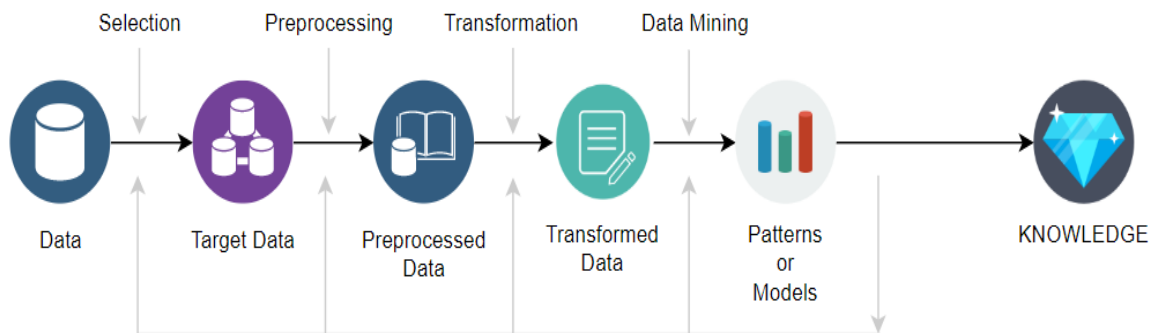
## MATERIALS AND METHODS

In this study, the financial values of 156 firms operating in the manufacturing industry between 2013-2018 have been taken from the Kamu Aydınlatma Platformu (KAP). A total of 936 records have been used as dataset. The Z-Score value of each firm record has been calculated through this dataset. A financial status labels have been assigned to each firm according to Z-Score value. KNN and Naive Bayes algorithms have been run on the parameters used in Altman Z-Score formula of each firm regardless of formula coefficients. The classification results have been compared with predetermined labels and the success of the algorithms have been observed.

### Data Mining

Data mining is the process of obtaining information that may be useful from a large, noisy, incomplete and fuzzy collection of data that has not been previously discovered (Agrawal et al., 1993). In other words, it is the discovery of potentially useful information from large databases.

Data mining is a process seeking to discover a meaningful relationship between data communities. Data must go through several steps, as shown in Figure 1.



**Figure 1.** Data mining steps

In Figure 1, data selection is one of the most time-consuming stages. This is where the relevant data is collected and combined. In the preprocessing stage, data that is not suitable for use is cleaned and made available for use in the next steps. In the transformation stage, the cleaned data is converted to the required format for the application of data mining techniques. Data mining techniques are applied on data that is ready for the data mining stage. In the last stage, the results of the applied techniques are analyzed and information is discovered.

Classification is one of the most common methods used in data mining. The purpose of classification is to process the ungrouped data into groups according to similarities. Classification algorithms try to properly accomplish this by learning a classification method from the given training set.

The most common classification methods are as follows:

- Decision Trees
- Artificial Neural Networks
- Bayes Classifiers
- KNN (K-Nearest Neighbors) Methods
- Support Vector Machines
- Genetic Algorithms
- Association-based Classifiers

This study uses KNN and Naive Bayes algorithms. The KNN algorithm, one of the simplest and most important classification methods, memorizes all training data in advance. It finds the  $k$  data groups closest to the test data to be classified. Within this group, it completes the classification process by assigning a label to the data closest to the test data (Wu et al., 2008). Another important classification method is the Bayes method. A certain amount of learning data is processed into the system, and the algorithm tries to classify the test data by evaluating it using probabilistic operations on the learned data.

### **KNN (K Nearest Neighborhood) Algorithm**

KNN is the most important nonparametric controlled learning algorithm in pattern recognition (Dasarathy, 1991). The algorithm calculates the distance of the data to be classified from the learning data and controls the nearest “ $k$ ” neighbors to it. Based on these nearest neighbors, it then performs the labeling process. There are 3 types of distance functions commonly used for distance calculation operations:

- Euclidean Distance
- Manhattan Distance
- Minkowski Distance

Pseudo Code of the KNN Algorithm:

1. Create learning data
2. Determine the number of nearest neighbors ( $k$ )
3. For each record in the learning data
  - Calculate distances
  - Choose the nearest  $k$  neighbors
  - Label according to the majority of selected classes
4. End

### **Naive Bayes Algorithm**

The Naive Bayes algorithm is a probability classification algorithm that calculates the probability set by counting the frequency and combinations of values in a data set (Patil and Sherekar, 2013). The algorithm calculates the probability of each state of the data to be classified, then performs the classification according to the highest calculated probability value.

The Naive Bayes classification process is based on Bayes' theorem:

$$P(A | B) = \frac{P(B | A) P(A)}{P(B)} \quad (1)$$

$P(A / B)$  = Probability of event A when event B occurs

$P(A)$  = Probability of event A

$P(B / A)$  = Probability of event B when event A occurs

$P(B)$  = Probability of event B

Pseudo Code of the Naive Bayes Algorithm:

1. Create learning data
2. Calculate the average and standard deviations of the estimated variables
3. Calculate the probability of each state of the data
4. Make the classification according to the highest probability
5. End

### Altman Z-Score Model

Altman has conducted a study to analyze the bankruptcies of firms. The analysis was conducted on 66 firms in total by selecting 33 companies for two groups, bankrupt and nonbankrupt, operating in the manufacturing industry sector. He has identified 22 significant financial ratios that should be evaluated using financial statements. He has divided these variables into five groups, liquidity, profitability, leverage, solvency and efficiency, and has developed the following formula according to these selected ratios (Altman, 1968):

$$Z = 0.012 X_1 + 0.014 X_2 + 0.033 X_3 + 0.006 X_4 + 0.999 X_5 \quad (2)$$

The parameters used in the formula are as follows:

- $X_1$  = Working Capital/Total Assets
- $X_2$  = Retained Earnings/Total Assets
- $X_3$  = Earnings before Interest and Taxes/Total Assets
- $X_4$  = Market Value of Equity/Book Value of Total Liabilities
- $X_5$  = Sales/Total Assets

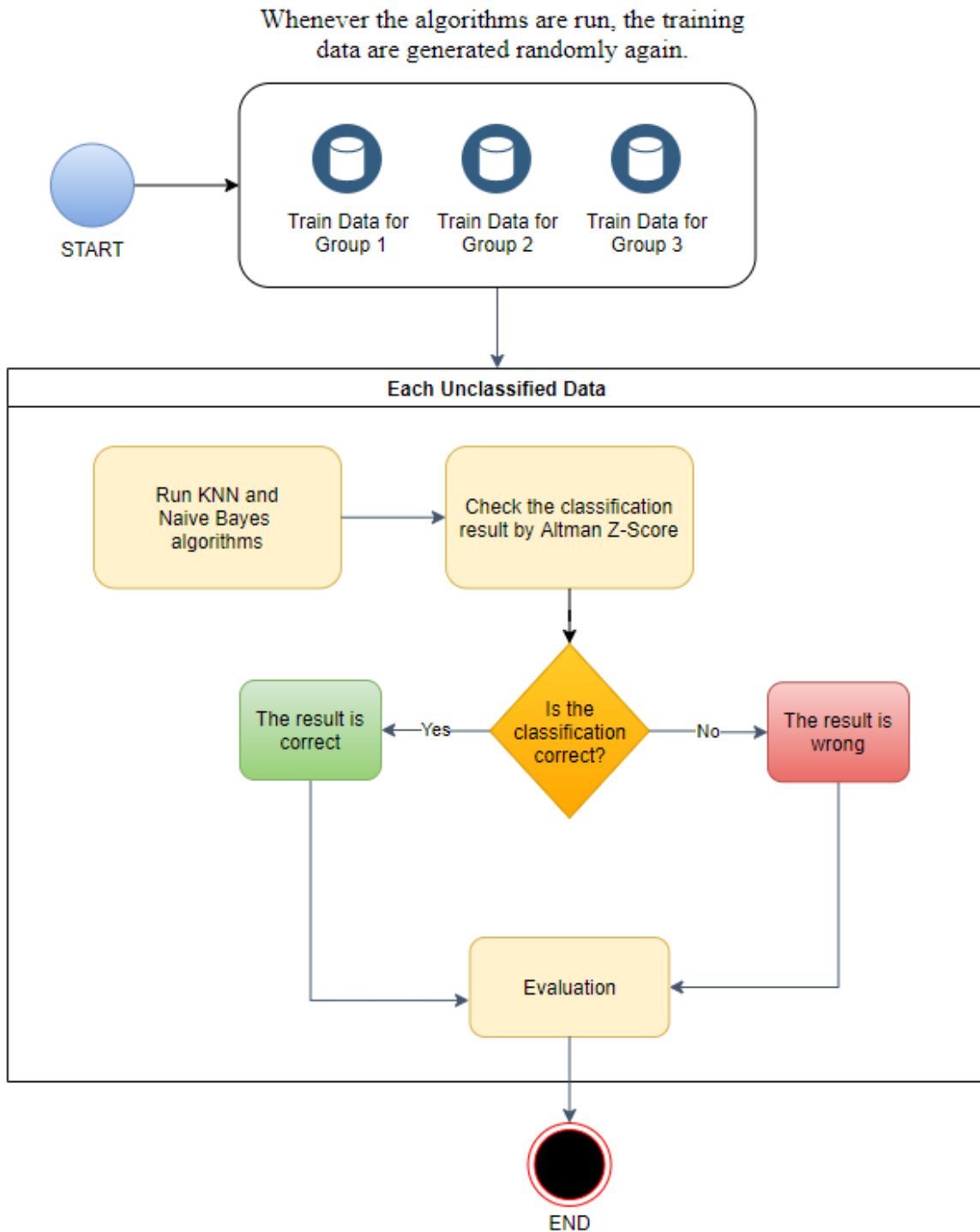
If the Z-score value

- $> 2.99$ , the company's condition is good
- $1.81 < Z < 2.99$ , the company's condition is moderate
- $< 1.81$ , the company's condition is risky

### RESULTS AND DISCUSSION

This study has developed a data mining approach for the analysis of the financial situations of firms operating in the manufacturing industry. The ratios obtained from a total of 936 financial data of 156 firms for 2013–2018 have been used as data. The Z-Score value of each firm has been calculated to determine its financial position. Companies with a Z-Score higher than 2.99 have good financial standing, companies with a Z-Score between 1.81 and 2.99 have normal financial standing and companies with a Z-Score below 1.81 have poor financial standing.

From the dataset, 50 financial data have been defined as learning data for every three different groups, with a total of 150 data, financial status good, moderate and risky. The implementation of the KNN and the Naive Bayes algorithms have performed the classification operations on the learned data defined in the system. Algorithms have been run on data unknown to the system. It has been evaluated whether the financial positions of the companies have been correctly classified. The business flow is shown in Figure 2.



**Figure 2.** Business flowchart

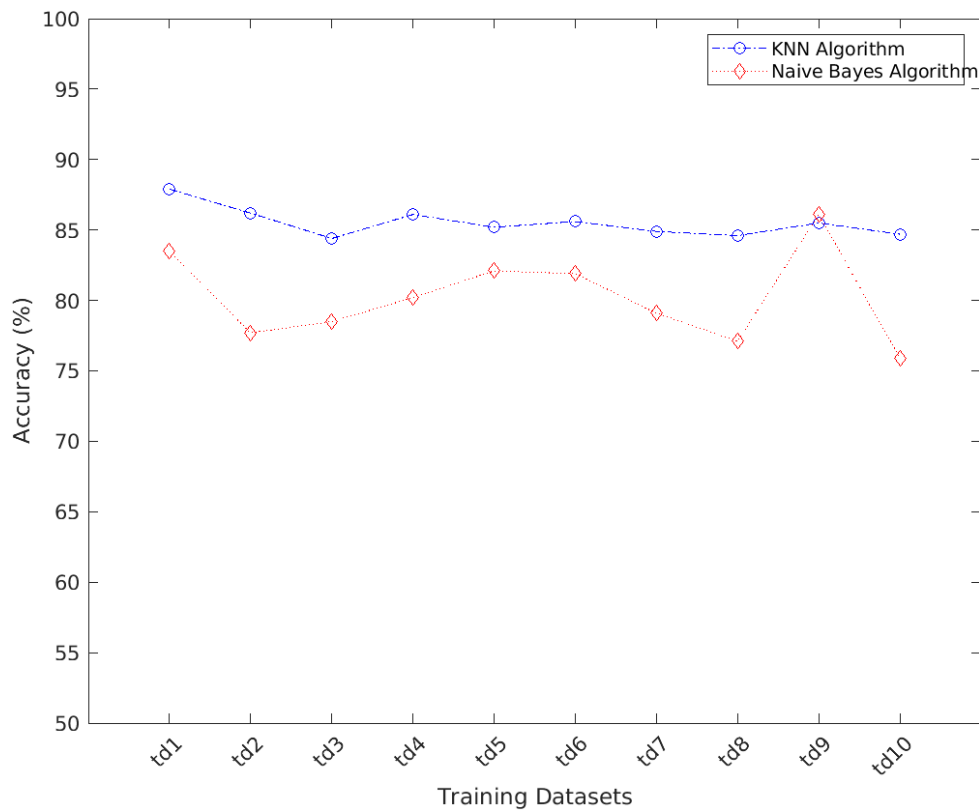
These algorithms have been implemented in the C# programming language using Visual Studio IDE and tested on an i7-6700HQ machine with a 2.60 GHz processor and 16GB RAM. Whenever the

algorithms have been run, learning data has been generated by selecting from different data. Thus, the consistent success of the algorithm on different learning data has been observed. In the calculation process, the algorithms were run 10 times. The accuracy of the algorithm was determined by the number of companies assigned to the correct class as a result of the classification process. The results are shown in Table 1.

As can be seen from the Figure 3, the algorithms have been compared and we find that learning data directly affects the success of the algorithm. 10 experiments, the accuracy of the KNN algorithm is higher than the Naive Bayes algorithm.

**Table 1.** The success of KNN and Naive Bayes algorithms

Running Number	KNN Accuracy (%)	KNN Correct Assignment	KNN Running Time (ms)	Naive Bayes Accuracy (%)	Naive Bayes Correct Assignment	Naive Bayes Running Time (ms)
1	87.9	691	11	83.5	657	9
2	86.2	678	15	77.7	611	5
3	84.4	664	14	78.5	617	5
4	86.1	677	16	80.2	631	5
5	85.2	670	14	82.1	646	5
6	85.6	673	12	81.9	644	9
7	84.9	668	10	79.1	622	11
8	84.6	665	15	77.1	606	8
9	85.5	672	18	86.1	655	9
10	84.7	666	12	75.9	597	10



**Figure 3.** Comparison graph of success of the KNN and Naive Bayes algorithms



## CONCLUSION

In this study, a data mining classification technique has been used in the financial situation analysis of firms. KNN and Naive Bayes algorithms have been selected for classification. Fifty data samples from each financial status group have been defined to the system as learning data. Results show that the KNN algorithm completed the classification process with a success of 84–88%, and the Naive Bayes algorithm did so with a success of 75–86%.

Learning data is very important for the success of the classification process. Differences in learning data may change the classification results. In this study, learning data has been randomly selected from each group.

Successful results have been obtained by using data mining classification techniques in the financial situation analysis of firms. This result increases the usefulness of data mining techniques in financial analysis processes. Future studies will aim to increase the accuracies by ensuring the algorithms work more effectively.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This study is supported by Ege University Scientific Research Projects Directorate with the project number 21759.

## REFERENCES

- Agrawal R, Imielinski T, Swami A, 1993. Database mining: A performance perspective. *IEEE transactions on knowledge and data engineering*, 5(6): 914-925.
- Altman EI, 1968. Financial ratios, discriminant analysis and the prediction of corporate bankruptcy. *The journal of finance*, 23(4): 589-609.
- Aktaş R, 2003. Mali Başarısızlığın Öngörülmesi: İstatistiksel Yöntemler ve Yapay Sinir Ağı Karşılaştırılması. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 58(04).
- Beaver WH, 1966. Financial ratios as predictors of failure. *Journal of accounting research*, 71-111.
- Dasarathy BV, 1991. Nearest neighbor (NN) norms: NN pattern classification techniques. *IEEE Computer Society Tutorial*.
- Dewi A, Hadri M, 2017. Financial distress prediction in Indonesia companies: finding an alternative model. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, 61(1).
- Fathi S, Saif S, Heydari Z, 2018. Predicting bankruptcy of companies using data mining models and comparing the results with Z Altman model. *International journal of finance & managerial accounting*, 3(10): 33-46.
- Kaygın CY, Tazegül A, Yazarkan H, 2016. İşletmelerin Finansal Başarılı ve Başarısız Olma Durumlarının Veri Madenciliği ve Lojistik Regresyon Analizi ile Tahmin Edilebilirliği. *Ege Academic Review*, 16(1).
- Kürklü E, Türk Z, 2017. Financial failure estimate in bist companies with Altman (Z-score) and Springate (S-score) models. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1(1): 1-14.
- Ohlson JA, 1980. Financial ratios and the probabilistic prediction of bankruptcy. *Journal of accounting research*, 109-131.
- Patil TR, Sherekar SS, 2013. Performance analysis of Naive Bayes and J48 classification algorithm for data classification. *International journal of computer science and applications*, 6(2): 256-261.
- Özkan M, Boran L, 2014. Veri Madenciliğinin Finansal Kararlarda Kullanımı. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İİBF Dergisi*, 4(1): 59-82.
- Wu X, Kumar V, Ross Quinlan J, et al. 2008. Top 10 algorithms in data mining. *Knowledge and information systems*, 14: 1-37.

### Some Fixed Point Theorems in Partial Fuzzy Metric Spaces

Başak ALDEMİR<sup>1</sup>, Elif GÜNER<sup>1\*</sup>, Ebru AYDOĞDU<sup>1</sup>, Halis AYGÜN<sup>1</sup>

**ABSTRACT:** The aim of this study is basically to give some fundamental fixed point theorems in partial fuzzy metric spaces. Firstly, we investigate the relationships of partial metric space and fuzzy metric space with partial fuzzy metric spaces. Then we define some contractive/contraction mappings similar to the Banach contraction mappings in the classical sense. Also, we show that these mappings have a unique fixed point under some conditions. Finally, we give some examples to illustrate the validity of the obtained results and the necessity of added conditions.

**Keywords:** Partial metric, partial fuzzy metric, completeness, fixed point theorem.

<sup>1</sup>Başak ALDEMİR (Orcid ID: 0000-0002-9073-9364), Elif GÜNER (Orcid ID: 0000-0002-6969-400X), Ebru AYDOĞDU (Orcid ID: 0000-0002-2777-8651), Halis AYGÜN (Orcid ID: 0000-0003-3263-3884), Kocaeli Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, Kocaeli, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Elif GÜNER, e-mail: elif.guner@kocaeli.edu.tr

## INTRODUCTION

In 1965, Zadeh initiated the theory of fuzzy set to handle the uncertainty using the membership degree. This theory has found many applications in a lot of fields since there are many real-life problems where the nature of a given system possesses fuzziness. The concept of fuzzy metric space was defined in two different ways by Kramosil and Michalek (1975) and Kaleva and Seikkala (1984). Later, George and Veeramani (1994) redefined the notion of fuzzy metric space in a slightly different way from Kramosil and Michalek to construct a Hausdorff ( $T_2$ ) topology from a given fuzzy metric space. Grabiec (1988) gave the Banach contraction theorem in the fuzzy metric setting in the means of Kramosil and Michalek (1975). Afterward, many authors (Piera, 2001, Vasuki 2003, Mihet 2004/2008, Rodriguez-Lopez and Romaguera, 2004, Gregori et al., 2010) proved some fixed point theorems on fuzzy metric space in several senses and became interested in topological properties of fuzzy metric spaces.

In literature, there are many types of generalized metric spaces were introduced by modifying the metric axioms (Gähler 1963, Czerwik 1993, Mustafa and Sims 2006). At the same time, a lot of research has been done in these structures related to fixed point theory (Czerwik 1993, Lahiri et al. 2011, Şahin et al. 2015, Başarır and Şahin 2017). One of the generalizations of metric spaces is the notion of partial metric space which was given by Matthews (1994) as an extension of metric space where the self-distance of any point is not necessarily equal to zero. This concept is motivated with the applications to computer science. Bukatin et al. (2009) showed how the mathematics of nonzero self-distance for metric space has been established. They also considered some possible uses of partial metric spaces. Then, Valero (2005), Altun et al. (2010), Haghi et al. (2013) obtained some extensions of the result of Matthews related to Banach fixed point theorem. In the last years, Yue and Gu (2014), Sedghi et al. (2015) and Gregori et al. (2019) studied fuzzy partial metric spaces as a generalized of both partial metric space and fuzzy metric space. Yue and Gu (2014) defined the notion of fuzzy partial metric space by considering the continuous minimum t-norm. Then, Yue and Gu (2014) gave the probabilistic partial metric space is an extension of both partial metrics and fuzzy ones by the sense of  $\Delta_+$ -valued sets. They also generalized some fixed points theorems which is given by Grabiec sense and Gregori and Sapena sense to probabilistic partial metric spaces. After Sedghi et al. (2015) obtained the partial fuzzy metric space by generalizing the structure of non-Archimedean (strong) fuzzy metric and they obtained some fixed point results in this spaces. Gregori et al. (2019) approached the concept of fuzzy partial metric space by merging fuzzy metric space and partial metric space with residue operator which is pertinent to continuous t-norm. They also defined the notion of open ball and induced a  $T_0$ -topology from fuzzy partial metric.

In this work, we investigate the relationships of partial metric space and fuzzy metric space with partial fuzzy metric spaces in the sense of Sedghi et al. (2015). Then, we show that each fuzzy partial metric induces a fuzzy metric under some conditions. After, we define some contractive/contraction mappings similar to the Banach contraction mappings well-known in the fuzzy sense. As the main purpose, we show that these mappings have a unique fixed point under which conditions. Moreover, we show that some of the fixed point generalizations in partial fuzzy metric space can be induced by the pertinent result in fuzzy metric space. Finally, we give some examples to illustrate the validity of the presented results.

## MATERIALS AND METHODS

We recall some basic definitions such as fuzzy metric, partial metric, partial fuzzy metric in the sense of Sedghi et al. (2015) and some notions related in these concepts which will be useful for the main results. Also, we observe some basic properties of partial fuzzy metric spaces.

**Definition 1.** A partial metric space (shortly, PMS) on  $U$  is a pair  $(U, p)$  such that  $U$  is a non-empty set and  $p: U \times U \rightarrow \mathbb{R}^+$  is a mapping providing the listed conditions for all  $x, y, z \in U$ :

$$(PM1) \quad p(x, x) \leq p(x, y),$$

$$(PM2) \quad p(x, x) = p(x, y) = p(y, y) \text{ if and only if } x = y,$$

$$(PM3) \quad p(x, y) = p(y, x),$$

$$(PM4) \quad p(x, z) \leq p(x, y) + p(y, z) - p(y, y) \text{ (Matthews, 1994).}$$

Note that the self-distance of any point is not necessarily equal to zero in partial metric space. If  $p(x, x) = 0$  for all  $x \in U$ , then the partial metric  $p$  is an ordinary metric on  $U$ . So a partial metric is a generalization of ordinary metric (Matthews, 1994).

**Example 1.** Let  $p: \mathbb{R}^+ \times \mathbb{R}^+ \rightarrow \mathbb{R}^+$  be a mapping with  $p(x, y) = \max\{x, y\}$  for all  $x, y \in \mathbb{R}^+$ . Then  $(\mathbb{R}^+, p)$  is a PMS such that the self-distance of any point  $x \in \mathbb{R}^+$  is equal to itself (O'Neill, 1995).

**Definition 2.** Let  $(U, p)$  be a PMS and  $(x_n)$  be a sequence in  $U$ .

$$(i) \quad (x_n) \text{ is said to converge to } x \in U \text{ if } \lim_{n \rightarrow \infty} p(x_n, x) = p(x, x).$$

$$(ii) \quad (x_n) \text{ is said to be a Cauchy sequence if } \lim_{n, m \rightarrow \infty} p(x_n, x_m) \text{ exists.}$$

$$(iii) \quad (U, p) \text{ is said to be complete if there is a point } x \in U \text{ such that } \lim_{n, m \rightarrow \infty} p(x_n, x_m) = \lim_{n \rightarrow \infty} p(x_n, x) = p(x, x) \text{ (Matthews, 1994).}$$

**Definition 3.** Let  $(U, p)$  be a complete PMS and  $f$  be a self-mapping on  $U$ . The mapping  $f$  is said to be a partial contractive mapping on  $U$  if there exists a  $k \in (0, 1)$  such that

$$p(f(x), f(y)) \leq kp(x, y)$$

for all  $x, y \in U$  (Matthews, 1994).

**Theorem 1.** Let  $(U, p)$  be a complete PMS and  $f$  be a partial contractive mapping on  $U$ . Then there exists a unique point  $x \in U$  such that  $f(x) = x$ . Also,  $p(x, x) = 0$  (Matthews, 1994).

**Definition 4.** A binary operation  $\odot$  on  $[0, 1]$  is called a continuous t-norm if the listed conditions are provided for all  $x, y, z, w \in [0, 1]$ :

$$(i) \quad x \odot y = y \odot x \text{ and } x \odot (y \odot z) = (x \odot y) \odot z$$

$$(ii) \quad \odot \text{ is continuous on } [0, 1] \times [0, 1],$$

$$(iii) \quad x \odot 1 = x,$$

$$(iv) \quad \text{If } x \leq y \text{ and } z \leq w, \text{ then } x \odot z \leq y \odot w \text{ (George and Veeramani, 1994).}$$

**Definition 5.** Let  $U$  be a nonempty set,  $\odot$  be a continuous t-norm and  $\mathcal{M}: U \times U \times (0, \infty) \rightarrow [0, 1]$  be a mapping. If the listed conditions are satisfied for all  $x, y, z \in U$  and  $t, s > 0$ , then the triplet  $(U, \mathcal{M}, \odot)$  is said to be a fuzzy metric space (shortly, FMS):

- (FM1)  $\mathcal{M}(x, y, t) > 0$ ,  
 (FM2)  $\mathcal{M}(x, y, t) = 1$  if and only if  $x = y$ ,  
 (FM3)  $\mathcal{M}(x, y, t) = \mathcal{M}(y, x, t)$ ,  
 (FM4)  $\mathcal{M}(x, z, t + s) \geq \mathcal{M}(x, y, t) \circledast \mathcal{M}(y, z, s)$ ,  
 (FM5)  $\mathcal{M}(x, y, \cdot)$  is continuous on  $(0, \infty)$  (George and Veeramani, 1994).

If a FMS  $(U, \mathcal{M}, \circledast)$  provide the following condition for all  $x, y, z \in U$  and  $s, t > 0$ , then  $(U, \mathcal{M}, \circledast)$  is said to be a non-Archimedean (strong) FMS

$$\mathcal{M}(x, y, \max\{t, s\}) \geq \mathcal{M}(x, z, t) \circledast \mathcal{M}(z, y, s)$$

(Gregori et al., 2010)

**Proposition 1.** If  $(U, \mathcal{M}, \circledast)$  is a FMS, then  $\mathcal{M}(x, y, \cdot) : (0, \infty) \rightarrow [0, 1]$  is non-decreasing for all  $x, y \in U$  (George and Veeramani, 1994).

**Definition 6.** Let  $(U, \mathcal{M}, \circledast)$  be a FMS and  $(x_n)$  be a sequence in  $U$ .

- (i)  $(x_n)$  is said to converge to  $x \in U$  if  $\mathcal{M}(x_n, x, t) \rightarrow 1$  as  $n \rightarrow \infty$  for all  $t > 0$ .
- (ii)  $(x_n)$  is said to be a Cauchy sequence if  $\mathcal{M}(x_n, x_m, t) \rightarrow 1$  as  $n, m \rightarrow \infty$  for all  $t > 0$ .
- (iii) If each Cauchy sequence  $(x_n)$  converges to a point  $x \in U$ , then  $(U, \mathcal{M}, \circledast)$  is called complete (George and Veeramani, 1994).

**Theorem 2.** Let  $(U, \mathcal{M}, \circledast)$  be a FMS. If  $f$  is a self-mapping on  $U$  satisfying  $\mathcal{F}(f(x), f(y), t) > \mathcal{F}(x, y, t)$  for all  $x, y \in U$  ( $x \neq y$ ) and  $t > 0$  and there is a point  $x_0 \in U$  whose sequence of iterates  $(f^n(x_0))$  contains a convergent subsequence  $(f^{n_i}(x_0))$ , then  $f$  has a unique fixed point in  $U$  (Grabiec, 1988).

Partial fuzzy metric space was defined by Sedghi et al. (2015) as a generalization of partial metric and fuzzy metric spaces:

**Definition 7.** Let  $U$  be a nonempty set,  $\circledast$  be a continuous t-norm and  $\mathcal{F} : U \times U \times (0, \infty) \rightarrow [0, 1]$  be a mapping. If the listed conditions are satisfied for all  $x, y, z \in U$  and  $t, s > 0$ , then the triplet  $(U, \mathcal{F}, \circledast)$  is said to be a partial fuzzy metric space (shortly, PFMS) :

- (PFM1)  $x = y$  if and only if  $\mathcal{F}(x, y, t) = \mathcal{F}(x, x, t) = \mathcal{F}(y, y, t)$ ,  
 (PFM2)  $\mathcal{F}(x, x, t) \geq \mathcal{F}(x, y, t) > 0$ ,  
 (PFM3)  $\mathcal{F}(x, y, t) = \mathcal{F}(y, x, t)$ ,  
 (PFM4)  $\mathcal{F}(x, z, t) \circledast \mathcal{F}(z, y, s) \leq \mathcal{F}(x, y, \max\{t, s\}) \circledast \mathcal{F}(z, z, \max\{t, s\})$ ,  
 (PFM5)  $\mathcal{F}(x, y, \cdot)$  is continuous on  $(0, \infty)$  (Sedghi et al., 2015).

**Remark 1.** Let  $(U, \mathcal{F}, \circledast)$  be a PFMS.

(1) If  $\mathcal{F}(x, y, t) = 1$ , then  $x = y$  from the conditions (PFM1) and (PFM2). But the converse of this implication need not be necessarily true. i.e.,  $\mathcal{F}(x, y, t)$  may not be equal to 1 whenever  $x = y$ .

(2) It is clear that

$$\mathcal{F}(x, z, t) \circledast \mathcal{F}(z, y, t) \leq \mathcal{F}(x, y, t) \circledast \mathcal{F}(z, z, t)$$

for all  $x, y, z \in U$  and  $t > 0$  from the conditions (PFM4) (Sedghi et al., 2015).

Note that each non-Archimedean FMS is a PFMS, but the converse implication may not be true.



**Example 2.** Let  $(U, p)$  be a PMS and  $a \circledast b = ab$  for all  $a, b \in [0, 1]$ . Consider the mapping  $\mathcal{F}_p : U \times U \times (0, \infty) \rightarrow [0, 1]$  defined by

$$\mathcal{F}_p(x, \eta, t) = \frac{t}{t + p(x, \eta)}.$$

Then  $(U, \mathcal{F}_p, \circledast)$  is a PFMS which is called the standard PFMS. Note that  $(U, \mathcal{F}_p, \circledast)$  is not a FMS (Sedghi et al., 2015).

There are some difference between PFMS and FMS. One of them, in a FMS  $(U, \mathcal{M}, \circledast)$ ,  $\mathcal{M}(x, \eta, \cdot) : (0, \infty) \rightarrow [0, 1]$  is non-decreasing function for all  $x, \eta \in U$ , but in a PFMS  $(U, \mathcal{F}, \circledast)$ ,  $\mathcal{F}(x, \eta, \cdot) : (0, \infty) \rightarrow [0, 1]$  may not be non-decreasing function for all  $x, \eta \in U$ .

In the following example, we show that there are partial fuzzy metric spaces  $(U, \mathcal{F}, \circledast)$  in which  $\mathcal{F}(x, \eta, \cdot) : (0, \infty) \rightarrow [0, 1]$  may not be non-decreasing function for all  $x, \eta \in U$ .

**Example 3.** Let  $U = \mathbb{R}$  and  $a \circledast b = \min\{a, b\}$  for all  $a, b \in [0, 1]$ . Consider the mapping  $\mathcal{F} : U \times U \times (0, \infty) \rightarrow [0, 1]$  defined by

$$\mathcal{F}(x, \eta, t) = \begin{cases} e^{-t}, & x = \eta \\ \frac{1}{3}e^{-t}, & x \neq \eta. \end{cases}$$

It is not complicated to see that  $(U, \mathcal{F}, \circledast)$  is a PFMS. Concretely, (PFM1)-(PFM3) are obviously hold by the definition of  $\mathcal{F}$ . Now, we show that (PFM4) is satisfied. Let  $x, \eta, \zeta \in U$  and  $x \neq \zeta$  (for the contrary since  $e^{-t} \geq \frac{1}{4}e^{-t}$ , the inequality is fullfilled). Assume  $s < t$ . For  $\eta \neq x$  and  $\eta \neq \zeta$ , we obtain

$$\begin{aligned} \mathcal{F}(x, \zeta, t) \circledast F(\zeta, \eta, s) &= \min\left\{\frac{1}{3}e^{-t}, \frac{1}{3}e^{-s}\right\} = \frac{1}{3}e^{-t} = \min\left\{\frac{1}{3}e^{-t}, e^{-t}\right\} \\ &= \mathcal{F}(x, \eta, \max\{t, s\}) \circledast \mathcal{F}(\zeta, \zeta, \max\{t, s\}). \end{aligned}$$

Let  $\eta = x$  and  $\eta \neq \zeta$ , then we get

$$\begin{aligned} \mathcal{F}(x, \zeta, t) \circledast F(\zeta, \eta, s) &= \min\left\{\frac{1}{3}e^{-t}, \frac{1}{3}e^{-s}\right\} = \frac{1}{3}e^{-t} \leq \min\{e^{-t}, e^{-t}\} \\ &= \mathcal{F}(x, \eta, \max\{t, s\}) \circledast \mathcal{F}(\zeta, \zeta, \max\{t, s\}). \end{aligned}$$

Let  $\eta = \zeta$  and  $\eta \neq x$ , then we get

$$\begin{aligned} \mathcal{F}(x, \zeta, t) \circledast F(\zeta, \eta, s) &= \min\left\{\frac{1}{3}e^{-t}, e^{-s}\right\} = \frac{1}{3}e^{-t} = \min\left\{\frac{1}{3}e^{-t}, e^{-t}\right\} \\ &= \mathcal{F}(x, \eta, \max\{t, s\}) \circledast \mathcal{F}(\zeta, \zeta, \max\{t, s\}). \end{aligned}$$

Finally,  $\mathcal{F}(x, \eta, \cdot)$  is continuous on  $(0, \infty)$ . Hence  $(U, \mathcal{F}, \circledast)$  is a PFMS. Also, it is obvious that  $\mathcal{F}(x, \eta, \cdot) : (0, \infty) \rightarrow [0, 1]$  is a decreasing function.

**Proposition 2.** Let  $(U, \mathcal{F}, \circledast)$  be a PFMS. If  $b \geq c$  whenever  $a \circledast b \geq a \circledast c$  for all  $a, b, c \in [0, 1]$ , then  $\mathcal{F}(x, \eta, \cdot) : (0, \infty) \rightarrow [0, 1]$  is non-decreasing function for all  $x, \eta \in U$ . (Sedghi et al., 2015).

**Definition 8:** Let  $(U, \mathcal{F}, \circledast)$  be a PFMS and  $(x_n)$  be a sequence in  $U$ .

(i)  $(x_n)$  is said to converge to a point  $x \in U$  if  $\lim_{n \rightarrow \infty} \mathcal{F}(x_n, x, t) = \mathcal{F}(x, x, t)$  for all  $t > 0$  (Sedghi et al., 2015).

(ii)  $(x_n)$  is said to be a Cauchy sequence if  $\lim_{n,m \rightarrow \infty} \mathcal{F}(x_n, x_m, t)$  exists for all  $t > 0$ . If

$$\lim_{n,m \rightarrow \infty} \mathcal{F}(x_n, x_m, t) = 1 \text{ then } (x_n) \text{ is called a 1-Cauchy sequence.}$$

(iii) If each Cauchy sequence (resp. 1-Cauchy)  $(x_n)$  converges to a point  $x \in U$  such that

$$\lim_{n,m \rightarrow \infty} \mathcal{F}(x_n, x_m, t) = \mathcal{F}(x, x, t), \text{ then } (U, \mathcal{F}, \odot) \text{ is said to be complete (resp. 1-complete).}$$

Clearly, every 1-Cauchy sequence  $(x_n)$  in  $(U, \mathcal{F}, \odot)$  is also a Cauchy sequence and every complete PFMS is a 1-complete space.

**Proposition 3.** Let  $(U, \mathcal{F}, \odot)$  be a PFMS and  $(x_n)$  be a sequence in  $U$  such that  $\lim_{n \rightarrow \infty} \mathcal{F}(x_n, x_n, t) = \lim_{n \rightarrow \infty} \mathcal{F}(x_n, x, t) = \mathcal{F}(x, x, t)$ . If  $b \geq c$  whenever  $a \odot b \geq a \odot c$  for all  $a, b, c \in [0, 1]$ , then  $\lim_{n \rightarrow \infty} \mathcal{F}(x_n, y, t) = \mathcal{F}(x, y, t)$  for all  $y \in U$  and  $t > 0$  (Sedghi et al., 2015).

## RESULTS AND DISCUSSION

In this section, we define partial fuzzy (Edelstein) contractive/contraction and partial fuzzy  $\psi$ -contractive mappings in PFMS which are analogous in FMS given by Grabiec (1988), Gregori and Sapena (2002) and Mihet (2008), respectively. Then we present some fixed point results for given self-mappings in PFMS and present several examples to show the validity of obtained results.

**Proposition 4.** Let  $(U, p)$  be a PMS and  $(U, \mathcal{F}_p, \odot)$  be a standard PFMS induced by this  $p$ .

(1)  $(x_n)$  converges to  $x \in U$  in  $(U, \mathcal{F}_p, \odot)$  if and only if  $(x_n)$  converges to  $x \in U$  in  $(U, p)$ .

(2)  $(x_n)$  is a Cauchy sequence in  $(U, \mathcal{F}_p, \odot)$  if and only if  $(x_n)$  is a Cauchy sequence in  $(U, p)$ .

(3)  $(U, \mathcal{F}_p, \odot)$  is complete if and only if  $(U, p)$  is complete. Furthermore,  $\lim_{n \rightarrow \infty} p(x_n, x) = p(x, x) = \lim_{n,m \rightarrow \infty} p(x_n, x_m)$  if and only if  $\lim_{n \rightarrow \infty} \mathcal{F}_p(x_n, x, t) = \mathcal{F}_p(x, x, t) = \lim_{n,m \rightarrow \infty} \mathcal{F}_p(x_n, x_m, t)$ .

**Proof.** (1) Let  $(x_n)$  converges to  $x \in U$  in  $(U, \mathcal{F}_p, \odot)$ . Then we have  $\lim_{n \rightarrow \infty} \mathcal{F}_p(x_n, x, t) = \mathcal{F}_p(x, x, t)$ . It means that  $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{t}{t + p(x, y)} = \frac{t}{t + p(x, x)}$ . Hence, we get  $\lim_{n \rightarrow \infty} p(x_n, x) = p(x, x)$ . Therefore,  $(x_n)$  converges to  $x \in U$  in  $(U, p)$ .

(2) Let  $(x_n)$  be a Cauchy sequence in  $(U, \mathcal{F}_p, \odot)$ . Then  $\lim_{n,m \rightarrow \infty} \mathcal{F}_p(x_n, x_m, t)$  exists. Thus

$$\lim_{n,m \rightarrow \infty} \mathcal{F}_p(x_n, x_m, t) = \lim_{n,m \rightarrow \infty} \frac{t}{t + p(x_n, x_m)} = \frac{t}{t + \lim_{n,m \rightarrow \infty} p(x_n, x_m)}$$

This means  $\lim_{n,m \rightarrow \infty} p(x_n, x_m)$  exists. Hence  $(x_n)$  is a Cauchy sequence in  $(U, p)$ . The converse statement is similar.

(3) Let  $(U, \mathcal{F}_p, \odot)$  be a complete PFMS and  $(x_n)$  be a Cauchy sequence in  $(U, p)$ . By (2),  $(x_n)$  is also a Cauchy sequence in  $(U, \mathcal{F}_p, \odot)$ . Since  $(U, \mathcal{F}_p, \odot)$  is complete, we have  $(x_n)$  is convergent in  $(U, \mathcal{F}_p, \odot)$ . By (1),  $(x_n)$  is also convergent in  $(U, p)$ . Thus  $(U, p)$  is a complete PMS. The other side is obtained similarly. The equality of limits is obvious by the definition of  $\mathcal{F}_p$ .

**Theorem 3:** Let  $(U, \mathcal{F}, \odot)$  be a PFMS such that  $\mathcal{F}(x, y, \cdot) : (0, \infty) \rightarrow [0, 1]$  is non-decreasing function for all  $x, y \in U$ . Then the mapping  $\mathcal{M}_{\mathcal{F}} : U \times U \times (0, \infty) \rightarrow [0, 1]$  defined by  $\mathcal{M}_{\mathcal{F}}(x, y, t) = 1$  whenever

$\mathfrak{x} = \mathfrak{y}$  and  $\mathcal{M}_{\mathcal{F}}(\mathfrak{x}, \mathfrak{y}, t) = \mathcal{F}(\mathfrak{x}, \mathfrak{y}, t)$  whenever  $\mathfrak{x} \neq \mathfrak{y}$ , is a fuzzy metric on  $U$ . Moreover,  $(U, \mathcal{M}_{\mathcal{F}}, \odot)$  is complete if and only if  $(U, \mathcal{F}, \odot)$  is 1-complete.

**Proof:** It is clear that (FM1), (FM2), (FM3) and (FM5) are satisfied. Now, we only show that (FM4) is satisfied. Let  $\mathfrak{x}, \mathfrak{y}, \mathfrak{z} \in U$ . It is obvious that (FM4) is satisfied whenever  $\mathfrak{x}, \mathfrak{y}, \mathfrak{z}$  are equal.

Let  $\mathfrak{x} \neq \mathfrak{y} \neq \mathfrak{z}$ , then

$$\begin{aligned} \mathcal{M}_{\mathcal{F}}(\mathfrak{x}, \mathfrak{y}, t) \odot \mathcal{M}_{\mathcal{F}}(\mathfrak{y}, \mathfrak{z}, s) &= \mathcal{F}(\mathfrak{x}, \mathfrak{y}, t) \odot \mathcal{F}(\mathfrak{y}, \mathfrak{z}, s) \leq \mathcal{F}(\mathfrak{x}, \mathfrak{z}, \max\{t, s\}) \odot \mathcal{F}(\mathfrak{y}, \mathfrak{y}, \max\{t, s\}) \\ &\leq \mathcal{F}(\mathfrak{x}, \mathfrak{z}, \max\{t, s\}) \leq \mathcal{F}(\mathfrak{x}, \mathfrak{z}, t + s) = \mathcal{M}_{\mathcal{F}}(\mathfrak{x}, \mathfrak{z}, t + s). \end{aligned}$$

Let  $\mathfrak{x} \neq \mathfrak{y}$  and  $\mathfrak{x} = \mathfrak{z}$ , then

$$\begin{aligned} \mathcal{M}_{\mathcal{F}}(\mathfrak{x}, \mathfrak{y}, t) \odot \mathcal{M}_{\mathcal{F}}(\mathfrak{y}, \mathfrak{z}, s) &= \mathcal{F}(\mathfrak{x}, \mathfrak{y}, t) \odot \mathcal{F}(\mathfrak{y}, \mathfrak{z}, s) \leq \mathcal{F}(\mathfrak{x}, \mathfrak{z}, \max\{t, s\}) \odot \mathcal{F}(\mathfrak{y}, \mathfrak{y}, \max\{t, s\}) \\ &= \mathcal{F}(\mathfrak{x}, \mathfrak{x}, \max\{t, s\}) \odot \mathcal{F}(\mathfrak{y}, \mathfrak{y}, \max\{t, s\}) \leq 1 = \mathcal{M}_{\mathcal{F}}(\mathfrak{x}, \mathfrak{z}, t + s). \end{aligned}$$

Let  $\mathfrak{x} \neq \mathfrak{y}$  and  $\mathfrak{y} = \mathfrak{z}$ , then

$$\mathcal{M}_{\mathcal{F}}(\mathfrak{x}, \mathfrak{y}, t) \odot \mathcal{M}_{\mathcal{F}}(\mathfrak{y}, \mathfrak{z}, s) = \mathcal{F}(\mathfrak{x}, \mathfrak{y}, t) \odot 1 = \mathcal{F}(\mathfrak{x}, \mathfrak{y}, t) \leq \mathcal{F}(\mathfrak{x}, \mathfrak{z}, t + s) = \mathcal{M}_{\mathcal{F}}(\mathfrak{x}, \mathfrak{z}, t + s).$$

Therefore, we have that  $(U, \mathcal{M}_{\mathcal{F}}, \odot)$  is a fuzzy metric space.

Let  $(U, \mathcal{M}_{\mathcal{F}}, \odot)$  be a complete FMS and  $(\mathfrak{x}_n)$  be a 1-Cauchy sequence in  $(U, \mathcal{F}, \odot)$ . Thus

$\lim_{n, m \rightarrow \infty} \mathcal{F}(\mathfrak{x}_n, \mathfrak{x}_m, t) = 1$ . Wlog, we assume that  $\mathfrak{x}_n \neq \mathfrak{x}_m$  for all  $n \neq m$ . Then

$\lim_{n, m \rightarrow \infty} \mathcal{M}_{\mathcal{F}}(\mathfrak{x}_n, \mathfrak{x}_m, t) = 1$ . This means that  $(\mathfrak{x}_n)$  is a Cauchy sequence in  $(U, \mathcal{M}_{\mathcal{F}}, \odot)$ . Since  $(U, \mathcal{M}_{\mathcal{F}}, \odot)$

is complete, there is a point  $\mathfrak{x} \in U$  such that  $\lim_{n \rightarrow \infty} \mathcal{M}_{\mathcal{F}}(\mathfrak{x}_n, \mathfrak{x}, t) = 1$ . Since  $\mathcal{M}_{\mathcal{F}}(\mathfrak{x}, \mathfrak{x}, t) = 1$ , we obtain that

$\lim_{n \rightarrow \infty} \mathcal{F}(\mathfrak{x}_n, \mathfrak{x}, t) = 1 = \mathcal{F}(\mathfrak{x}, \mathfrak{x}, t)$ . Hence  $(U, \mathcal{F}, \odot)$  is a 1-complete PFMS.

Conversely, assume that  $(U, \mathcal{F}, \odot)$  is a 1-complete PFMS and  $(\mathfrak{x}_n)$  is a Cauchy sequence in  $(U, \mathcal{M}_{\mathcal{F}}, \odot)$ . Then  $\lim_{n, m \rightarrow \infty} \mathcal{M}_{\mathcal{F}}(\mathfrak{x}_n, \mathfrak{x}_m, t) = 1$  and then  $\lim_{n, m \rightarrow \infty} \mathcal{F}(\mathfrak{x}_n, \mathfrak{x}_m, t) = 1$ . Thus  $(\mathfrak{x}_n)$  is a 1-Cauchy sequence in  $(U, \mathcal{F}, \odot)$ . Since  $(U, \mathcal{F}, \odot)$  is a 1-complete PFMS, there is a point  $\mathfrak{x} \in U$  such that  $\lim_{n \rightarrow \infty} \mathcal{F}(\mathfrak{x}_n, \mathfrak{x}, t) = 1 = \mathcal{F}(\mathfrak{x}, \mathfrak{x}, t)$ . Thus  $\lim_{n \rightarrow \infty} \mathcal{M}_{\mathcal{F}}(\mathfrak{x}_n, \mathfrak{x}, t) = 1$ . Therefore,  $(\mathfrak{x}_n)$  is convergent to  $\mathfrak{x} \in U$  in  $(U, \mathcal{M}_{\mathcal{F}}, \odot)$ . Consequently  $(U, \mathcal{M}_{\mathcal{F}}, \odot)$  is a complete FMS.

Denote by  $\Psi$  the collection of all self-mappings  $\psi$  on  $[0, 1]$  such that  $\psi$  is continuous, non-decreasing and  $t < \psi(t)$  for each  $t \in (0, 1)$ .

**Definition 9.** Let  $(U, \mathcal{F}, \odot)$  be a PFMS and  $\psi \in \Psi$ . A self-mapping  $f$  on  $U$  is called

- (i) partial fuzzy contraction if there exists a  $k \in (0, 1)$  such that

$$\mathcal{F}(f(\mathfrak{x}), f(\mathfrak{y}), kt) \geq \mathcal{F}(\mathfrak{x}, \mathfrak{y}, t)$$

for all  $\mathfrak{x}, \mathfrak{y} \in U$  and  $t > 0$ .

- (ii) partial fuzzy Edelstein contractive if

$$\mathcal{F}(f(\mathfrak{x}), f(\mathfrak{y}), t) > \mathcal{F}(\mathfrak{x}, \mathfrak{y}, t)$$

for all  $\mathfrak{x}, \mathfrak{y} \in U$  ( $\mathfrak{x} \neq \mathfrak{y}$ ) and  $t > 0$ .

- (iii) partial fuzzy contractive if there exists a  $k \in (0, 1)$  such that

$$k \left( \frac{1}{\mathcal{F}(\mathfrak{x}, \mathfrak{y}, t)} - 1 \right) \geq \frac{1}{\mathcal{F}(f(\mathfrak{x}), f(\mathfrak{y}), t)} - 1$$

for all  $\mathfrak{x}, \mathfrak{y} \in U$  and  $t > 0$ .

- (iv) partial fuzzy  $\psi$ -contractive if

$$\mathcal{F}(f(\mathfrak{x}), f(\mathfrak{y}), t) \geq \psi(\mathcal{F}(\mathfrak{x}, \mathfrak{y}, t))$$

for all  $\mathfrak{x}, \mathfrak{y} \in U$  and  $t > 0$ .

- Proposition 5.** (i) Every partial fuzzy contractive mapping is a partial fuzzy Edelstein contractive.  
(ii) Every partial fuzzy contractive mapping is a partial fuzzy  $\psi$ -contractive.  
(iii) If  $(U, \mathcal{F}, \odot)$  is a PFMS such that  $\mathcal{F}(x, y, \cdot) : (0, \infty) \rightarrow [0, 1]$  is a non-decreasing function for all  $x, y \in U$ , then every partial fuzzy contraction mapping is a partial fuzzy Edelstein contractive.

**Proof.** It is clear from the Definition 9.

**Theorem 4.** Let  $(U, \mathcal{F}, \odot)$  be a complete PFMS such that  $\lim_{t \rightarrow \infty} \mathcal{F}(x, y, t) = 1$  for all  $x, y \in U$ . If a self-mapping  $f$  on  $U$  is a partial fuzzy contraction mapping, then  $f$  has a unique fixed point in  $U$ .

**Proof.** Let  $x_0 \in U$  and  $x_n = f^n(x_0)$  for all  $n \in \mathbb{N}$ . Since  $\lim_{t \rightarrow \infty} \mathcal{F}(x, y, t) = 1$  for all  $x, y \in U$ , then we have

$$\begin{aligned} \mathcal{F}(x_{n+1}, x_n, t) &= \mathcal{F}(f(x_n), f(x_{n-1}), t) \geq \mathcal{F}\left(x_n, x_{n-1}, \frac{t}{k}\right) = \mathcal{F}\left(f(x_{n-1}), f(x_{n-2}), \frac{t}{k}\right) \\ &\geq \mathcal{F}\left(x_{n-1}, x_{n-2}, \frac{t}{k^2}\right) \geq \dots \geq \mathcal{F}\left(x_1, x_0, \frac{t}{k^n}\right) \xrightarrow{n \rightarrow \infty} 1 \end{aligned}$$

for all  $t > 0$ . Therefore, we get  $\lim_{n \rightarrow \infty} \mathcal{F}(x_{n+1}, x_n, t) = 1$  for all  $t > 0$ .

Let  $n, m \in \mathbb{N}$  and we may assume that  $n < m$ .

$$\begin{aligned} \mathcal{F}(x_n, x_m, t) &\geq \mathcal{F}(x_n, x_m, t) \odot \mathcal{F}(x_{n+1}, x_{n+1}, t) \geq \mathcal{F}(x_n, x_{n+1}, t) \odot \mathcal{F}(x_m, x_{n+1}, t) \\ &\geq \mathcal{F}(x_n, x_{n+1}, t) \odot \mathcal{F}(x_m, x_{n+1}, t) \odot \mathcal{F}(x_{n+2}, x_{n+2}, t) \\ &\geq \mathcal{F}(x_n, x_{n+1}, t) \odot \mathcal{F}(x_{n+1}, x_{n+2}, t) \odot \mathcal{F}(x_{n+2}, x_m, t) \\ &\geq \dots \geq \mathcal{F}(x_n, x_{n+1}, t) \odot \mathcal{F}(x_{n+1}, x_{n+2}, t) \odot \dots \odot \mathcal{F}(x_{m-1}, x_m, t) \end{aligned}$$

Thus, we obtain  $\lim_{n, m \rightarrow \infty} \mathcal{F}(x_n, x_m, t) = 1$  for all  $t > 0$ . Hence  $(x_n)$  is a Cauchy sequence in  $(U, \mathcal{F}, \odot)$ .

Since  $(U, \mathcal{F}, \odot)$  is a complete PFMS, there exists a point  $x \in U$  such that  $(x_n)$  converges to  $x$ . Besides,  $\lim_{n \rightarrow \infty} \mathcal{F}(x_n, x, t) = \mathcal{F}(x, x, t) = \lim_{n, m \rightarrow \infty} \mathcal{F}(x_n, x_m, t) = 1$  for all  $t > 0$ .

Then,

$$\begin{aligned} \mathcal{F}(f(x), x, t) &\geq \mathcal{F}(f(x), x, t) \odot \mathcal{F}(x_n, x_n, t) \geq \mathcal{F}(f(x), x_n, t) \odot \mathcal{F}(x_n, x, t) \\ &\geq \mathcal{F}(f(x), f(x_{n-1}), t) \odot \mathcal{F}(x, x, t) \geq \mathcal{F}(x, x_{n-1}, t) \odot \mathcal{F}(x, x, t) \end{aligned}$$

Therefore, we have  $\mathcal{F}(f(x), x, t) = 1$ . This means that  $f(x) = x$ . Hence  $x$  is a fixed point of  $f$ .

We now show that  $x$  is a unique fixed point  $f$ . Assume that  $x \neq y$ . Then, we get

$$\mathcal{F}(x, y, t) < \mathcal{F}(f(x), f(y), t) = \mathcal{F}(x, y, t)$$

which is a contradiction. Hence, we obtain  $x = y$ .

**Corollary 1.** Let  $(U, \mathcal{F}_p, \odot)$  be a standard PFMS induced by a given complete partial metric  $p$  on  $U$ . If a self-mapping  $f$  on  $U$  is a partial fuzzy contraction mapping, then  $f$  has a unique fixed point in  $U$ .

**Proof.** If  $(U, \mathcal{F}_p, \odot)$  is a standard PFMS induced by a given complete partial metric  $p$  on  $U$ , then we know that  $(U, \mathcal{F}_p, \odot)$  is a complete PFMS where  $\mathcal{F}_p(x, y, t) = \frac{t}{t+p(x, y)}$  for all  $x, y \in U$  and  $t > 0$ . Also, we have  $\lim_{t \rightarrow \infty} \mathcal{F}_p(x, y, t) = 1$ . So, all conditions of Theorem 4 are satisfied and it is obtained that  $f$  has a unique fixed point in  $U$ .

The next example is given to illustrate the validity of Theorem 4.

**Example 4.** Let  $U = \mathbb{R}^+$ ,  $a \odot b = ab$  for all  $a, b \in [0,1]$  and the mapping  $\mathcal{F}: U \times U \times (0, \infty) \rightarrow [0, 1]$  be defined by

$$\mathcal{F}(x, y, t) = \frac{t}{t + \max\{x, y\}}.$$

It is known that  $(U, \mathcal{F}, \odot)$  is a complete PFMS from Example 2 and Proposition 4. Consider the self-mapping  $f$  on  $U$  defined by  $f(x) = \frac{x}{2}$ . It is obvious that  $f$  is a partial fuzzy contraction mapping. Indeed, we have

$$\mathcal{F}(f(x), f(y), kt) = \mathcal{F}(f(x), f(y), kt) = \mathcal{F}\left(\frac{x}{2}, \frac{y}{2}, kt\right) = \frac{kt}{kt + \max\left\{\frac{x}{2}, \frac{y}{2}\right\}} = \frac{kt}{kt + \frac{1}{2}\max\{x, y\}}$$

for all  $x, y \in \mathbb{R}^+$ . Therefore, we obtain that  $\mathcal{F}(f(x), f(y), kt) = \mathcal{F}(x, y, t)$  for all  $x, y \in \mathbb{R}^+$  whenever  $k = \frac{1}{2}$ . Also,  $\lim_{t \rightarrow \infty} \mathcal{F}(x, y, t) = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{t}{t + \max\{x, y\}} = 1$ . Hence all conditions of Theorem 4 are satisfied for  $f(x) = \frac{x}{2}$  defined on this space. And one can easily verify that  $f$  has a unique fixed point which is  $x = 0$ .

Note that, none of the conditions of Theorem 4 cannot be omitted. The next example shows that the condition to be non-decreasing is not superfluous.

**Example 5.** Let  $U$  be a non-empty set,  $a \odot b = \min\{a, b\}$  and the mapping  $\mathcal{F}: U \times U \times (0, \infty) \rightarrow [0, 1]$  defined by  $\mathcal{F}(x, y, t) = e^{-t}$  for all  $x, y, z \in U$  and  $t > 0$ . It can be shown with a similar proceeding in Example 3 that  $(U, \mathcal{F}, \odot)$  is a PFMS. Furthermore,  $(U, \mathcal{F}, \odot)$  is complete. Also,  $\mathcal{F}(f(x), f(y), kt) = e^{-kt} \geq e^{-t} = \mathcal{F}(x, y, t)$  for all  $k \in (0,1)$ ,  $x, y \in U$  and  $t > 0$ . Consider the self-mapping  $f$  on  $U$  given by  $f(x) = x$ . Clearly,  $f$  satisfies the contraction condition of Theorem 4. But the condition  $\lim_{t \rightarrow \infty} \mathcal{F}(x, y, t) = 1$  for all  $x, y \in U$  does not hold and also every point of  $U$  is a fixed point of  $f$ .

The following example shows that the contraction condition of Theorem 4 is not unnecessary.

**Example 6.** Let  $U = \mathbb{R}^+$ ,  $a \odot b = ab$  for all  $a, b \in [0,1]$  and the mapping  $\mathcal{F}: U \times U \times (0, \infty) \rightarrow [0, 1]$  defined by

$$\mathcal{F}(x, y, t) = \frac{t}{t + \max\{x, y\}}.$$

We know that  $(U, \mathcal{F}, \odot)$  is a complete PFMS. Also, the condition  $\lim_{t \rightarrow \infty} \mathcal{F}(x, y, t) = 1$  for all  $x, y \in U$  is hold. Consider the self-mapping  $f$  on  $U$  given by  $f(x) = x + 1$ . The mapping  $f$  does not satisfy the contraction condition of Theorem 4. Also,  $f$  has not any fixed point.

**Theorem 5.** Let  $(U, \mathcal{F}, \odot)$  be a PFMS such that  $b \geq c$  whenever  $a \odot b \geq a \odot c$  for all  $a, b, c \in [0, 1]$ . If a self-mapping  $f$  on  $U$  is a partial fuzzy Edelstein contractive mapping and there is a point  $x_0 \in U$  whose sequence of iterates  $(f^n(x_0))$  contains subsequence  $(f^{n_i}(x_0))$  such that  $\lim_{i \rightarrow \infty} \mathcal{F}(f^{n_i}(x_0), x, t) = \lim_{i \rightarrow \infty} \mathcal{F}(f^{n_i}(x_0), f^{n_i}(x_0), t) = \mathcal{F}(x, x, t)$ , then  $x = \lim_{i \rightarrow \infty} f^{n_i}(x_0) \in U$  is a unique fixed point of  $f$ .



**Proof.** Let  $(U, \mathcal{F}, \odot)$  be a PFMS such that  $b \geq c$  whenever  $a \odot b \geq a \odot c$  for all  $a, b, c \in [0, 1]$ . Then  $\mathcal{F}(x, y, \cdot) : (0, \infty) \rightarrow [0, 1]$  is a non-decreasing function for all  $x, y \in U$ . So, we have  $(U, \mathcal{M}_{\mathcal{F}}, \odot)$  is a fuzzy metric space which is given in Theorem 3. Hence, from the Theorem 2, we obtain that  $f$  has a unique fixed point.

**Theorem 6.** Let  $(U, \mathcal{F}, \odot)$  be a complete PFMS. If a self-mapping  $f$  on  $U$  is a partial fuzzy  $\psi$ -contractive mapping, then  $f$  has a unique fixed point in  $U$ .

**Proof.** Let  $x_0 \in U$  and  $x_n = f^n(x_0)$  for all  $n \in \mathbb{N}$ . Then for all  $t > 0$ , we have

$$\mathcal{F}(x_{n+1}, x_{n+2}, t) = \mathcal{F}(f(x_n), f(x_{n+1}), t) \geq \psi(\mathcal{F}(x_n, x_{n+1}, t)) > \mathcal{F}(x_n, x_{n+1}, t) > \dots > \mathcal{F}(x_0, x_1, t).$$

This means that the sequence  $(\mathcal{F}(x_n, x_{n+1}, t))_{n \in \mathbb{N}}$  is non-decreasing on  $(0, 1]$ . Thus, for a given  $t > 0$ , there exists a point  $\alpha \in (0, 1]$  such that  $\lim_{n \rightarrow \infty} \mathcal{F}(x_n, x_{n+1}, t) = \alpha$ . From contraction condition,

$$\mathcal{F}(x_n, x_{n+1}, t) \geq \psi(\mathcal{F}(x_{n-1}, x_n, t))$$

Therefore, we have  $\psi(\alpha) \leq \alpha$ . However,  $s < \psi(s)$  for all  $s \in (0, 1)$  and  $\psi$  continuous. Therefore, we must have  $\alpha = 1$ . By the triangular inequality we obtain  $\lim_{n, m \rightarrow \infty} \mathcal{F}(x_n, x_m, t) = 1$ . Hence  $(x_n)$  is a Cauchy sequence in  $(U, \mathcal{F}, \odot)$ . Since  $(U, \mathcal{F}, \odot)$  is complete the sequence  $(x_n)$  is convergent. Thus  $\lim_{n \rightarrow \infty} \mathcal{F}(x_n, x, t) = \mathcal{F}(x, x, t) = 1 = \lim_{n, m \rightarrow \infty} \mathcal{F}(x_n, x_m, t)$ .

$$\begin{aligned} \mathcal{F}(f(x), x, t) &\geq \mathcal{F}(f(x), x, t) \odot \mathcal{F}(x_{n+1}, x_{n+1}, t) \geq \mathcal{F}(f(x), x_{n+1}, t) \odot \mathcal{F}(x_{n+1}, x, t) \\ &= \mathcal{F}(f(x), f(x_n), t) \odot \mathcal{F}(x_{n+1}, x, t) \geq \psi(\mathcal{F}(x, x_n, t)) \odot \mathcal{F}(x_n, x, t) \geq \mathcal{F}(x, x_n, t) \odot \mathcal{F}(x_n, x, t) \end{aligned}$$

If we take limit both sides as  $n \rightarrow \infty$ , we have

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \mathcal{F}(f(x), x, t) \geq \lim_{n \rightarrow \infty} \mathcal{F}(x, x_n, t) \odot \lim_{n \rightarrow \infty} \mathcal{F}(x_n, x, t) = 1 \odot 1 = 1$$

Thus  $f(x) = x$ . Assume that  $x \neq y \in U$  such that  $f(y) = y$ . Then we have

$$\mathcal{F}(x, y, t) = \mathcal{F}(f(x), f(y), t) \geq \psi(\mathcal{F}(x, y, t)) > \mathcal{F}(x, y, t),$$

which is a contradiction. Thus,  $x$  is a unique fixed point of  $f$ .

**Corollary 2.** Let  $(U, \mathcal{F}, \odot)$  be a PFMS and the mapping  $\psi_k: [0, 1] \rightarrow [0, 1]$  be defined by

$$\psi_k(t) = \frac{t}{t + k(1-t)}$$

where  $k \in (0, 1)$ . Then,  $\psi_k \in \Psi$ . In this case, every partial fuzzy  $\psi_k$ -contractive mapping is a partial fuzzy contractive mapping.

**Proof.** If  $f$  is a partial fuzzy  $\psi_k$ -contractive mapping on  $U$ , then  $\mathcal{F}(f(x), f(y), t) \geq \psi_k(\mathcal{F}(x, y, t))$  for all  $x, y \in U$  and  $t > 0$ . From this inequality, we obtain that  $\mathcal{F}(f(x), f(y), t) \geq \frac{\mathcal{F}(x, y, t)}{\mathcal{F}(x, y, t) + k(1 - \mathcal{F}(x, y, t))}$  for all  $x, y \in U$  and  $t > 0$ . Hence, it is easily seen that  $k \left( \frac{1}{\mathcal{F}(x, y, t)} - 1 \right) \geq \frac{1}{\mathcal{F}(f(x), f(y), t)} - 1$  for all  $x, y \in U$  and  $t > 0$ . This shows that  $f$  is a partial fuzzy contractive mapping on  $U$ .

**Corollary 3.** Let  $(U, \mathcal{F}_p, \odot)$  be the standard PFMS induced by a given partial metric  $p$  on  $U$ . Then the self-mapping  $f$  on  $U$  is a partial contractive mapping if and only if  $f$  is a partial fuzzy contractive mapping.

**Proof.** If we assume that  $f$  is a partial contractive mapping on  $U$ , then there exists a  $k \in (0,1)$  such that  $p(f(x), f(y)) \leq kp(x, y)$  for all  $x, y \in U$ . Hence, we have that

$$k \left( \frac{1}{\mathcal{F}_p(x, y, t)} - 1 \right) = k \left( \frac{t + p(x, y)}{t} - 1 \right) = \frac{kp(x, y)}{t} \geq \frac{p(f(x), f(y))}{t} = \frac{1}{\mathcal{F}(f(x), f(y), t)} - 1$$

for all  $x, y \in U$  and  $t > 0$ . This shows that  $f$  is a partial fuzzy contractive mapping. The vice versa is obvious with similarly.

## CONCLUSION

In several branches of mathematics and other disciplines such as optimizations, computer science, economics, engineering and etc., the notion of (partial) metric spaces and its generalizations to the fuzzy environment with fixed point theory has a wide range of applications. Because of the significance of these concepts, we aim to study some fundamental fixed point theorems in partial fuzzy metric spaces in the sense of Sedghi et al. Defining some contractive/contraction mappings similar to the Banach contraction mappings in the fuzzy sense, we show that these mappings have a unique fixed point under some conditions. We also give some examples to illustrate the validity of these theorems. The obtained fixed point theorems lead to further investigations and applications. For example, it is possible to extend our results to the case of coupled fixed points in partial fuzzy metric spaces or the other senses of partial fuzzy metric spaces.

## ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank the referees for their valuable comments.

## REFERENCES

- Altun I, Sola F, Simsek H, 2010. Generalized contractions on partial metric spaces. *Topology and its Applications*, 157(18):2778-2785.
- Başarır M, Şahin A, 2017. Some results of the new iterative scheme in hyperbolic space. *Communications of the Korean Mathematical Society*, 32(4):1009-1024.
- Bukatin M, Kopperman R, Matthews S, Pajoohesh H, 2009. Partial Metric Space. *The American Mathematical Monthly*, 116(8):708-718.
- Czerwik S, 1993. Contraction mappings in b-metric spaces. *Acta Mathematica et Informatica Universitatis Ostraviensis*, 1(1):5-11.
- Gähler S, 1963. 2-metriche raume and ihre topologische structur. *Mathematische Nachrichten*, 26:115-148.
- George A, Veeramani P, 1994. On Some Results in Fuzzy Metric Space. *Fuzzy Sets and Systems*, 90:365-368
- Gregori V, Miñana JJ, Miravet D, 2019. Fuzzy partial metric spaces. *International Journal of General Systems*, 48(3):260-279.
- Gregori V, Morillas S, Sapena A, 2010. On a class of completable fuzzy metric spaces. *Fuzzy Sets and Systems* 161(16):2193-2205.
- Gregori V, Sapena A, 2002. On fixed point theorems in fuzzy metric spaces. *Fuzzy Sets and Systems*, 125:245-252.
- Grabiec M, 1988. Fixed point in fuzzy metric space. *Fuzzy Sets and Systems*, 27(3):385-389.
- Haghi RH, Rezapour S, Shahzad N, 2013. Be careful on partial metric fixed point results. *Topology and its Applications*, 160(3): 450-454.
- Kramosil I, Michalek J, 1975. Fuzzy metrics and statistical metric space. *Kybernetika*, 11(5):336-344.
- Kaleva O, Seikkala S, 1984. On fuzzy metric space. *Fuzzy Sets and Systems*, 12(3):215-229.
- Lahiri BK, Das P, Dey LK, 2011. Cantor's theorem in 2-metric spaces and its applications to fixed point problems. *Taiwanese Journal of Mathematics*, 15(1):337-352.

- Matthews S, 1994. Partial Metric Topology. *Annals of the New York Academy of Sciences-Paper Edition*, 728:183-197.
- Mihet D, 2004. A Banach contraction theorem in fuzzy metric spaces. *Fuzzy Sets and Systems*, 144(3):431-439.
- Mihet D, 2008. Fuzzy  $\psi$ -contractive mappings in non-Archimedean fuzzy metric spaces. *Fuzzy Sets and Systems*, 159(6):739-744.
- Mustafa Z, Sims B, 2006. A new approach to generalized metric spaces. *Journal of Nonlinear and Convex Analysis*, 7(2): 289-297.
- O'Neill SJ, 1996. Partial metrics, valuations and domain theory. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 806(1):304-315.
- Piera AS, 2001. A contribution to the study of fuzzy metric spaces. *Applied General Topology*, 2(1):63-75.
- Rodriguez-Lopez J, Romaguera S, 2004. The Hausdorff fuzzy metric on compact sets. *Fuzzy Sets and Systems*, 147(2):273-283.
- Sedghi S, Shobkolaei N, Altun I, 2015. Partial fuzzy metric space and some fixed point results. *Communications in Mathematics*, 23(2):131-142.
- Şahin A, Başarır M, Khan SH, 2015. On the g-best proximity point results for G-generalized proximal contraction mappings in G-metric spaces. *AIP Conference Proceedings*, 1676, 020025.
- Valero O, 2005. On Banach fixed point theorems for partial metric spaces. *Applied General Topology*, 6(2):229-240.
- Vasuki R, Veeramani P, 2003. Fixed Point Theorems and Cauchy Sequences in Fuzzy Metric Spaces. *Fuzzy Sets and Systems*, 135(3):415-417.
- Yue Y, Gu M, 2014. Fuzzy partial (pseudo-)metric space. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 27(3):1153-1159.
- Zadeh, LA, 1965. Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3):338-353.

## A Solution Approach for a Class of Parametric Linear Programming Problems

Mustafa SİVRİ<sup>1</sup>, İnci ALBAYRAK<sup>1</sup>, Kadriye ŞİMŞEK ALAN<sup>1\*</sup>, Gizem TEMELCAN<sup>2</sup>

**ABSTRACT:** Depending on the nature, objectives, and constraints of the decision variables; linear programming, nonlinear programming, integer programming, mixed integer programming etc. can be classified. Extensive research has been conducted to solve all types of these problems in a parametric context. In this paper, to solve optimization problems having uncertainties represented by a single parameter on the objective function, a systematic linearization approach is developed considering the parametric expression as nonlinear. In the proposed approach, the objective function is considered as nonlinear which is converted into linear by using first order Taylor series expansion at the points making the parametric costs zero. Thus, the optimal solution is obtained from the constructed linear programming problem. In this way, by determining the intervals in which the optimal solution changes, the solution of the parametric linear programming problem is obtained. A numerical experiment is illustrated to present the effectiveness of the proposed approach.

**Keywords:** Parametric linear programming, linearization technique, Taylor series expansion

<sup>1</sup> Mustafa SİVRİ (Orcid ID: 0000-0002-0524-8502), İnci ALBAYRAK (Orcid ID: 0000-0001-6906-9880), Kadriye ŞİMŞEK ALAN (Orcid ID: 0000-0001-6751-8013), Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Metalürji Fakültesi, Matematik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup> Gizem TEMELCAN (Orcid ID: 0000-0002-1885-0674), İstanbul Aydın Üniversitesi, Anadolu Bil Meslek Yüksek Okulu, Bilgisayar Teknolojileri Programı, İstanbul, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Kadriye ŞİMŞEK ALAN, e-mail: ksimsek@yildiz.edu.tr

Geliş tarihi / *Received:* 19-02-2020

Kabul tarihi / *Accepted:* 07-06-2020

## INTRODUCTION

Linear programming (LP) can be defined as a mathematical method of allocating scarce resources to highly competitive activities when the problem can be expressed by using a linear objective function and linear inequality constraints. Although, more complex real-world problems cannot be expressed perfectly in terms of a set of linear functions, realistic representations of many real-world problems can be provided reasonably. Thus, the LP model should be defined that any changes caused by internal and external factors can be included. Therefore, the parameter appearing in the model that is neither known nor stable in the real-world is considered to be a variable.

Many of real-world problems represented by LP are formulated as deterministic optimization problems in which the coefficients of objective function and constraints are constants such as demands, availabilities, prices, resource requirements, etc. Coefficients can be taken as parameters in LP problems, which take into account the variation of coefficients called parametric linear programming (PLP) problems. PLP is used systematically to analyze precision by gradually changing the model parameter. Uncertainties caused by the uncontrollable parameter can be classified as objective function (OF), left-side of restrictions (LHS) or right-side of restrictions (RHS). For example, when it is allowed to change OF coefficients, costs in optimization problems, the solution behavior is asked to be examined. As an extension of the sensitivity analysis of PLP, it investigates changes in the optimum LP solution with variations of OF, RHS and LHS. Sensitivity analysis is a technique in the field of optimization and is used to determine how different values of an independent variable affect a dependent variable under several assumptions. PLP has many applications in waste management, fleet planning, model estimation control, process synthesis, scheduling problems, and production programs. Various researches have been conducted in this field that provide applicable solutions for parametric mixed integer LP, interval LP and parametric LP.

Recent articles have considered PLP with parameters on OF or RHS, but there are a few studies where parameters are on LHS of the constraints.

Gass and Saaty (1955a) studied the parametrization of cost function in the general LP problem with one parameter, and then they (1955b) generalized it to the  $n$ -parameter case. Adler and Monteiro (1992) studied parametric-RHS LP problem and defined a new optimality interval consisting of either a breakpoint or an open interval between two successive breakpoints of the continuous piecewise linear convex function. Cambini et al. (1993) considered parametric linear fractional programming with an unbounded feasible region. They proposed solution procedures based on modification of Martos' algorithm or Charnes-Cooper's algorithm and applied each of these procedures to the problems having parameter either on the OF or on RHS. Rujun and Xinyuan (2012) extended the traditional simplex based parametric programming methodology by adjusting OF coefficient parameters of the large LP problem. Simplex method developed by Dantzig (1963) was first discussed by Gass and Saaty (1955a) to solve the parametric RHS LP problems. PLP problem in which the coefficient matrix is parameterized has been studied by Saaty (1959), Courtillot (1962), Willner (1967) and Barnett (1968).

A class of parametric programming problems which can be used such as in planning and scheduling techniques under uncertainty is discussed. Parametric programming methods determine the effect of the parameter on the optimal solution if the LP problem contains a parameter. In point of view, the aim of this study is to propose a solution methodology for the situations in which the coefficients of decision variables in OF is a parameter. Linearization, as a remarkable approach based on Taylor series expansion, is utilized to find a solution for a kind of PLP problems.

This paper is organized as follows: Section 2 presents required information. In Section 3, the proposed approach is handled. Section 4 and Section 5 consist of our numerical example and conclusion, respectively.

## PRELIMINARIES

In this section, required information and definitions of the PLP problems with a parameter in OF will be presented.



**Definition 2.1.** A general constrained LP problem can be defined as follows:

$$\min f(x)$$

s.t.

$$g_e(x) = 0, \quad e = 1, 2, \dots, \ell$$

$$g_i(x) \leq 0, \quad i = \ell + 1, \dots, m$$

where  $x = [x_1, \dots, x_n] \in R^n$  is a vector,  $f : R^n \rightarrow R$ ,  $g_e : R^n \rightarrow R$  and  $g_i : R^n \rightarrow R$  are linear functions and  $m \leq n$ .

**Definition 2.2 (Chong and Zak, 2013).** Any point  $x$  satisfying the constraints is called feasible point. The set of all feasible points is called a feasible set, i.e.  $X = \{x \in R^n : g_e(x) = 0, e = 1, \dots, \ell; g_i(x) \leq 0, i = \ell + 1, \dots, m\}$ .

**Definition 2.3.** A feasible solution  $x^*$  as the smallest objective function value is called an optimal solution of a minimization problem in LP.

**Definition 2.4.** PLP problem in standard form with a single parameter in OF is

$$\text{Min } Z(\theta; x) = \sum_{j=1}^n (c_j + \alpha_j \theta) x_j$$

s.t.

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

and

$$x_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

where  $\theta$  is a parameter and each  $\alpha_j$  is a given input constant indicating the relative rates at which the coefficients will be changed.

## PROPOSED APPROACH

A linearization method based on Taylor series expansion is adopted to solve the PLP problem (1) that is called parametric cost problem (PCP). Namely, OF having a parameter is converted into linear form by using the linear terms of Taylor series expansion at the points which makes the parametric costs zero. By considering these specified points, the range of parameter is determined such that the optimal solution remains invariant.

The OF of the PLP is considered as  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , and  $A = (a_1, a_2, \dots, a_n)$  is a point such that  $f(a_1, a_2, \dots, a_n) = 0$ . Recall that, Taylor series expansion of  $f(x)$  of a single variable around the point  $a$  is given in (Remani, 2013) by

$$f(x) = f(a) + f'(a)(x-a) + \frac{1}{2!} f''(a)(x-a)^2 + \dots + \frac{1}{n!} f^{(n)}(a)(x-a)^n + \dots$$

namely,

$$f(x) = f(a) + f'(a)(x-a) + \text{higher order terms}.$$

For  $x$  sufficiently close to  $a$ , higher order terms will be close to zero and are dropped to obtain the following approximation

$$f(x) \approx f(a) + f'(a)(x-a).$$

By extension, each  $f$  in  $n$  variables can be linearized as

$$f(x) \approx f(A) + \frac{\partial f(A)}{\partial x_1}(x_1 - a_1) + \frac{\partial f(A)}{\partial x_2}(x_2 - a_2) + \dots + \frac{\partial f(A)}{\partial x_n}(x_n - a_n) + \dots \quad (2)$$

The generated approach to solve PLP is presented below.

### The Proposed Algorithm

The proposed algorithm generates a solution based on systematic changes in OF coefficients. The presented algorithm can be applied by making the parametric costs, i.e. the objective function coefficients, zero. Thus, the intervals of parameter are determined such that the current basis will stay optimal in the specified interval.

**Step 1:** Load PLP problem containing a single parameter in the OF.

**Step 2:** Examine the coefficients of OF, specify the parameter values  $t^*$  in the real axis such that the parametric costs zero and construct the intervals in the nonnegative real axis.

**Step 3:** Solve the constructed LP problems at each  $t^*$ .

**Step 4:** Expand the OF to Taylor series at the optimal solution obtained for each  $t^*$  in Step 3.

**Step 5:** For each  $t^*$ , consider  $t \leq t^*$  as a new constraint and solve the constructed LP problem. Because the solution of LP problem will be unbounded for  $t \geq t^*$ , the obtained solution will be valid from the RHS of  $t^*$  to the following parameter value. The obtained solution will be invariant in the RHS of the last parameter value in the real axis.

**Step 6:** Specify the intervals of the parameter relative to the changing basis.

**Step 7:** Determine the optimal solution as a function of parameter.

The proposed analytical approach can be presented as a modification of the simplex method for solving PLP problems having single parameter. Thus, we can determine when and how the optimal solution changes to handle parametric analysis of that kind of problems in which the costs of OF are represented by parameter.

### NUMERICAL EXPERIMENT

Consider the following PLP problem (Taha, 2007):

$$\max z(t, x) = (3 - 6t)x_1 + (2 - 2t)x_2 + (5 + 5t)x_3$$

s.t.

$$x_1 + 2x_2 + x_3 \leq 40$$

$$3x_1 + 2x_3 \leq 60$$

$$x_1 + 4x_2 \leq 30$$

$$t \geq 0 \text{ and } x_1, x_2, x_3 \geq 0.$$

**Steps 1-2:** The costs of OF are examined and  $t^* = \{-1, 0.5, 1\}$  are determined. Because of  $t \geq 0$ ,  $t^* = -1$  is not considered.

**Step 3:** The constructed LP problems is solved at each  $t^*$ .

For  $t^* = 0$ , the LP problem is

$$\max z = 3x_1 + 2x_2 + 5x_3$$

s.t.

$$x_1 + 2x_2 + x_3 \leq 40$$

$$3x_1 + 2x_3 \leq 60$$

$$x_1 + 4x_2 \leq 30$$

and the optimal solution is  $(x_1, x_2, x_3) = (0, 5, 30)$ . Similarly, while  $t^* = 0.5$  and  $t^* = 1$ , the optimal solutions are  $(0, 5, 30)$  and  $(0, 0, 30)$ , respectively.

**Steps 4-5:** By determining  $\frac{\partial z}{\partial x_1} = 3 - 6t$ ,  $\frac{\partial z}{\partial x_2} = 2 - 2t$ ,  $\frac{\partial z}{\partial x_3} = 5 + 5t$  and  $\frac{\partial z}{\partial t} = 6x_1 - 2x_2 + 5x_3$ , (2) is used to

expand the objective function to Taylor series for each obtained optimal solution at each  $t^*$ . The expansions of OF corresponding to each parameter value is presented in Table 1.

**Table 1.** The expansions of OF corresponding to each parameter

Parameter values $t^*$	The obtained optimal solution	Objective function
$t^* = 0$	$(x_1, x_2, x_3) = (0, 5, 30)$	$z_1^* = 3x_1 + 2x_2 + 5x_3 + 140t$
$t^* = 0.5$	$(x_1, x_2, x_3) = (0, 5, 30)$	$z_2^* = x_2 + 7.5x_3 + 140t$
$t^* = 1$	$(x_1, x_2, x_3) = (0, 0, 30)$	$z_3^* = -3x_1 + 10x_3 + 150t$

For  $t^* = 0$ , the following LP problem is solved

$$\max z_1^* = 3x_1 + 2x_2 + 5x_3 + 140t$$

s.t.

$$x_1 + 2x_2 + x_3 \leq 40$$

$$3x_1 + 2x_3 \leq 60$$

$$x_1 + 4x_2 \leq 30$$

$$t \leq 0$$

and the basis is found as  $(x_2, x_3, x_7) = (5, 30, 10)$ . Similarly, the bases are found as  $(x_2, x_3, x_7) = (5, 30, 10)$  and  $(x_3, x_5, x_7) = (30, 10, 30)$  corresponding to  $t^* = 0.5$  and  $t^* = 1$ , respectively.

**Step 6-7:** Specify the interval of the parameter respect to the changing basis and determine the optimal solution as a function of parameter in the following Table 2.

**Table 2.** The interval of the parameter respect to the changing basis

Parameter interval	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$z$
$0 \leq t < 1$	0	5	30	$160 + 140t$
$t \geq 1$	0	0	30	$150 + 150t$

## CONCLUSION

PLP is a kind of problem to investigate the effects of changes on parameter in the OF. The usage of PLP adds a new dimension to LP that consider the parametrized factor. PLP is an extension for systematic sensitivity analysis which is especially valuable for post-optimality analysis. In real applications, parameters have some degree of uncertainty, and sensitivity analysis must be conducted. From this point of view, linearization has been performed using first order Taylor polynomial and a solution approach has been developed. The proposed approach has a remarkable advantage to find acceptable solution for decision makers in terms of ease of application and accuracy of results. The main advantage of the considered parametric analysis problem is the investigation of trade-offs in parameter value.

## REFERENCES

- Adler, I. & Monteiro, R. D. (1992). A geometric view of parametric linear programming. *Algorithmica*, 8(1-6), 161-176.
- Barnett, S. (1968). A simple class of parametric linear programming problems. *Operations Research*, 16(6), 1160-1165.
- Cambini, A., Schaible, S. & Sordini, C. (1993). Parametric linear fractional programming for an unbounded feasible region. *Journal of global optimization*, 3(2), 157-169.
- Chong, E. K. & Zak, S. H. (2013). *An Introduction to Optimization (Vol. 76)*. John Wiley&Sons.
- Courtillot, M. (1962). On varying all the parameters in a linear-programming problem and sequential solution of a linear-programming problem. *Operations Research*, 10(4).
- Dantzig, G.B. (1963). *Linear Programming and Extensions*, Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Gass, S. & Saaty, T. (1955a). The computational algorithm for the parametric objective function. *Naval research logistics quarterly*, 2(1-2), 39-45.
- Gass, S. I. & Saaty, T. L. (1955b). Parametric objective function (part 2)-generalization. *Journal of the Operations Research Society of America*, 3(4), 395-401.
- Huang, R. & Lou, X. (2012). A Simplex Based Parametric Programming Method for the Large Linear Programming Problem. In *Proceeding of the International Multiconference of Engineers and computer scientists (Vol. 2, pp. 14-16)*.
- Remani, C. (2013). *Numerical methods for solving systems of nonlinear equations*. Lakehead University Thunder Bay, Ontario, Canada.
- Saaty, T. L. (1959). Coefficient perturbation of a constrained extremum. *Operations Research*, 7(3), 294-302.
- Taha, H. A. (2007). *Operational Research: An Introduction*. Pearson/Prentice Hall, 8th edition.
- Willner, L. B. "On Parametric Linear Programming," *SIAM J. Appl. Math.*, Vol. 15, No. 5 (Sept.,1967), pp. 1253-1257.

**(1/G')-Expansion Method for Exact Solutions of (3+1)-Dimensional Jimbo-Miwa Equation**Asif YOKUŞ<sup>1</sup>, Hülya DURUR<sup>2\*</sup>

**ABSTRACT:** The purpose of this article is obtaining the exact solutions for (3+1)-dimensional Jimbo-Miwa Equation (3+1DJME). The (1/G')-expansion method which is an effective method in solving nonlinear evolution equations (NLEEs) is used. Then, 3D, contour and 2D graphics are presented by giving special values to the constants in the solutions obtained. These graphics are a special solution of the (3+1DJME) and represent a stationary wave of the equation. Ready computer package program is used to obtain the solutions and graphics presented in this study.

**Keywords:** (1/G')-expansion method, (3+1)-dimensional Jimbo-Miwa equation, exact solution, traveling wave solution.

**(3 + 1) Boyutlu Jimbo-Miwa Denkleminin Tam Çözümleri için (1/G')-Açılım Yöntemi**

**ÖZET:** Bu makalenin amacı (3+1) boyutlu Jimbo-Miwa denklemi için tam çözümler elde etmektir. Lineer olmayan evrim denklemlerinin çözümünde etkili bir yöntem olan (1/G')-açılım yöntemi kullanılmıştır. Daha sonra elde edilen çözümlerdeki sabitlere özel değerler verilerek 3 boyutlu, kontur ve 2 boyutlu grafikler sunulmuştur. Bu grafikler (3 + 1) boyutlu Jimbo-Miwa denkleminin özel bir çözümü olup ve denklemin duragan bir dalgasını temsil etmektedir. Bu çalışmada sunulan çözümler ve grafiklerin elde edilmesinde hazır bilgisayar paket programı kullanılmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** (1/G')-açılım yöntemi, (3+1)-boyutlu Jimbo-Miwa denklemi, tam çözüm, yürüyen dalga çözümü.

<sup>1</sup>Asif YOKUŞ (Orcid ID: 0000-0002-1460-8573), Department of Actuary, Faculty of Science, Firat University, Elazig, 23200, Turkey

<sup>2</sup> Hülya DURUR (Orcid ID: 0000-0002-9297-6873), Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Ardahan University, Ardahan, 75000, Turkey

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Hülya DURUR, e-mail: hulyadurur@ardahan.edu.tr

Geliş tarihi / Received: 08-02-2020

Kabul tarihi / Accepted: 25-07-2020



## INTRODUCTION

The NLEEs in mathematical physics play a major role in many fields, such as geochemistry, plasma physics, fluid mechanics and solid state physics. The investigation of analytical solutions of NLEEs plays a significant role in the work of nonlinear physical phenomena. Especially in last years, many effective methods have been presented to achieve exact solutions of NLEEs, some of which are new extended direct algebraic method (Rezazadeh et al., 2018),  $(G'/G)$ -expansion method (Yokuş and Kaya, 2015; Yokus and Tuz, 2017; Durur, 2020), The tanh-coth method (Wazwaz, 2007), the Clarkson–Kruskal (CK) direct method (Su-Ping and Li-Xin, 2007), Sumudu transform method (Yavuz and Özdemir, 2018), Sub equation method (Durur et al., 2019a), extended sinh-Gordon equation expansion method (Baskonus et al., 2018; Cattani et al., 2018), the modified Kudryashov method (Kumar et al., 2018),  $(1/G')$ -expansion method (Yokuş and Durur, 2019; Durur and Yokuş, 2019; Durur and Yokuş, 2020; Yokuş et al., 2020a; Yokuş et al., 2020b), Adomian Decomposition methods (Kaya and Yokus, 2002; Kaya and Yokus, 2005; Yavuz and Özdemir, 2018; Yavuz, 2017), collocation method (Aziz and Šarler, 2010), new sub equation method (Kurt et al. 2019), first integral method (Darvishic et al., 2016), improved Bernoulli sub-equation function method (Düşünceli et al., 2020; Dusunceli, 2019), Difference scheme method (Faraj and Modanli 2017; Modanlı, 2019), the modified exp-expansion function method (Yokus et al., 2018), Hirota bilinear method (Manafian, 2018), residual power series method (Durur et al., 2019b), variational iteration algorithms (Ahmad et al., 2020),

In this study, authors attained the exact solutions of the (3+1DJME). Consider the form of the (3+1DJME) (Siddique et al., 2010),

$$u_{xxx} + 3u_y u_{xx} + 3u_x u_{xy} + 2u_{yt} - 3u_{xz} = 0. \quad (1)$$

The Jimbo-Miwa equation is first studied by Jimbo and Miwa (Jimbo and Miwa, 1983) and later by several authors. This equation is known as a mathematical model of  $(3 + 1)$  dimensional waves in applied sciences and physics. One of the most important features of this equation is that it has soliton solutions. However, it does not carry conventional integration features. Some of these are as follows: Wazwaz have been obtained multiple soliton solutions of two extended (3+1DJME) by applying the simplified Hirota's method (Wazwaz, 2017). Yang and Ma have been obtained Lump-type solutions of the (3+1DJME) by applying Hirota bilinear form (Yang and Ma, 2017). Liu and Jiang have been attained new exact solutions of the (3+1DJME) using the extended homogeneous balance method (Liu and Jiang, 2004). Öziş and Aslan have been obtained analytical and explicit generalized solitary solutions of the (3+1DJME) using the Exp-function method (Öziş and Aslan, 2008). Tang and Liang have been attained variable separation solutions of the (3+1DJME) (Tang and Liang, 2006). Ma has been obtained four classes of lump-type solutions for the (3+1DJME) using Hirota bilinear form (Ma, 2016).

## MATERIALS AND METHODS

### Method

Consider general form of NLEEs

$$T\left(u, \frac{\partial u}{\partial t}, \frac{\partial u}{\partial x}, \frac{\partial u}{\partial y}, \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \dots\right) = 0. \quad (2)$$

Let  $u = u(x, y, z, t) = U(\xi) = U$ ,  $\xi = ax + \beta y + \gamma z - ct$  and transmutation Eq. (1) may be converted into following nODE for  $U(\xi)$ :

$$L(U, U', U'', UU', U'U'', \dots) = 0, \quad (3)$$

where prime refers to derivatives related to  $\xi$ . The solution of Eq. (3) is assumed to have the form

$$U(\xi) = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i \left(\frac{1}{G'}\right)^i, \quad (4)$$

where  $a_i$ , ( $i = 0, 1, 2, \dots, n$ ) are constants,  $n$  is a positive integer which is the equilibrium term in Eq. (3) and  $G = G(\xi)$  provides the following second order IODE

$$G'' + \lambda G' + \mu = 0, \quad (5)$$

where  $\lambda$  and  $\mu$  are constants and to be determined later.

$$\frac{1}{G'[\xi]} = \frac{1}{-\frac{\mu}{\lambda} + A \cos h[\xi\lambda] - A \sin h[\xi\lambda]}, \quad (6)$$

where  $A$  is integral constant. If the desired derivatives of the Eq. (4) are calculated and replacing in the Eq.(3), a polynomial with the argument  $(1/G')$  is attained. An algebraic equation system is created by equalizing the coefficients of this polynomial to zero. These equations are solved using package program and put into place in the default Eq. (3) solution function. Thus, the solutions of Eq. (2) are obtained.

### Solutions of The (3+1DJM) Equation

We consider Eq. (1) and using transformation  $u = u(x, y, z, t) = U(\xi)$ ,  $\xi = \alpha x + \beta y + \gamma z - ct$ , where  $\beta, \gamma, \alpha$  and  $c$  are constants, once obtained (ODE) after integration, we get

$$\alpha^3 \beta U''' + 3\beta \alpha^2 (U')^2 - (2\beta c + 3\alpha \gamma) U' + c_1 = 0, \quad (7)$$

where  $c_1$  is an integration constant to be determined in the future. In Eq. (7), we get term  $n = 1$  from the definition of balancing term and the following situation is obtained in Eq. (4),

$$U(\xi) = a_0 + a_1 \left(\frac{1}{G'[\xi]}\right), a_1 \neq 0. \quad (8)$$

Replacing Eq. (8) into Eq. (7) and the coefficients of Eq. (1) are equal to zero, we may establish the following algebraic equation systems

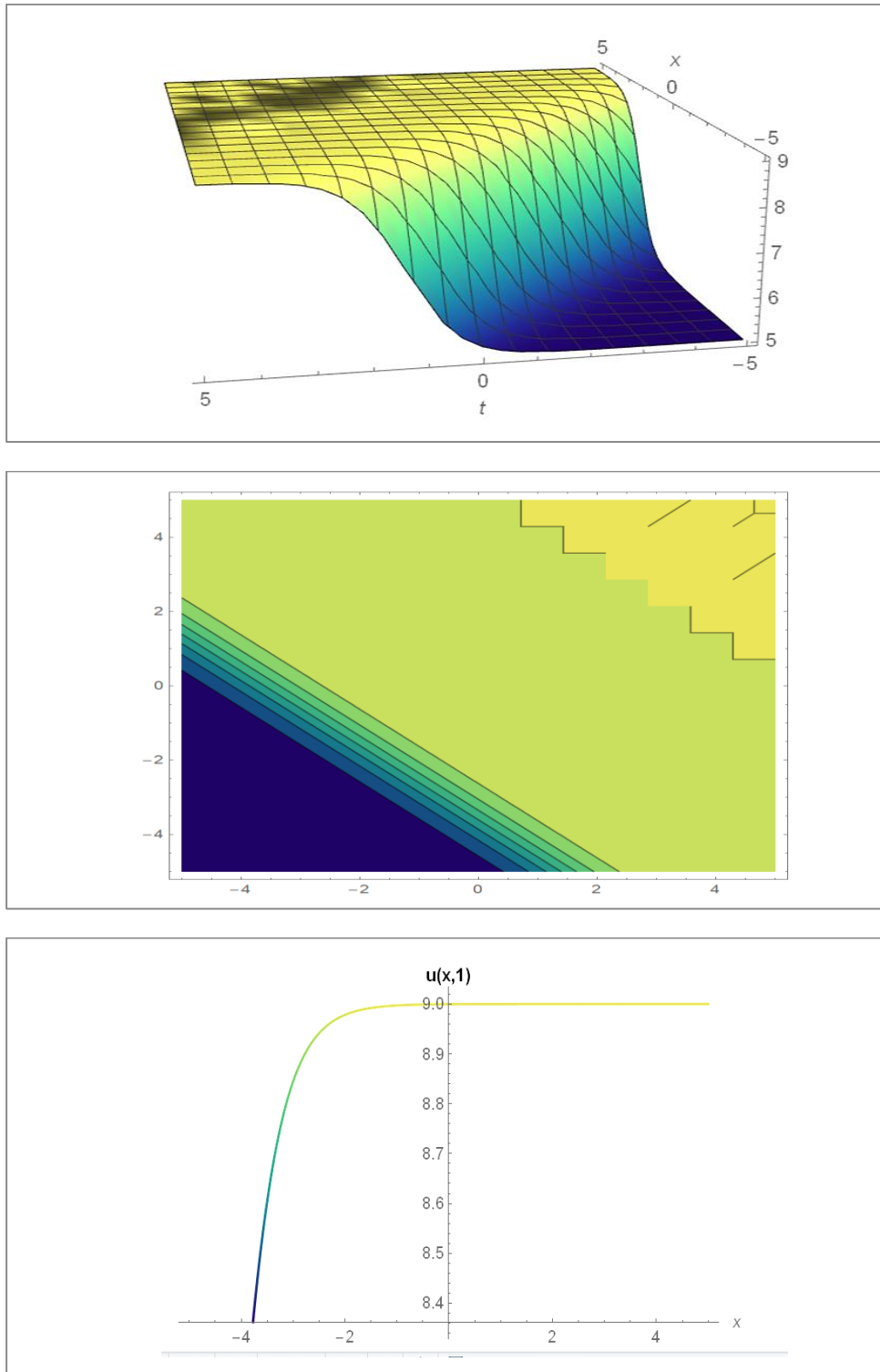
$$\left. \begin{aligned} \text{Const: } c_0 &= 0, \\ \frac{1}{G'[\xi]}: -2c\beta\lambda a_1 - 3\alpha\gamma\lambda a_1 + \alpha^3\beta\lambda^3 a_1 &= 0, \\ \frac{1}{G'[\xi]^2}: -2c\beta\mu a_1 - 3\alpha\gamma\mu a_1 + 7\alpha^3\beta\lambda^2\mu a_1 + 3\alpha^2\beta\lambda^2 a_1^2 &= 0, \\ \frac{1}{G'[\xi]^3}: 12\alpha^3\beta\lambda\mu^2 a_1 + 6\alpha^2\beta\lambda\mu a_1^2 &= 0, \\ \frac{1}{G'[\xi]^4}: 6\alpha^3\beta\mu^3 a_1 + 3\alpha^2\beta\mu^2 a_1^2 &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

### Case1.

$$a_1 = -2\alpha\mu, \beta = \frac{3\alpha\gamma}{-2c + \alpha^3\lambda^2}, \quad (10)$$

replacing values Eq. (10) into Eq. (8) and attain the following hyperbolic wave solutions for Eq. (1):

$$u_1(x, y, z, t) = -\frac{2\alpha\mu}{-\frac{\mu}{\lambda} + A \cosh[\lambda(-ct + \alpha x + \gamma z + \frac{3y\alpha\gamma}{-2c + \alpha^3\lambda^2})] - A \sinh[\lambda(-ct + \alpha x + \gamma z + \frac{3y\alpha\gamma}{-2c + \alpha^3\lambda^2})]} + a_0. \quad (11)$$



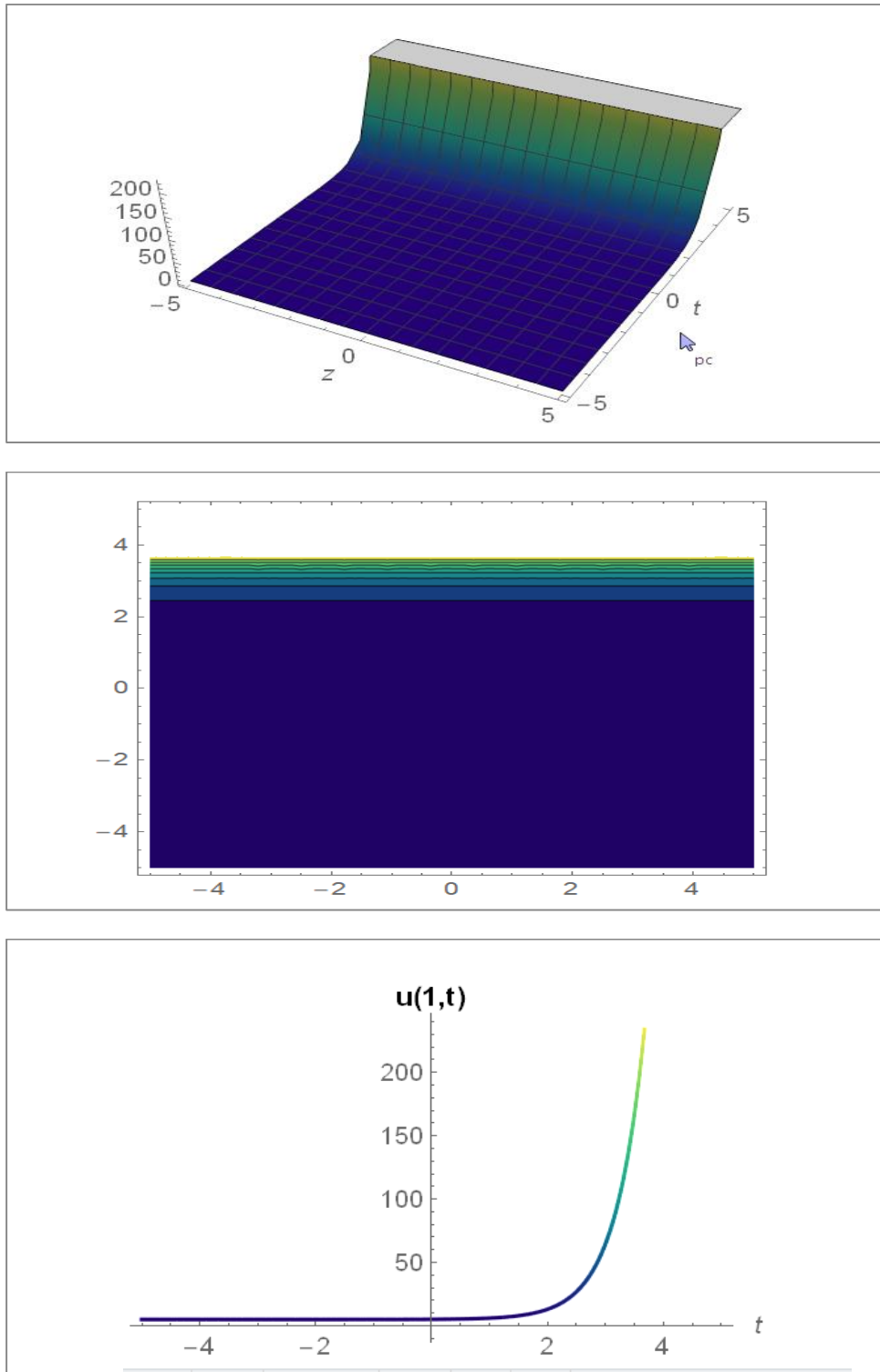
**Figure 1.** 3D, contour and 2D graphs of  $u_1(x, y, z, t)$  respectively for  $A = 3, \lambda = 2, \mu = -1, \alpha = 1, \gamma = 3, c = -1, y = 1, z = 1, a_0 = 5$ .

**Case2.**

$$c_1 = 0, \mu = 0, \alpha = 0, \beta = 0, \tag{12}$$

replacing values Eq. (12) into Eq. (8) and attain the following exponential wave solution for Eq. (1):

$$u_2(z, t) = a_0 + \frac{e^{-ct\lambda + zy\lambda a_1}}{A}. \tag{13}$$



**Figure 2.** 3D, contour and 2D graphs of  $u_2(z, t)$  respectively for  $A = 5$ ;  $\lambda = 2$ ;  $c = -1$ ;  $z = 1$ ;  $a_0 = 5$ ;  $a_1 = 0.1$ ;  $\gamma = 1$ .

## RESULTS AND DISCUSSION

There are several methods to find the analytical solution of NLEEs. One of these methods is the  $(1/G')$ -expansion method. In this study, we obtained the traveling wave solutions of the the (3+1DJME) by using this method. The solutions obtained in this study are hyperbolic traveling wave solutions. The graphics presented represent the stationary wave. While these graphs are obtained, arbitrary values are given to the constants. The advantage of the method is that a simpler algebraic equation system is

obtained compared to other methods. The only disadvantage of this method is that it produces a uniform solution function. In the study, it has been shown that this method is easier than other methods in terms of process complexity. So, this method is an effective and easy method to reach the solution. This method can be easily applied to NLEEs.

## CONCLUSION

The  $(1/G')$ -expansion method was used to establish the exact solution for the (3+1)DJME. For the solutions found, 3D, contour and 2D graphics were presented for different values given to the constants. As it is known, each method produces different types of solutions due to its structure. With this method, hyperbolic type traveling wave solutions are produced. For this equation, this method has not been applied and it is aimed to provide different types of solutions to the literature. The advantage of this method is its high reliability and easy application. The disadvantage is that it produces a single type of solution. However, these solutions have an important place in the analysis of the shock wave structure. In addition, having a single point feature is attractive for asymptotic behavior reviewers. In addition, the ready computer package program is used for graphic and computations in this letter.

## REFERENCES

- Aziz I, Şarler B, 2010. The numerical solution of second-order boundary-value problems by collocation method with the Haar wavelets. *Mathematical and Computer Modelling*, 52(9-10), 1577-1590.
- Baskonus H M, Sulaiman T A, Bulut H, Aktürk T, 2018. Investigations of dark, bright, combined dark-bright optical and other soliton solutions in the complex cubic nonlinear Schrödinger equation with  $\delta$ -potential. *Superlattices and Microstructures*, 115, 19-29.
- Dusunceli, F., Celik, E., Askin, M., & Bulut, H. (2020). New exact solutions for the doubly dispersive equation using the improved Bernoulli sub-equation function method. *Indian Journal of Physics*, 1-6.
- Cattani C, Sulaiman T A, Baskonus H M, Bulut H, 2018. On the soliton solutions to the Nizhnik-Novikov-Veselov and the Drinfel'd-Sokolov systems. *Optical and Quantum Electronics*, 50(3), 138.
- Darvishi M, Arbabi S, Najafi M, Wazwaz A, 2016. Traveling wave solutions of a (2+1)-dimensional Zakharov-like equation by the first integral method and the tanh method. *Optik*, 127(16), 6312-6321.
- Durur H, 2020. Different types analytic solutions of the (1+ 1)-dimensional resonant nonlinear Schrödinger's equation using  $(G'/G)$ -expansion method. *Modern Physics Letters B*, 34(03), 2050036.
- Durur H, Yokuş A, 2019.  $(1/G')$ -Açılım Metodu ile Kullanarak Sawada-Kotera Denklemi'nin Hiperbolik Yürüyen Dalga Çözümleri. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(3), 615-619.
- Durur H, Taşbozan O, Kurt A, Şenol M, 2019a. New Wave Solutions of Time Fractional Kadomtsev-Petviashvili Equation Arising In the Evolution of Nonlinear Long Waves of Small Amplitude. *Erzincan University Journal of the Institute of Science and Technology*, 12(2), 807-815.
- Durur H, Şenol M, Kurt A, Taşbozan O, 2019b. Zaman-Kesirli Kadomtsev-Petviashvili Denklemi'nin Conformable Türev ile Yaklaşık Çözümleri. *Erzincan University Journal of the Institute of Science and Technology*, 12(2), 796-806.
- Dusunceli F, 2019. New Exact Solutions for Generalized (3+1) Shallow Water-Like (SWL) Equation. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, 4(2), 365-370.
- Faraj B, Modanlı M, 2017. Using Difference Scheme Method for the Numerical Solution of Telegraph Partial Differential Equation.
- Jimbo M, Miwa T, 1983. Solitons and infinite dimensional Lie algebras. *Publications of the Research Institute for Mathematical Sciences*, 19(3), 943-1001.
- Kaya D, Yokus A, 2002. A numerical comparison of partial solutions in the decomposition method for linear and nonlinear partial differential equations. *Mathematics and Computers in Simulation*, 60(6), 507-512.



- Kaya D, Yokus A, 2005. A decomposition method for finding solitary and periodic solutions for a coupled higher-dimensional Burgers equations. *Applied Mathematics and Computation*, 164(3), 857-864.
- Kumar D, Seadawy A R, Joardar A K, 2018. Modified Kudryashov method via new exact solutions for some conformable fractional differential equations arising in mathematical biology. *Chinese journal of physics*, 56(1), 75-85.
- Kurt A, Tasbozan O, Durur H, 2019. The Exact Solutions of Conformable Fractional Partial Differential Equations Using New Sub Equation Method. *Fundamental Journal of Mathematics and Applications*, 2(2), 173-179.
- Liu X Q, Jiang S, 2004. New solutions of the 3+ 1 dimensional Jimbo–Miwa equation. *Applied mathematics and computation*, 158(1), 177-184.
- Ma W X, 2016. Lump-type solutions to the (3+ 1)-dimensional Jimbo-Miwa equation. *International Journal of Nonlinear Sciences and Numerical Simulation*, 17(7-8), 355-359.
- Manafian, J, 2018. Novel solitary wave solutions for the (3+1)-dimensional extended Jimbo–Miwa equations. *Computers & Mathematics with Applications*, 76(5), 1246-1260.
- Öziş T, Aslan İ, 2008. Exact and explicit solutions to the (3+ 1)-dimensional Jimbo–Miwa equation via the Exp-function method. *Physics Letters A*, 372(47), 7011-7015.
- Rezazadeh H, Tariq H, Eslami M, Mirzazadeh M, Zhou Q, 2018. New exact solutions of nonlinear conformable time-fractional Phi-4 equation. *Chinese Journal of Physics*, 56(6), 2805-2816.
- Siddique I, Rizvi S T R, Batool F, 2010. New exact travelling wave solutions of nonlinear evolution equations. *International Journal of Nonlinear Science*, 9(1), 12-18.
- Su-Ping Q, Li-Xin T, 2007. Modification of the Clarkson–Kruskal Direct Method for a Coupled System. *Chinese Physics Letters*, 24(10), 2720.
- Tang X Y, Liang Z F, 2006. Variable separation solutions for the (3+ 1)-dimensional Jimbo–Miwa equation. *Physics Letters A*, 351(6), 398-402.
- Wazwaz A M, 2007. The tanh–coth method for solitons and kink solutions for nonlinear parabolic equations. *Applied Mathematics and Computation*, 188(2), 1467-1475.
- Wazwaz A M, 2017. Multiple-soliton solutions for extended (3+1)-dimensional Jimbo–Miwa equations. *Applied Mathematics Letters*, 64, 21-26.
- Yang J Y, Ma W X, 2017. Abundant lump-type solutions of the Jimbo–Miwa equation in (3+ 1)-dimensions. *Computers & Mathematics with Applications*, 73(2), 220-225.
- Yavuz M, Özdemir N, 2018. An Integral Transform Solution for Fractional Advection-Diffusion Problem. *Mathematical Studies and Applications 2018 4-6 October 2018*, 442.
- Yavuz M, Özdemir N, 2018. A quantitative approach to fractional option pricing problems with decomposition series. *Konuralp Journal of Mathematics*, 6(1), 102-109.
- Yokuş A, Kaya D, 2015. Traveling wave solutions of some nonlinear partial differential equations by using extended-expansion method.
- Yokus A, Tuz M, 2017. An application of a new version of (G'/G)-expansion method. In *AIP Conference Proceedings* 1798(1), 020165.
- Yokus A, Baskonus H M, Sulaiman T A, Bulut H, 2018. Numerical simulation and solutions of the two-component second order KdV evolutionary system. *Numerical Methods for Partial Differential Equations*, 34(1), 211-227.
- Yokuş A, Durur H, 2019. Complex hyperbolic traveling wave solutions of Kuramoto-Sivashinsky equation using (1/G') expansion method for nonlinear dynamic theory. *Journal of Balıkesir University Institute of Science and Technology*, 21(2), 590-599.
- Durur, H., & Yokuş, A. (2020). Analytical solutions of Kolmogorov–Petrovskii–Piskunov equation. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(2), 628-636.
- Yokus, A., Durur, H., & Ahmad, H. (2020a). Hyperbolic type solutions for the couple Boiti-Leon-Pempinelli system. *Facta Universitatis, Series: Mathematics and Informatics*, 35(2), 523-531.

- Yokus, A., Durur, H., Ahmad, H., & Yao, S. W. (2020b). Construction of Different Types Analytic Solutions for the Zhiber-Shabat Equation. *Mathematics*, 8(6), 908.
- Ahmad, H., Khan, T. A., Durur, H., Ismail, G. M., & Yokus, A. (2020). Analytic approximate solutions of diffusion equations arising in oil pollution. *Journal of Ocean Engineering and Science*.
- Yavuz, M. (2017). Novel solution methods for initial boundary value problems of fractional order with conformable differentiation. *An International Journal of Optimization and Control: Theories & Applications (IJOCTA)*, 8(1), 1-7.
- Modanli, M. (2019). On the numerical solution for third order fractional partial differential equation by difference scheme method. *An International Journal of Optimization and Control: Theories & Applications (IJOCTA)*, 9(3), 1-5.

**Pendimethalin ve Salisilik Asit Uygulamalarının *Carthamus tinctorius* L. cv. “Remzibey” Yağ Asidi Desatüraz Genlerinin Anlatımı Üzerine Etkisi**

Ekrem AKBULUT<sup>1\*</sup>

**ÖZET:** Aspir (*Carthamus tinctorius* L.), tohumlarında yüksek kaliteye sahip doymamış yağ asitlerinden oleik asit ve  $\alpha$ -linolenik asit içeren endüstriyel hammadde kaynağı olma özelliğine sahip önemli bir yağ bitkisidir. Pendimethalin yabancı ot kontrolünün sağlanması için ekonomik değere sahip bitkilere uygulanan dinitroanilin grubu bir herbisittir. Salisilik asit biyotik ve abiyotik streslere karşı bitki savunmasında yer alan önemli bir bitkisel hormondur. Omega-3 yağ asidi desatürazlar (*FAD3* ve *FAD7*)  $\alpha$ -linolenik asit biyosentezi için anahtar enzimlerdir. Bu çalışmada pendimethalin ve salisilik asitin yağ asidi metabolizmasında görev alan *FAD3* ve *FAD7* gen anlatım düzeyleri üzerindeki olası etkileri araştırılmıştır. Çalışmada toplam 36 saksıda kontrollü iklim şartlarında yetiştirilen aspir bitkilerine 0,004 ve 0,01 M pendimethalin uygulaması yapılmıştır. Pendimethalin uygulanan örneklerle 0,05 mM salisilik asit uygulanmıştır. Uygulama sonrası RNA izolasyonu, cDNA sentezi ve kantitatif polimeraz zincir reaksiyonu gerçekleştirilmiştir. Test ve kontrol grupları arasındaki kat değişimi  $2^{-\Delta\Delta CT}$  formülü ile hesaplanmıştır. Gen anlatım düzeyleri arasındaki değişim t testi ile değerlendirildi ( $p<0,05$ ). Pendimethalinin *FAD3* ve *FAD7* genlerini aşağı yönde regüle ettiği, artan pendimethalin konsantrasyonuna bağlı olarak gen anlatım düzeylerinin azaldığı belirlenmiştir. Salisilik asitin pendimethalinin ortaya çıkardığı toksik etkiyi azaltıcı yönde etki gösterdiği, *FAD3* ve *FAD7* genlerini yukarı yönlü regüle ettiği tespit edilmiştir. Pendimethalinin *Carthamus tinctorius* L. Remzibey çeşidinde yağ asidi kalitesi ve  $\alpha$ -linolenik asit biyosentezinde azalmaya neden olabileceği, salisilik asitin ise pendimethalinin olumsuz etkilerini giderici etkiye sahip olduğu ve  $\alpha$ -linolenik asit miktarında kısmi artışa katkı sunabileceği düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** *Carthamus tinctorius*, pendimethalin, salisilik asit, omega 3-yağ asidi desatüraz

**The Effect of Pendimethaline and Salicylic Acid Applications on Expression of *Carthamus tinctorius* L. cv. “Remzibey” Fatty Acid Desaturase Genes**

**ABSTRACT:** Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) is an important oil plant, which is an industrial raw material source containing high quality unsaturated fatty acids, oleic acid and  $\alpha$ -linolenic acid. Pendimethalin is a dinitroaniline group herbicide that is applied to plants of economic value for weed control. Salicylic acid is an important herbal hormone involved in plant defense against biotic and abiotic stresses. Omega-3 fatty acid desaturases (*FAD3* and *FAD7*) are key enzymes for  $\alpha$ -linolenic acid biosynthesis. In present study, the effects of pendimethalin and salicylic acid on the gene expression levels of *FAD3* and *FAD7* involved in fatty acid metabolism were investigated. In this study, 0,004 and 0,01 M pendimethalin were applied to safflower plants grown under controlled climatic conditions in 36 pots. 0,05 mM salicylic acid was applied to the samples where pendimethalin was applied. After application, RNA isolation, cDNA synthesis and quantitative polymerase chain reaction were performed. The fold change between the test and control groups was calculated with the formula  $2^{-\Delta\Delta CT}$  (delta delta CT). The change between gene expression levels was evaluated by t test ( $p<0,05$ ). It was determined that pendimethalin downregulated *FAD3* and *FAD7* genes and decreased gene expression levels dependant to pendimethalin concentration. It was determined that salicylic acid had a decreasing effect on the toxic effects caused by pendimethalin and upregulated the *FAD3* and *FAD7* genes. Pendimethalin is thought to cause a decrease in fatty acid quality and  $\alpha$ -linolenic acid biosynthesis in *Carthamus tinctorius* L. cv. Remzibey, salicylic acid has a negative effect on pendimethalin and contributes to partial increase in  $\alpha$ -linolenic acid.

**Keywords:** *Carthamus tinctorius*, pendimethalin, salicylic acid, omega 3-fatty acid desaturase

<sup>1</sup> Ekrem AKBULUT (Orcid ID: 0000-0002-7526-9835), Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Biyomühendislik Bölümü, Malatya, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ekrem AKBULUT, e-mail: ekremakbulut@gmail.com

Geliş tarihi / Received: 14-06-2020

Kabul tarihi / Accepted: 25-06-2020

## GİRİŞ

Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) geniş bir coğrafi yayılım gösteren ekonomik değere sahip bir bitkidir (Namdjoyan ve ark., 2020). Yağışın az olduğu kurak ve yarı kurak bölgelerde yetiştirilebilir olması artan dünya nüfusu dikkate alındığında önemini artırmaktadır. Zengin yağ içeriği ile de kozmetik ve biyoyakıt alanında da önemli bir kaynak olarak öne çıkmaktadır (Nogales-Delgado ve ark., 2019; Zemour ve ark., 2019). Farklı renklerde olan çiçekleri gıdaları renklendirmede ve ilaç sanayinde kullanılmaktadır (Angelova ve ark., 2016). Aspir'in fitoremediasyon için potansiyel bir bitkisel kaynak olabileceği düşünülmektedir (Al Chami ve ark., 2015; Namdjoyan ve ark., 2017). Aspir, insan sağlığı ve günlük beslenme açısından önemli çoklu doymamış yağ asitlerinden linoleik asit (LA) ve  $\alpha$ -linolenik asit (ALA) yüksek oranda içermektedir (Nazari ve ark., 2017; Akbari ve ark., 2019). ALA'nın özellikle insanlarda kardiyovasküler hastalıklar, obezite ve öğrenme güçlüğü gibi birçok hastalık riskini düşürdüğü bilinmektedir. Besinlerle yeterli düzeyde ALA alınımının bebeklerde nöral gelişim açısından da önemli olduğu bilinmektedir (Innis, 2008).

Yağ asidi desaturaz (*FAD*) 3 ve (*FAD*) 7, omega 6 yağ asitlerinin omega 3 yağ asitlerine dönüşümünü katalizler (Rani ve ark., 2018). *FAD3* ve *FAD7*, LA'nın karbon atomları arasında çift bağ oluşumunu katalize ederek ALA oluşumunu sağlar (Aronel ve ark., 1992).

Pendimethalin (PEN) modern tarım uygulamaları kapsamında tahıl, baklagil ve sebze tarımında yabancı ot mücadelesinde yaygın kullanılan dinitroanilin grubu bir herbisittir (Arici ve ark., 2020). Lipofilitesi ve güçlü toprak adsorpsiyon özellikleri ile insan sağlığı açısından önemli riskler taşımaktadır (Ahmad ve ark., 2016; Verma ve Srivastava, 2018). Özellikle insan DNA'sı ve önemli bazı biyomoleküllere bağlanarak kanser başta olmak üzere birçok hastalığın gelişimine olası etkileri nedeni ile kontrollü kullanılması önem arz etmektedir (Ahmad ve ark., 2016; Lee ve ark., 2017).

Salisilik asit (SA)'in farklı bitkisel organizmalarda antioksidan sistem verimliliğini ve oksidatif strese karşı toleransı arttırdığını gösteren çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Spormann ve ark., 2019; Yüzbaşıoğlu ve Dalyan, 2019).

Çalışmada önemli bir endüstriyel yağ bitkisi olan aspir'in Remzibey çeşidine uygulanan PEN herbisidinin *FAD3* ve *FAD7* gen anlatım düzeyleri üzerindeki etkileri ve 0,5 mM SA uygulaması sonrasında gen anlatım düzeylerindeki değişimler araştırıldı.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Stres Uygulamaları ve Yetiştirme Koşulları

Çalışmada kullanılan *Carthamus tinctorius* L. "Remzibey" çeşidine ait tohumlar Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından sağlanmıştır. PEN herbisiti ticari formu temin edilmiştir (BASF, 30356897). SA ticari formu Sigma Aldrich firmasından temin edilmiştir (Katalog no: S7401). Tohumlar 0,5 mM SA içeren solüsyon içerisinde 6 saat bekletildikten sonra saksılara aktarılmıştır. Örnekler  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ ' de, %65 nem içeriği ile iklim odasında kontrollü şartlar altında toprak içeren plastik saksılar (10,5 x 8 cm) yetiştirilmiştir. Her bir gen için 6 grupta 3 tekrarlı olmak üzere toplam 36 örnek (saksı) oluşturulmuştur. Örnekler 3 günde bir Hoagland kültür solüsyonu (Hoagland ve Arnon, 1938) ile sulanmıştır. PEN uygulaması 21 günlük bitki yapraklarına toksisite denemeleri sonucunda belirlenen 0,004 ve 0,01 M konsantrasyonlarında gerçekleştirilmiştir (Akbulut, 2019). PEN spreyleme yöntemi ile uygulanmıştır. Örnekler Çizelge 1'de belirtilen şekilde uygulama gruplarına ayrılmıştır.

**Çizelge 1.** Uygulama grupları

Grup adı	Uygulama türü
Kontrol	Hiçbir uygulama yapılmadı
Grup 1	0,5 mM SA
Grup 2	0,004 M PEN
Grup 3	0,004 M PEN +0,5 mM SA
Grup 4	0,01 M PEN
Grup 5	0,01 M PEN +0,5 mM SA

**RNA İzolasyonu**

Kimyasal uygulama sonrası aspir yapraklarından 24., 48. ve 72. saatlerde yaklaşık olarak 100 mg yaprak örneği alınarak sıvı nitrojen içerisinde dondurulmuştur. Dondurulmuş örnekler homojenizasyon tüplerine alınarak üzerlerine 600'er µl lizis (RLT) tamponu eklenmiştir. Homojenizasyon tüplerine 2,5 mm seramik boncuklar konulmuş ve örnekler 7 m s<sup>-1</sup> hızda 1 dakika süre ile homojenize edilmiştir (Bioprep 24). Örnekler 56°C'de 30 dakika su banyosunda inkübe edilmiştir. Süre sonunda, 16.000 rpm'de 2 dakika santrifüj edilmiştir ve süpernatant yeni bir eppendorf tüpüne alınmıştır. RNA izolasyonu, kullanılan izolasyon kitinin üreticisinin talimatları çerçevesinde yapılmıştır (QIAGEN, Allprep Mini Kit Cat No:80004).

**cDNA Sentezi**

RNA izolasyonu sonrası elde edilen RNA'nın kalitesi spektrofotometrik yöntem ile tespit edilmiştir. Konsantrasyonu 4 µg ml<sup>-1</sup>'nin altında olan örneklerden izolasyon tekrarlanmıştır. DNA'nın ortamdan uzaklaştırılması ve cDNA sentezi işlemi bir çevrim kiti aracılığı ile yapılmıştır (QIAGEN, RT2 HT First Strand Kit, Cat No: 330411). Her bir reaksiyon tüpü için RNA final konsantrasyonu 50 ng olarak ayarlanmıştır. cDNA sentezinde reaksiyon bileşenleri thermal cycler'da 42°C'de 15 dakika ve 95°C'de 5 dakika tutulmuştur.

**Kantitatif PCR (qPCR)**

Kantitatif PCR toplam reaksiyon hacmi 25 µl olarak gerçekleştirilmiştir. Reaksiyon karışımı; 12,5 µl master mix, 10,5 µl ddH<sub>2</sub>O, 1,0 µl kalıp cDNA ve 1,0 µl (25 pmol µl<sup>-1</sup>) primer karışımı içermiştir. Primer bilgileri Çizelge 2'de verilmiştir. Reaksiyon eşik değeri (CT cut off) 35 olarak ayarlanmıştır. qPCR reaksiyon koşulları; 95°C'de 10 dakika ön denatürasyon, 95°C'de 15 saniye, 53°C'de 40 saniye, 72°C'de 30 saniye ve 40 döngü olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada 3 teknik, 3 biyolojik tekrar uygulanmıştır. Çalışmada sybr green floresan boya kullanılmıştır (QIAGEN, RT2 SYBR Green qPCR Mastermix, Cat No:330500).

**Çizelge 2.** Primer dizi bilgileri

Sembol	Gen adı	Dizi	Tm (°C)
<i>ACTB</i> *	Actin 1 Referans gen	F- GCGGCTGGTATCCACGAGA	58.5
<i>Acc.KJ634809.1</i>		R- TCAGCAATGCCAGGGAACATAG	58.1
<i>FAD3</i>	Yağ asidi desaturaz-3	F- TCGTGGGTCCCGTTAAATGAAA	57.7
<i>Acc.HQ831356.1</i>		R- GCCACAAGTACAATGGGTATGC	57.4
<i>FAD7</i>	Yağ asidi desaturaz-7	F- TCCACCTCACTTCCAAGAGTTG	57.3
<i>Acc.HQ831349.1</i>		R- ACTCGCTATCTCCATCGTTCG	57.0

\*Bu makalede kullanılan referans genin uygunluğu Liu ve ark. (2016) tarafından yapılan "Identification of reference genes for gene expression normalization in safflower (*Carthamus tinctorius*)" isimli çalışmada test edilmiştir.

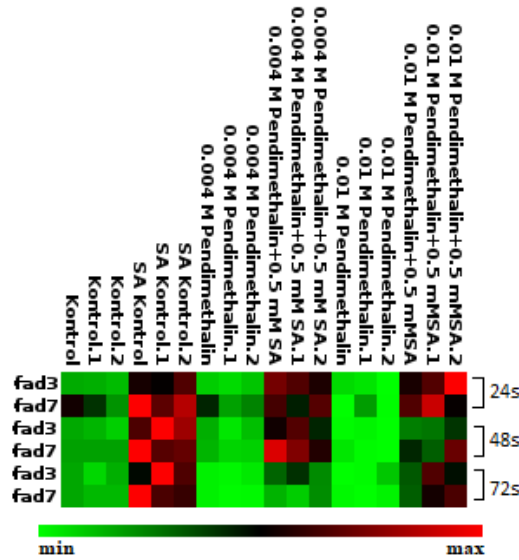


## Verilerin Analizi

qPCR sonrası elde edilen CT değerleri Qiagen GeneGlobe biyoinformatik aracı ile analiz edilmiştir. Kat değişimi ve kat düzeni değerleri delta delta CT metodu ile hesaplanmıştır (Livak ve Schmittgen, 2001). Test ve kontrol grupları arasındaki kat değişimi  $2^{\Delta(-\Delta\Delta CT)}$  formülü ile hesaplanmıştır. Test ve kontrol grupları arasındaki anlatım değişiminin istatistiksel anlamlılığı için p değeri t testi ile analiz edilmiştir ( $p < 0,05$ ).

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada PEN stresinin Remzibey çeşidinde *FAD3* ve *FAD7* gen anlatım düzeylerine etkisi ve SA'nın stres koşullarındaki etkileri araştırılmıştır. Kontrol ve 5 test grubunda 3 paralel olarak yürütülen çalışmada toplam 36 örnek ile *FAD3* ve *FAD7* gen anlatım düzeyleri analiz edilmiştir (Şekil 1). Uygulama gruplarında fenotipe yansıyan değişim gözlenmemiştir. 0,5 mM SA uygulanan 1. grup örneklerin tümünde *FAD3* ve *FAD7* gen anlatım düzeylerinde kontrol grubuna göre artış tespit edilmiştir. Tespit edilen artışlar istatistiksel olarak da anlamlı ( $p < 0,05$ ) bulunmuştur (Çizelge 3).

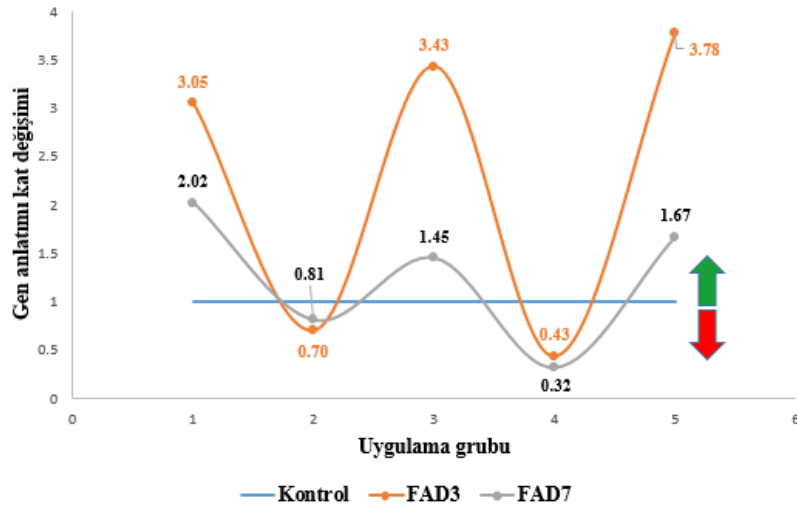


Şekil 1. *FAD3* ve *FAD7*'nin anlatım düzeylerindeki değişikliklerin ısı haritası ile gösterimi (Isı haritasında yeşile doğru yönelim azalan anlatım düzeyini, kırmızıya doğru yönelim artan anlatım düzeyini ifade eder)

Çizelge 3. PEN ve SA uygulaması sonrasında Remzibey çeşidindeki *FAD3* ve *FAD7* kat değişimi ve "p" değerleri

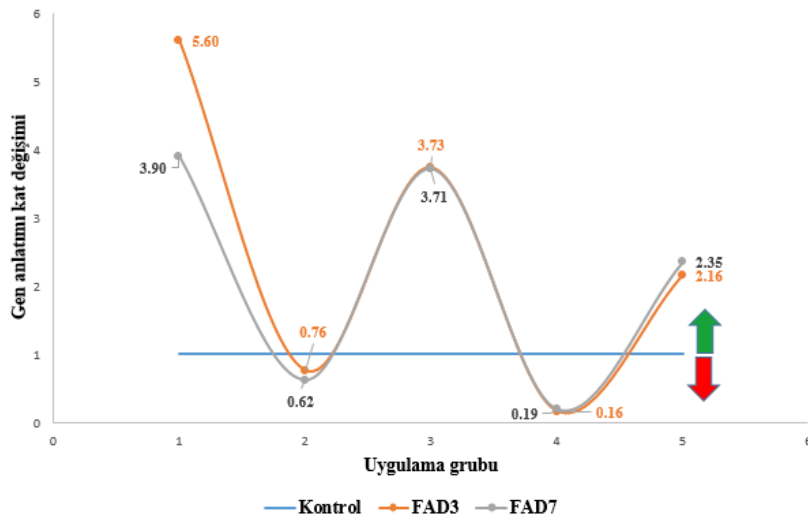
		<i>FAD3</i>			<i>FAD7</i>		
		24 s	48 s	72 s	24 s	48 s	72 s
Grup 1 0,5 mM SA Kontrol	Kat Değişimi	3,05	5,60	4,83	2,02	3,90	4,42
	P değeri	<b>0,0008</b>	<b>0,0027</b>	<b>0,0201</b>	<b>0,0243</b>	<b>0,0046</b>	<b>0,0086</b>
Grup 2 0,004 M PEN	Kat Değişimi	0,70	0,76	0,29	0,81	0,62	0,22
	P değeri	<b>0,0189</b>	0,5195	<b>0,0239</b>	0,4671	<b>0,0176</b>	<b>0,0007</b>
Grup 3 0,004 M PEN+0,5 mM SA	Kat Değişimi	3,43	3,73	2,20	1,45	3,71	1,01
	P değeri	<b>0,0006</b>	<b>0,0043</b>	<b>0,0432</b>	0,1667	<b>0,0056</b>	0,8533
Grup 4 0,01 M PEN	Kat Değişimi	0,43	0,16	0,25	0,32	0,19	0,20
	P değeri	<b>0,0081</b>	<b>0,0047</b>	0,1000	<b>0,0499</b>	<b>0,0004</b>	<b>0,0006</b>
Grup 5 0,01 M PEN+0,5 mM SA	Kat Değişimi	3,78	2,16	3,34	1,67	2,35	2,96
	P değeri	<b>0,0126</b>	<b>0,0257</b>	<b>0,0254</b>	0,1045	0,0602	<b>0,0222</b>

Kat değişim oranları farklılık göstermekle birlikte 24. saat örneklerinde; 0,004 M PEN ve 0,01 M PEN uygulamasının gen anlatım düzeylerinde kontrol grubuna göre azalmaya neden olduğu, PEN stresi altında SA uygulanan örneklerde *FAD3* ve *FAD7* düzeylerinde artış olduğu tespit edilmiştir. Artan PEN konsantrasyonu *FAD7* gen anlatım düzeyinde daha fazla azalmaya neden olurken, benzer değişim *FAD3* için gözlenmemiştir (Şekil 2).



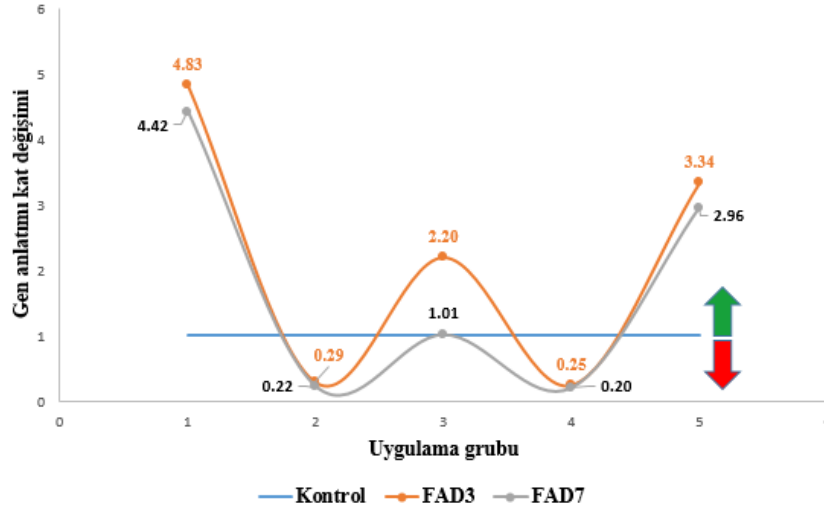
Şekil 2. PEN ve SA uygulaması altında *FAD3* ve *FAD7* anlatım düzeylerinin 24. saat örneklerindeki kat değişimi

PEN stresinin 48. saat örnekleri kontrol grupları ile kıyaslandıklarında *FAD3* ve *FAD7* gen anlatım düzeylerinde azalmaya neden olduğu, artan PEN konsantrasyonuna bağlı olarak anlatım düzeyinin daha fazla azaldığı tespit edilmiştir. 0,004 M ve 0,01 M PEN konsantrasyonlarında uygulama yapılan örneklerde, 0,5 mM SA uygulamasının *FAD3* ve *FAD7* anlatım düzeylerinde kat değişimleri farklı olmakla birlikte artışa neden olduğu gözlenmiştir (Şekil 3). *FAD3* için 2. gruptaki ve *FAD7* için 5. gruptaki değişimler dışındaki gen anlatımı değişiklikleri istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur (Çizelge 3).



Şekil 3. PEN ve SA uygulaması altında *FAD3* ve *FAD7* anlatım düzeylerinin 48. saat örneklerindeki kat değişimi

Uygulama sonrası 72. saat örnekleri değerlendirildiğinde *FAD3*'ün anlatım düzeyinin 1., 3. ve 5. Gruplarda artış gösterdiği, 2. ve 4. gruplarda ise azalma gösterdiği tespit edilmiştir. *FAD7*'nin anlatım düzeyi ise 1. ve 5. Gruplarda artış gösterirken 2., 3. ve 4. gruplarda azalma tespit edilmiştir (Şekil 4).



**Şekil 4.** PEN ve SA uygulaması altında *FAD3* ve *FAD7* anlatım düzeylerinin 72. saat örneklerindeki kat değişimi

PEN'in canlılarda çeşitli biyolojik süreçlerde toksik etkileri olduğunu gösteren çalışmalar bulunmaktadır (El-Awadi ve Hassan, 2011; Akbulut, 2019; Hamed ve El-Sayed, 2019). Akbulut (2019) çalışmasında 0,004 M ve 0,01 M PEN konsantrasyonunun karotenoid, toplam klorofil, toplam karbohidrat, toplam fenolik ve malondialdehid düzeylerinde değişime neden olduğunu belirtmiştir. Süzüntü ya da serpinti yolu ile gölet ve akarsulara karışan PEN'in balıklarda hepatik DNA hasarına neden olduğu ve nörotoksik etkiler oluşturabileceği bildirilmektedir (Hamed ve El-Sayed, 2019). Verma ve Srivastava (2018) çalışmalarında PEN uygulamasının *Allium cepa* bitkisinde sitogenotoksik ve morfotoksik etkiler ortaya çıkardığı ve artan konsantrasyonla birlikte toksik etkilerde artış olduğunu ifade etmektedir. Ali ve Wasfi (2016) PEN uygulamasının *Zea mays* fidelerinin bağıl su içeriğinde 20%'ye kadar azalmaya neden olabileceğini göstermektedir. Langaro ve ark. (2017) pirinç bitkisinde PEN uygulamasının metabolik aktivitelerin ve fotosentetik pigmentlerin bozulmasına ve protein miktarının azalmasına neden olan reaktif oksijen türlerinin üretildiğini bildirmektedir. Khyzhnyak ve ark. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada PEN'in bal arılarında yağ asidi sentezinde azalma ve yağ asidi kompozisyonunda değişime neden olduğunu göstermişlerdir. SA'nın bitki savunma mekanizmasının aktivasyonunda önemli bir bileşik olduğu bilinmektedir. SA bitki üzerinde herbisitlerin oluşturduğu toksik etkileri azaltıcı/iyileştirici etkilere sahip olduğu belirtilmektedir (Yaman ve Nalbantoğlu, 2019). Radwan ve ark. (2019) tarafından yer fıstığı ile yapılan çalışmada SA'nın herbisit ortaya çıkardığı oksidatif stresin azaltılmasına katkı sunduğu gösterildi. Wang ve ark. (2020) herbisit uygulamasının pirinç fidelerinde ortaya çıkardığı toksik etkiyi ve SA'nın iyileştirici etkilerini hiperspektral görüntüleme yöntemi ile gösterdi. Bir diğer çalışmada soya fasülyesinde herbisit uygulaması ile ortaya çıkan toksik etkilerin SA'nın askorbat peroksidaz ve glutatyon redüktaz aktivitelerinde sağladığı artış sayesinde azaldığı gösterildi (Li ve ark., 2020).

Bitkiler herbisitlerin oluşturabileceği zararlı toksik etkilerin giderilmesi için çeşitli metabolik süreçlere sahiptir. Sitokrom P450 gen ailesi ve glutatyon S tranferaz genleri etkinliği ile herbisitlerin detoksifikasyonu sağlanmaktadır (Hatzios, 2003; Baek ve ark., 2019; Obenland ve Riechers, 2020).

Detoksifikasyon işlemleri üç ardışık aşamada gerçekleşir: Faz I, hidroliz veya oksidasyonu içerir ve Faz II, endojen şekerler veya azaltılmış glutatyon (GSH) ile konjugasyonu içerir. Faz III'te konjugatlar vakuol içinde ayrıştırılır ve sitozolden dışarıya atılır. Detoksifikasyon süreci transkripsiyonel ve post translasyonel düzeyde belirli hatları ile bilinse de tam olarak aydınlatılamamıştır (Zhang ve ark., 2007; Riechers ve ark., 2010). Doymamış yağ asitlerinin oksitlenmesi ile oluşan oxylipin aracılı sinyal yollarının detoksifikasyon süreçlerinin indüklenmesinde önemli roller üstlendiği bilinmektedir (Mueller ve ark., 2008; Mosblech ve ark., 2009). Yine detoksifikasyon sürecinde rol alan sitokrom P450 genlerinin lipid biyosentezinde de önemli roller üstlendiği bilinmektedir. Doymamış yağ asidi biyosentezinde rol oynayan yolların detoksifikasyon sürecinde etkinliğinin artışı *FAD3* ve *FAD7* gen anlatım düzeyinde azalmaya neden olabilir. Herbisitlerin organizmada özellikle hücre zar yapısında ve hormon öncülleri olarak rol alan çoklu doymamış yağ asitlerinin miktarında azalmaya neden olduğunu gösteren çok sayıda çalışma bulunmaktadır (El-Sheekh ve ark., 1994; Filimonova ve ark., 2016a, 2016b; Demailly ve ark., 2019). Zhang ve ark. (2007) *Triticum tauschii* bitkisinde yaptıkları çalışmada herbisit uygulamasının bitki gelişimini sınırladığı ve yağ asidi metabolizmasındaki proteinlerin ifade düzeyinde azalmaya neden olduğunu ifade etmiştir. Bir diğer yaklaşım ise herbisitlerin *FAD3* ve *FAD7*'nin de rol aldığı yağ asidi metabolizmasında reseptör bölgesinde etkinliklerin artışına bağlı olarak bu genlerin anlatım düzeylerinde azalmaya neden olabileceğine işaret etmektedir (Hatzios ve Hoagland, 1989).

## SONUÇ

PEN kullanımının *Carthamus tinctorius* L. Remzibey çeşidinde bitkisel yağ verimini azaltıcı etkiler ortaya koyabileceği, beslenme ve metabolizma açısından önemli ALA oluşumunda azalmaya neden olabileceği düşünülmektedir. SA, PEN'in yağ asidi metabolizmasında oluşturduğu olumsuz etkiyi azaltıcı rol üstlenebilir.

## KAYNAKLAR

- Ahmad I, Ahmad A, Ahmad M, 2016. Binding properties of pendimethalin herbicide to DNA multispectroscopic and molecular docking approaches. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 18: 6476-6485.
- Ahmad MI, Potshangbam AM, Javed M, Ahmad M, 2020. Studies on conformational changes induced by binding of pendimethalin with human serum albumin. *Chemosphere*, 243: 1-11.
- Akbari GA, Heshmati S, Soltani E, Dehaghi MA, 2019. Influence of seed priming on seed yield, oil content and fatty acid composition of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown under water deficit. *International Journal of Plant Production*, 14: 245-258.
- Akbulut GB, 2019. Some biochemical changes in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) plant exposed to pendimethalin stress. *Harran Journal of Agricultural and Food Science*, 23: 90-98.
- Ali SM, Wasfi MA, 2016. Effect of pendimethalin and oxyfluorfen herbicides on relative water content in leaves of *Zea mays* L. seedlings. *Journal of Plant Production*, 7: 757-758.
- Amjad KW, Chun MH, Khan N, Iqbal A, Lyu SW, Shah F, 2017. Bioengineered plants can be a useful source of omega 3 fatty acids. *BioMed Research International*, 7348919: 1-9.
- Angelova VR, Perifanova-Nemska MN, Uzunova GP, Kolentsova EN, 2016. Accumulation of heavy metals in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *International Journal of Biological Biomolecular Agricultural Food and Biotechnological Engineering*, 10: 410-415.
- Arici M, Abudayyak M, Boran T, Özhan G, 2020. Does pendimethalin develop in pancreatic cancer induced inflammation. *Chemosphere*, 252: 1-6.
- Aronel V, Lemieux B, Hwang I, Gibson S, Goodman HM, Somerville CR, 1992. Map based cloning of a gene controlling omega 3 fatty acid desaturation in Arabidopsis. *Science*, 258: 1353-1355.

- Al-Chami Z, Amer N, Al-Bitar L, Cavoski I, 2015. Potential use of sorghum bicolor and *Carthamus tinctorius* in phytoremediation of nickel lead and zinc. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 12: 3957-3970.
- Baek YS, Goodrich LV, Brown PJ, James BT, Moose SP, Lambert KN, Riechers DE, 2019. Transcriptome profiling and genome-wide association studies reveal GSTs and other defense genes involved in multiple signaling pathways induced by herbicide safener in grain Sorghum. *Frontiers in Plant Sciences*, 10(192): 1-15.
- Demaiilly F, Elfeky I, Malbezin L, Le-Guédard M, Eon M, Bessoule JJ, Feurtet-Mazel A, Delmas F, Mazzella N, Gonzalez P, 2019. Impact of diuron and s-metolachlor on the freshwater diatom gomphonema gracile complementarity between fatty acid profiles and different kinds of ecotoxicological impact endpoints. *Science of The Total Environment*, 688: 960-969.
- El-Awadi ME, Hassan EA, 2011. Improving growth and productivity of fennel plant exposed to pendimethalin herbicide stress recovery treatments. *Nature and Science*, 9: 97-108.
- El-Sheekh MM, Kotkat HM, Hammouda OHE, 1994. Effect of atrazine herbicide on growth photosynthesis protein synthesis and fatty acid composition in the unicellular green alga *Chlorella kessleri*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 29: 349-358.
- Filimonova V, Goncalves F, Marques JC, De-Troch M, Goncalves AMM, 2016a. Biochemical and toxicological effects of organic herbicide primextra® gold tz and inorganic copper compounds on zooplankton and phytoplankton species. *Aquatic Toxicology*, 177: 33-43.
- Filimonova V, Gonçaves F, Marques JC, De-Troch M, Gonçaves AMM, 2016b. Fatty acid profiling as bioindicator of chemical stress in marine organisms a review. *Ecological Indicators*, 67: 657-672.
- Hamed HS, El-Sayed YS, 2019. Antioxidant activities of *Moringa oleifera* leaf extract against pendimethalin induced oxidative stress and genotoxicity in Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* L. *Fish Physiology and Biochemistry*, 45: 71-82.
- Hatzios KK, Hoagland RE, 1989. Crop safeners for herbicides. Academic Press Incorporation, pp. 70-89, California-USA.
- Hatzios KK, 2003. Herbicide safeners: Effective inducers of plant defense gene-enzyme systems. *Phytoparasitica*, 31: 1-5.
- Hoagland, DR, Arnon DI, 1950. The water culture method for growing plants without soil. Circular-The College of Agriculture University of California, Berkeley-California, 32 sy.
- Innis SM, 2008. Dietary omega 3 fatty acids and the developing brain. *Brain Research*, 1237: 35-43.
- Khyzhnyak SV, Midyk SV, Sysoliatin SV, Kovalenko VL, Ishchenko LM, Voitsitskiy VM, Yakubchak OM 2018. The content of fatty acids in the tissues of honey bees after feeding with herbicide. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8: 51-54.
- Langaro AC, Agostinetto D, Ruchel Q, Garcia JR, Perboni LT, 2017. Oxidative stress caused by the use of preemergent herbicides in rice crops. *Revista Ciência Agronômica*, 48: 358-364.
- Lee WQ, Affandi ISM, Feroz SR, Mohamad SB, Tayyab S, 2017. Evaluation of pendimethalin binding to human serum albumin insights from spectroscopic and molecular modeling approach. *Journal of Biochemical and Molecular Toxicology*, 31: 1-9.
- Li Y, Huang L, Liu X, Li X, Tan H, 2020. Exogenous salicylic acid alleviates halosulfuron methyl toxicity by coordinating the antioxidant system and improving photosynthesis in soybean (*Glycine max* Merr.). *Acta Physiologiae Plantarum*, 42: 1-10.
- Liu F, Guo DD, Tu YH, Xue YR, Gao Y, Guo ML, 2016. Identification of reference genes for gene expression normalization in safflower (*Carthamus tinctorius*). *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 26: 564-570.
- Livak KJ, Schmittgen TD, 2001. Analysis of Relative Gene Expression Data Using RealTime Quantitative PCR and the  $2^{-\Delta\Delta C_T}$  Method. *Methods*, 25: 402-408.
- Mosblech A, Feussner I, Heilmann I, 2009. Oxylipins: Structurally diverse metabolites from fatty acid oxidation. *Plant Physiology and Biochemistry*, 47(6): 511-517.



- Mueller S, Hilbert B, Dueckershoff K, Roitsch T, Krischke M, Mueller MJ, Berger S, 2008. General detoxification and stress responses are mediated by oxidized lipids through TGA transcription factors in Arabidopsis. *The Plant Cell*, 20:768-785.
- Namdjoyan S, Kermanian H, Soorki AA, Modarres-Tabatabaei S, Elyasi N, 2017. Interactive effects of salicylic acid and nitric oxide in alleviating zinc toxicity of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Ecotoxicology*, 26: 752-761.
- Namdjoyan S, Soorki AA, Elyasi N, Kazemi N, Simaei M, 2020. Melatonin alleviates lead induced oxidative damage in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seedlings. *Ecotoxicology*, 29: 108-118.
- Nazari M, Mirlohi A, Majidi MM, 2017. Effects of drought stress on oil characteristics of *Carthamus* species. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 94: 247-256.
- Nogales-Delgado S, Encinar JM, González JF, 2019. Safflower biodiesel improvement of its oxidative stability by using BHA and TBHQ. *Energies*, 12: 1-13.
- Obenland OA, Riechers DE, 2020. Identification of chromosomes in *Triticum aestivum* possessing genes that confer tolerance to the synthetic auxin herbicide halauxifen-methyl. *Scientific Reports*, 10(8713): 1-10.
- Radwan DEM, Mohamed AK, Fayez KA, Abdelrahman AM, 2019. Oxidative stress caused by basagran® herbicide is altered by salicylic acid treatments in peanut plants. *Heliyon*, 5: 1-8.
- Rani A, Panwar A, Sathe M, Chandrashekhara KA, Kush A, 2018. Biofortification of safflower an oil seed crop engineered for ala targeting better sustainability and plant based omega 3 fatty acids. *Transgenic Research*, 27: 253-263.
- Riechers DE, Kreuz K, Zhang Q, 2010. Detoxification without intoxication: Herbicide safeners activate plant defense gene expression. *Plant Physiology*, 153: 3-13.
- Spormann S, Soares C, Fidalgo F, 2019. Salicylic acid alleviates glyphosate induced oxidative stress in *Hordeum vulgare* L. *Journal of Environmental Management*, 241: 226-234.
- Verma S, Srivastava A, 2018. Morphotoxicity and cytogenotoxicity of pendimethalin in the test plant *Allium cepa* L. a biomarker based study. *Chemosphere*, 206: 248-254.
- Wang J, Zhang C, Shi Y, Long M, Islam F, Yang C, Yang S, He Y, Zhou W, 2020. Evaluation of quinclorac toxicity and alleviation by salicylic acid in rice seedlings using ground based visible near infrared hyperspectral imaging. *Plant Methods*, 16: 1-16.
- Yaman M, Nalbantoğlu B, 2019. Investigation of the effects of the fenoxaprop-p-ethyl herbicide and salicylic acid on the ascorbic acid and vitamin B6 vitamers in wheat leaves. *Journal of Plant Growth Regulation*, 39: 729-737.
- Yüzbaşıoğlu E, Dalyan E, 2019. Salicylic acid alleviates thiram toxicity by modulating antioxidant enzyme capacity and pesticide detoxification systems in the tomato (*Solanum lycopersicum* Mill.). *Plant Physiology and Biochemistry*, 135: 322-330.
- Zemour K, Labdelli A, Adda A, Dellal A, Talou T, Merah O, 2019. Phenol content and antioxidant and antiaging activity of safflower seed oil (*Carthamus tinctorius* L.). *Cosmetics*, 6: 1-11.
- Zhang Q, Xu F, Lambert KN, Riechers DE, 2007. Safeners coordinately induce the expression of multiple proteins and MRP transcripts involved in herbicide metabolism and detoxification in *Triticum tauschii* seedling tissues. *Proteomics*, 7: 1261-1278.

**Valproik Asit'in Sıçanlarda Pentilentetrazol ile Oluşturulan Epileptik Nöbet Sonrası Hipokampus ve Kortekste Meydana Gelen DNA Hasarı ve Apoptozis Üzerine Etkisi**Mahmut EKİCİ<sup>1</sup>, Ahmet Şevki TAŞKIRAN<sup>2\*</sup>

**ÖZET:** Valproik asit (VPA) epilepsi tedavisinde yaygın olarak kullanılan bir kimyasal ajandır. Son zamanlarda yapılan çalışmalar VPA'in nöronlar üzerine bazı olumsuz etkilerinin olabileceğini göstermiştir fakat bu konu henüz netlik kazanmamıştır. Bu çalışmanın amacı VPA'in sıçanlarda pentilentetrazol (PTZ) ile oluşturulan epileptik nöbet sonrası hipokampus ve kortekste meydana gelen DNA hasarı ve apoptozis üzerine etkisini ortaya koymaktır. Çalışmada 18 adet 230-250 gram ağırlığında erkek sıçan kullanılmıştır. Sıçanlar kontrol (serum fizyolojik 1 ml kg<sup>-1</sup> + serum fizyolojik 1 ml kg<sup>-1</sup>; n=6), PTZ (serum fizyolojik 1 ml kg<sup>-1</sup> + PTZ; n=6) ve VPA (150 mg kg<sup>-1</sup> VPA + PTZ; n=6) olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. PTZ grubu ve VPA grubuna belirtilen dozlarda uygulanmasından yarım saat sonra 45 mg kg<sup>-1</sup> pentilentetrazol intraperitoneal olarak uygulanarak nöbet oluşumu sağlanmıştır. Nöbet oluşumundan 24 saat sonra tüm sıçanların beyin dokuları çıkarılmış, korteks ve hipokampus bölgeleri alınmıştır. Korteks ve hipokampus dokularında enzim bağlı immüno sorbent (ELISA) yöntemi ile DNA hasar belirteci olan 8-hidroksi-2'-deoksiguanozin (8-OHdG) ve apoptozis belirteci olan caspase-3 ölçülmüştür. One way ANOVA varyans analizi ile istatistiksel değerlendirme yapılmıştır. PTZ grubunda 8-OHdG seviyesi hem korteks hem de hipokampüste kontrol grubuna göre artmıştır ( $p<0.05$ ). Bununla birlikte, VPA nöbet sonrası 8-OHdG seviyesini korteks ve hipokampüste PTZ grubuna kıyasla yükseltmiştir ( $p<0.05$ ). Ayrıca, kortekste caspase-3 seviyesi PTZ grubunda kontrole göre anlamlı olarak artmıştır ( $p<0.05$ ). Bunun yanı sıra, VPA kortekste PTZ grubuna kıyasla caspase-3 seviyesini anlamlı olarak yükseltmiştir ( $p<0.05$ ). Sonuç olarak, VPA sıçanlarda nöbet sonrası meydana gelen DNA hasarı ve apoptozisi arttırmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Valproik Asit, Epilepsi, Pentilentetrazol, DNA Hasarı, Apoptozis

**The Effect of Valproic Acid on DNA Damage and Apoptosis After Pentylene-tetrazole-induced Epileptic Seizure Generated in the Hippocampus and Cortex in Rats**

**ABSTRACT:** The treatment of epilepsy. Recent studies have shown that VPA may have some negative effects on nerve cells, but this issue has not been clarified yet. The aim of this study was to investigate the effect of VPA on DNA damage and apoptosis after pentylene-tetrazole (PTZ) induced epileptic seizure generated in the hippocampus and cortex in rats. In the study, 18 males 230-250 grams of rats were used. Rats are divided into three groups as control (physiological serum 1 ml kg<sup>-1</sup> + physiological serum 1 ml kg<sup>-1</sup>; n=6), PTZ (physiological serum 1 ml kg<sup>-1</sup> + PTZ; n=6) and VPA (150 mg kg<sup>-1</sup> VPA+PTZ; n=6). Seizure was induced by administering 45 mg kg<sup>-1</sup> pentylene-tetrazole intraperitoneally twenty minutes after the administration at the indicated doses to the PTZ group and VPA group. The brain tissues of all rats were removed, and cortex and hippocampus areas were separated 24 hours after seizure. 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine (8-OHdG), which is a DNA damage marker, and caspase-3, which is a marker of apoptosis, were measured in the cortex and hippocampus tissues by the enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) method. One-way ANOVA variance analysis was used for statistical evaluation. In the PTZ group, the 8-OHdG level increased in both cortex and hippocampus compared to the control group ( $p<0.05$ ). Therefore, VPA enhanced the 8-OHdG level after seizure compared to the PTZ group in the cortex and hippocampus ( $p<0.05$ ). In addition, the level of caspase-3 in the cortex significantly raised compared to the control in the PTZ group ( $p<0.05$ ). Moreover, VPA significantly improved the level of caspase-3 in the cortex compared to the PTZ group ( $p<0.05$ ). In conclusion, VPA increased DNA damage and apoptosis after seizures in rats.

**Keywords:** Valproic Acid, Epilepsy, Pentylene-tetrazole, DNA Damage, Apoptosis.

<sup>1</sup> Mahmut EKİCİ (Orcid ID: 0000-0001-7434-578X), Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı, Sivas, Türkiye

<sup>2</sup> Ahmet Şevki TAŞKIRAN (Orcid ID: 0000-0002-5810-8415), Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Fizyoloji Anabilim Dalı, Sivas, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ahmet Şevki Taşkiran, e-mail: ahmettaskiran@cumhuriyet.edu.tr

**ETİK KURUL ONAYI / ETHICS COMMITTEE APPROVAL:** Bu makale yer alan hayvan deneyi için "Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu'ndan" 16.01.2020 tarih ve 277 nolu kararla izin alınmıştır.

**Geliş tarihi / Received:** 01-05-2020

**Kabul tarihi / Accepted:** 07-06-2020

## GİRİŞ

Nöbet veya epileptik nöbet, kortikal nöronların aşırı ve anormal deşarjı sonucu oluşan beyin fonksiyonlarının geçici olarak bozulmasıdır. Epilepsi, genellikle genetik yatkınlık veya altta yatan kronik patolojik bir durumdan kaynaklanan provoke edilmeksizin meydana gelen tekrarlayıcı nöbetlerle karakterize bir merkezi sinir sistemi hastalığıdır (Taşkıran ve ark., 2018). Epilepsi, inme ve Alzheimer hastalığından sonra en sık görülen nörolojik bozukluktur ve dünya nüfusunun yaklaşık % 1'ini etkilemektedir (Shakirullah ve ark., 2014). Epilepsinin kaynak aldığı mekanizmalara yönelik olarak antiepileptik ilaçlar geliştirilmiştir. En temel özellikleri eksitasyonun ortaya çıkmasını önlemek ve uyarılma-baskılama dengesini normalde tutmaktır.

Apoptozis programlanmış hücre ölümü olarak tanımlanmaktadır (Ergul ve ark., 2019). Apoptozis hücrede meydana gelen yaşlanma, oksidatif strese bağlı hasarlanma gibi intrensek nedenler ve ayrıca hücre dışı uyarılarla indüklenen ekstrensek nedenler olmak üzere iki ana yol üzerinden meydana gelmektedir. Her iki yolunda ortak sonucu caspase-3'ün oluşması ve hücrenin ölüme gitmesidir. Nöbetlerin hücre içerisine kalsiyumu akışını artırıp, caspase-3'ü aktifleştirerek apoptozise neden olduğu bilinmektedir (Henshall ve ark., 2005). Bununla birlikte, oksidatif stresin, farklı mekanizmalar ile DNA üzerinde bir takım lezyonlara neden olarak hasara yol açtığı bilinmektedir. DNA'da oluşan bu oksidatif hasar, mutagenesis ve karsinogenesis gibi durumların bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Guanin DNA bileşenleri içerisinde en düşük iyonizasyon potansiyeline sahip bileşik olmasından dolayı serbest radikallerin etkilerine açıktır. 8-hidroksi-2'-deoksiguanozin (8-OhDG), guanin'in 8. karbon atomuna hidroksil radikali atakları sonucu oluşan, oksidatif DNA hasarını gösteren bir belirteçtir. Yapılan çalışmalar epileptik nöbet sonrası oksidatif strese bağlı olarak 8-OhDG seviyelerinin arttığını göstermektedir (Valavanidis ve ark., 2009).

Valproik asit (VPA), farklı nörolojik ve psikiyatrik durumlarda yaygın kullanılan antikonvülsan ve duyudurum düzenleyici bir ilaçtır. Nörolojide epilepsi, nöropatik ağrı, tremor ve migren profilaksisinde kullanılmaktadır. Bununla birlikte, akut mani tedavisi gibi bazı psikiyatrik hastalıklarda da kullanılmaktadır. Diğer antikonvülsan ilaçlarda olduğu gibi VPA'in temel etki mekanizması henüz tam olarak aydınlatılamamıştır. Fakat yaygın görüş VPA'in temel inhibitör olan gama amino bütirik asidin (GABA) etkilerini arttırdığı yönündedir. Ayrıca sinyal transdüksiyon sistemi üzerine düzenleyici etkileri bulunmakta ve voltaj kapılı sodyum kanallarından iyonların geçişini azaltarak nöronal iletiyi yavaşlatmaktadır. VPA'in sodyumun nöronlara geçişini azaltarak glutamat salınımını azalttığı ve eksitator nöronların inhibe olmasını sağladığı; GABA'nın salıverilmesini arttırarak, geri alımını azaltarak ve/veya yıkımını yavaşlatarak inhibitör etkiyi arttırdığı bilinmektedir (Chateauvieux ve ark., 2014; Nanau ve ark., 2013). Klinikte güvenle kullanılmasının yanı sıra son yıllarda yapılan çalışmalar VPA olumsuz etkilerinin olabileceğine dikkat çekmektedir (Nanau ve ark., 2013).

Bu çalışmanın amacı VPA'in sıçanlarda pentilentetrazol (PTZ) ile oluşturulan epileptik nöbet sonrası hipokampus ve kortekste meydana gelen DNA hasarı ve apoptozis üzerine etkisini araştırmaktır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

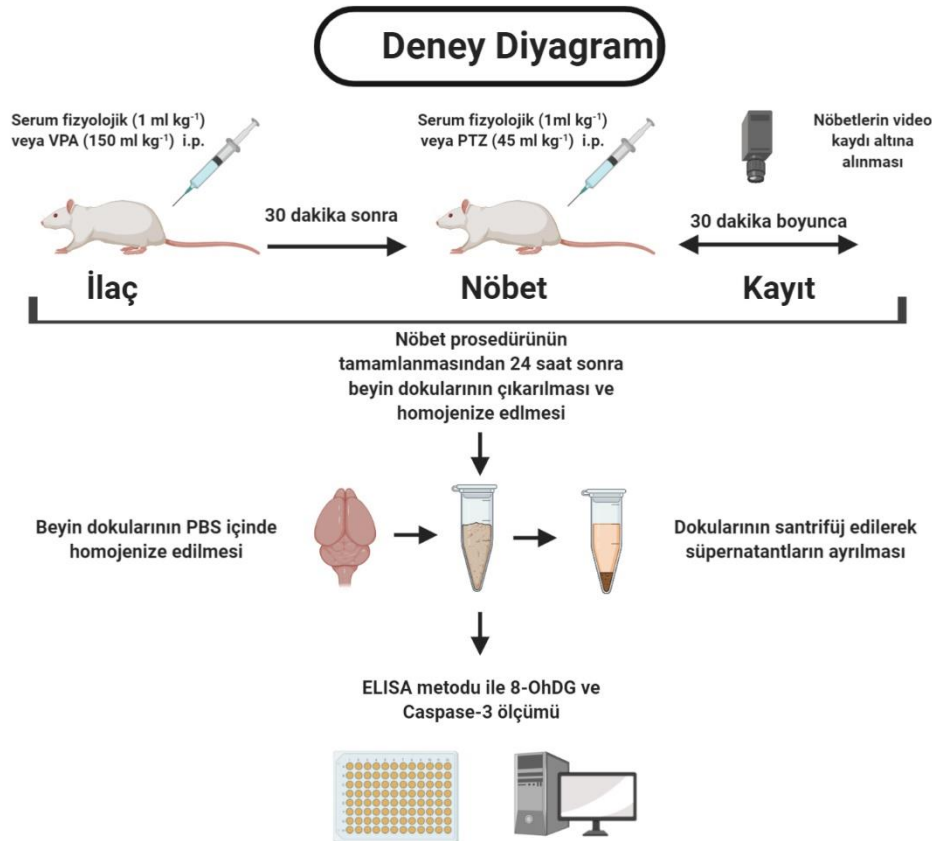
Bu çalışmanın etik kurul onayı, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Hayvan Deneyleleri Yerel Etik Kurulu'ndan 16.01.2020 tarih ve 277 nolu kararla alınmıştır.

## Hayvan Materyali

Çalışmada strese maruz bırakılmamış ve uluslararası standartlara uygun kafeslerde yetiştirilen 4 aylık 230-250 gram ağırlığında 18 adet erkek Wistar Albino sıçan kullanılmıştır. Sıçanlar Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Tıp Fakültesi Deney Hayvanları Laboratuvarı'ndan temin edilmiştir. Deney hayvanları sesten yalıtılmış, % 55±6 nem içeren ve sıcaklığı 22±1 °C olan bir odada tutulmuştur. Ayrıca, sirkadyen ritmin korunması için ortamın 12 saatlik aydınlık/karanlık döngüsü sağlanmıştır. Hayvanlar için uygun oranda besin ve su bulundurulmuştur. Deneysel çalışmalar, sirkadyen ritim değişiklikleri ve buna bağlı oluşabilecek etkilerden kaçınmak amacıyla her gün 09.00-12.00 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir. Buna ek olarak, deneyin yapıldığı ortamın ses ve ışık düzeyi sürekli kontrol altında tutularak deneysel süreçlerin etkilenmemesi için standardizasyon sağlanmıştır.

## Deney Grupları

Her bir grupta altışar hayvan olacak şekilde, sıçanlar kontrol (n=6), PTZ (n=6) ve VPA (150 mg kg<sup>-1</sup>; n=6) olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Kontrol grubuna ilaç çözücüsü olarak kullanılan serum fizyolojik 1 ml/kg ml kg<sup>-1</sup> uygulanmış ardından 30 dakika sonra PTZ çözücüsü olarak kullanılan serum fizyolojik 1 ml kg<sup>-1</sup> intraperitoneal olarak uygulanmıştır. PTZ grubuna ilaç çözücüsü olarak kullanılan serum fizyolojik 1 ml kg<sup>-1</sup> olarak intraperitoneal olarak uygulanmış bu uygulamadan 30 dakika sonra 45 mg kg<sup>-1</sup> pentilentetrazol intraperitoneal olarak verilerek nöbet oluşumu sağlanmıştır. VPA grubuna bulunan sıçanlara VPA 150 mg kg<sup>-1</sup> intraperitoneal olarak uygulanmış bu uygulamadan 30 dakika sonra 45 mg kg<sup>-1</sup> pentilentetrazol intraperitoneal olarak verilerek nöbet oluşumu sağlanmıştır. PTZ ve VPA grubundaki sıçanların nöbet davranışları video kaydı altına alınmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Deney diyagramı

Bu videolarla nöbet evreleri Racine skalasına göre değerlendirilmiş (Çizelge 1) ve ilk miyoklonik jerk süreleri saniye cinsinden kaydedilmiştir.

**Çizelge 1.** Racine skalasına göre nöbet evreleri (Racine, 1972).

Evre	Epileptik Davranışsal Karşılığı
0	Cevap yok
1	Hiperaktivite, bıyık hareketleri
2	Kafa klonusu
3	Myoklonik jerkler
4	Düşmeksizin meydana gelen tonik-klonik kasılmalar
5	Sırt üstü düşme ile birlikte meydana gelen tonik-klonik kasılmalar
6	Ölüm

### Beyin Dokularının Çıkarılması ve Laboratuvar Analizleri

Hayvanlara servikal dislokasyon ile ötenazi uygulandıktan sonra kafatası açılarak beyin dokuları çıkarılmıştır. Soğuk zemin üzerinde beyin dokularının korteks ve hipokampus bölgeleri ayrılmıştır. Ependorf tüplere alınan korteks ve hipokampus parçaları fosfat tampon solüsyonu (PBS, pH: 7.4) içinde manüel bıçaklı homojenizatör yardımıyla homojenize edilmiştir (Golechha ve ark., 2014; El-Deeb ve ark.,2019). Elde edilen homojenatlar 15 ml'lik falkon tüplere konularak 4000 rpm'de 10 dakika (soğutmalı santrifüjde 4°C'de) santrifüj edilmiş ve homojenatların süpernatant kısımları alınıp pellet kısımları atılmıştır. Elde edilen doku süpernatantlarından 8-OhDG ve caspase-3 seviyeleri, spesifik sıçan ELISA ticari kitleri (Shanghai Sunred Biological Technology, Shanghai, Çin) kullanılarak ölçülmüştür. Üreticinin talimatlarına göre, ilk olarak kit içerisinde yer alan standartlar ve doku örnekleri kuyucuklar yüklenerek 37 °C derecede 60 dk inkübe edilmiştir. Ardından kuyucuklar yıkama solüsyonuyla yıkanmıştır. Yıkama işleminden sonra kuyucuklara boyama solüsyonları eklenerek 37 °C derecede 15 dk tekrar inkübasyona bırakılmıştır. Son aşama olarak kuyucuklara durdurma solüsyonu eklenmesini takiben, kuyucuklar ELISA okuyucu ile 450 nm dalga boyunda okutulmuştur. Standartların absorbanslarına göre doğrusal bir grafik oluşturulmuştur. Bu doğrusal grafikte elde edilen denklem yardımıyla örneklerin değerleri hesaplanmıştır. Bununla birlikte, dokularından elde edilen sonuçların optimize edilmesi amacıyla örneklerde total protein tayini Bradford yöntemi kullanılarak yapılmıştır (Kruger, 2009).

### İstatistiksel Analizler

İstatistiksel değerlendirme için SPSS programı (Windows vers. 25.0) kullanıldı. Tüm gruplarda ölçülen epileptik davranış değerlendirmeleri, korteks ve hipokampüste ölçülen 8-OhDG ve caspase-3 düzeyleri ortalaması alınarak değerlendirildi. Veriler Kolmogorov Smirnov testiyle normal dağılıma uygunluk göstermesinden dolayı gruplar arası karşılaştırmada varyans analizi (One way ANOVA) kullanıldı. Gruplar arası farklılığın hangi gruptan kaynaklandığını tespit edilmesi amacıyla Tukey testi (post-hoc test) uygulandı. Gruplara ait veriler ortalama  $\pm$  standart hata (Ort.  $\pm$  SH) olarak ifade edildi. İstatistiksel anlamlılık düzeyi  $p < 0.05$  olarak kabul edildi.

### BULGULAR VE TARTIŞMA

PTZ ile nöbet oluşturulan sıçanların nöbet evreleri ve ilk miyoklonik jerk zamanları Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelge 2'den görülebileceği gibi grupların (kontrol, PTZ ve VPA) Racine skalasına göre belirlenen nöbet evreleri ortalama değerleri sırayla  $0.00 \pm 0.00$ ,  $5.16 \pm 0.30$  ve  $2.83 \pm 0.30$  şeklindedir. Görüldüğü gibi, VPA nöbet evresini anlamlı olarak azaltmıştır ( $p < 0.001$ ). Bununla birlikte Çizelge 2'de belirtilen grupların (kontrol, PTZ ve VPA) ilk miyoklonik jerk süre ortalamaları sırayla  $0.00 \pm 0.00$ ,



## Valproik Asit'in Sıçanlarda Pentilentetrazol ile Oluşturulan Epileptik Nöbet Sonrası Hipokampus ve Kortekste Meydana Gelen DNA Hasarı ve Apoptozis Üzerine Etkisi

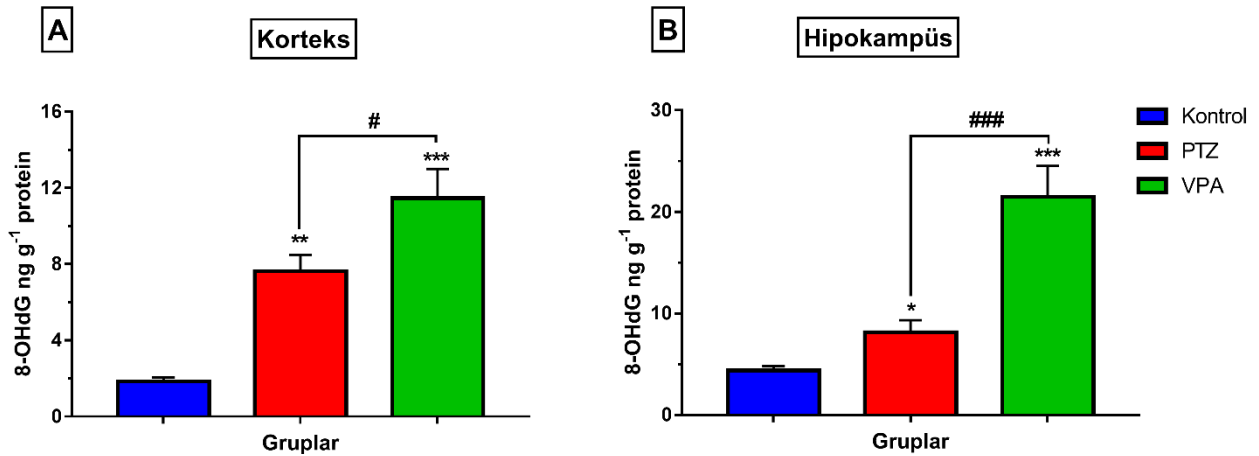
54.00±1.98 ve 134.50±4.68 olarak bulunmuştur. VPA ilk küçük nöbete giriş zamanını yansıtan ilk myoklonik jerk süresini anlamlı olarak uzatarak nöbete girişi geciktirmiştir ( $p<0.001$ ). Bu sonuçlar VPA'in bilinen antiepileptik etkinliğini göstermekte ve literatürde yapılan diğer çalışmalarla uyumlu şekildedir (Lotfy ve ark., 2018). Fakat çalışma açısından önemine bakılacak olursa yapılan modelin uygun şekilde gerçekleştiği ve VPA'in uygulanan dozunun nöbet baskılamada yeterli olduğunu yansıtmaktadır.

**Çizelge 2.** Grupların nöbet evreleri ve ilk myoklonik jerk (sn) süreleri

Gruplar	Nöbet Evresi	İlk Myoklonik Jerk Süresi (sn)
Kontrol	0.00±0.00	0.00±0.00
PTZ	5.16±0.30	54.00±1.98
VPA	2.83±0.30 <sup>###</sup>	134.50±4.68 <sup>###</sup>

Veriler Ort. ± SH olarak sunulmuştur. <sup>###</sup> $p<0.001$ , PTZ grubu ile karşılaştırıldığında.

Şekil 2'den anlaşılacağı gibi nöbet sonrası oksidatif hasara bağlı DNA hasarı sonucu oluşan 8-OHdG seviyesi hem kortekste ( $p<0.01$ ) hem de hipokampüste ( $p<0.05$ ) yükselmiştir. Fakat nöbet öncesi VPA uygulanması bu 8-OHdG yükselişini belirgin şekilde korteks ( $p<0.05$ ) ve hipokampüste ( $p<0.001$ ) arttırmıştır.

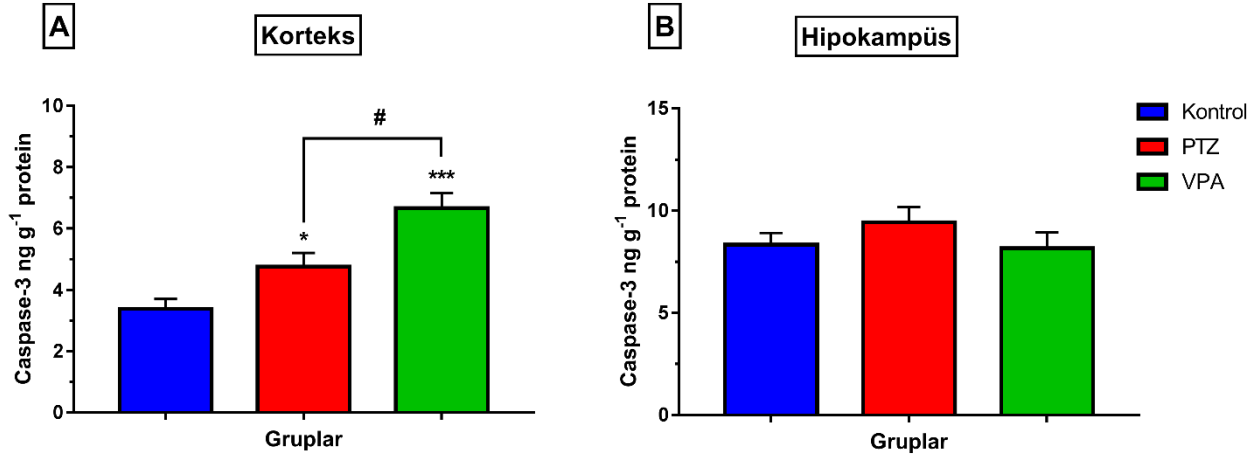


**Şekil 2.** Korteks ve hipokampüste 8-OHdG seviyeleri. Veriler Ort. ± SH olarak sunulmuştur. \* $p<0.05$ , \*\* $p<0.01$  ve \*\*\* $p<0.001$  kontrol grubu ile karşılaştırıldığında. # $p<0.05$ , ## $p<0.01$  ve ### $p<0.001$  PTZ grubu ile karşılaştırıldığında.

Yapılan bazı klinik çalışmalar VPA'in uzun süreli kullanımının oksidatif stresi arttırdığını göstermiştir (Michoulias ve ark., 2006; Verrotti ve ark., 2008). Bununla birlikte yapılan başka bir çalışma epilepsili çocuklarda VPA kullanımının 8-OHdG seviyelerini arttırdığı belirtilmiştir (Haznedar ve ark., 2019). Çalışmamız bu çalışmalarla benzerlik göstermekle birlikte, uygulanan VPA'in tek doz verilmesi ve doku seviyesinde inceleme yapılmış olması çalışmamızı farklı kılmaktadır. Önceki çalışmalar ve çalışmamız birlikte düşünüldüğünde, hastalarda beyin dokusu seviyesinde parametrelerin bakılamayışı ve seruma hasarın yansıması zaman alabileceği nedeniyle, VPA'in tek kullanımı sonucu meydana getirdiği hasarı gölgeleyebileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte, çalışmamıza zıt olarak, bir araştırmada 300 mg kg<sup>-1</sup> tek doz uygulanan VPA'in beyin iskemi-reperfüzyon hasarını azalttığı ve buna bağlı olarak 8-OHdG seviyelerini düşürdüğü gösterilmiştir (Suda ve ark., 2013).

Çalışmamızda apoptozis belirteci olarak kabul edilen caspase-3 ölçülmüştür. Şekil 3'te görüleceği gibi nöbet sonrası kortekste caspase-3 seviyesi yükselmiştir ( $p<0.05$ ). Ayrıca VPA uygulanması kortekste meydana gelen bu caspase-3 yükselişini belirgin şekilde arttırmıştır ( $p<0.05$ ).

Fakat hipokampüste gruplar arasında caspase-3 seviyesinde bir farklılık bulunamamıştır ( $p>0.05$ ). Bu sonuçlar VPA'nin kortekste apoptozisi indüklediğini göstermektedir.



Şekil 3. Korteks ve hipokampüste caspase-3 seviyeleri. Veriler Ort. ± SH olarak sunulmuştur. \* $p<0.05$  ve \*\*\* $p<0.001$  kontrol grubu ile karşılaştırıldığında. # $p<0.05$  PTZ grubu ile karşılaştırıldığında.

Gelişme sürecindeki sıçanlarda (7-14 günlük) yapılan çalışmalarda VPA'nin beyinde farklı bölgelerde nöronal hasarlanma yaparak apoptozisi indüklediği gösterilmiştir (Demirel Yılmaz ve ark., 2019; Shona ve ark., 2018). Bu çalışmalara benzer şekilde yapılan başka bir çalışmada nöroblastom hücrelerinde VPA'nin histon asetilasyon döngüsünü bozarak DNA'yı hasarladığı belirlenmiştir (Cerna ve ark., 2018). Çalışmamız bu çalışmalarla uyumluluk göstermektedir. Fakat çalışmamızda kullanılan hayvanların yetişkin sıçanlardan olduğu göz önüne alındığında, VPA'nin sadece gelişmekte olan beyin yapılarını değil maturasyonunu tamamlayarak olgunlaşmış nöronlara da etki gösterebileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmalarla birlikte, yapılan bir araştırma bizim çalışmamızın da aksine olarak beş gün arka arkaya  $150 \text{ mg kg}^{-1}$  VPA verildikten sonra tek doz PTZ uygulayarak oluşturulan nöbet sonrası, VPA'nin caspase-3 seviyelerini azalttığı ileri sürülmüştür (Lotfy ve ark., 2018). Bu çalışmayla birlikte spinal kord hasarlanma modeli uygulanan hayvanlarda VPA'nin iyileştirici ve nöronları koruyucu etkisi bildirilmiştir (Chu ve ark., 2015). Ayrıca, benzer şekilde beyin iskemi-reperfüzyon hasarı oluşturulan sıçanlarda VPA'nin koruyucu etkinlik gösterdiği ortaya konmuştur (Chen ve ark., 2018).

Tüm bu çalışmalar ortak olarak düşünüldüğünde, VPA'nin farklı patolojik durumlarda farklı karakteristik özellikler ortaya koyduğu görülmektedir. Bunun nedeni patolojilerin altında yatan mekanizmaları farklılığı olabilir.

## SONUÇ

Çalışmamızın sonuçlarına göre; VPA'nin PTZ ile oluşturulan akut modelde nöbet öncesi uygulanması nöbeti azaltırken, nöbet sonrası beyinde DNA hasarını arttırmakta ve apoptozisi indüklemektedir. Bu etki VPA'nin olumsuz yan etkisi olarak düşünülmekle birlikte, olayın aydınlatılması için ileri moleküler çalışmalara ihtiyaç vardır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma için finansal destek alınmamıştır. Fakat Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Tıp Fakültesi Araştırma Merkezi (CÜTFAM) alt yapısı kullanılarak çalışma gerçekleştirilmiştir.

**KAYNAKLAR**

- Cerna T, Hrabeta J, Eckschlagler T, Frei E, Schmeiser HH, Arlt VM, Stiborová M, 2018. The histone deacetylase inhibitor valproic acid exerts a synergistic cytotoxicity with the DNA-damaging drug ellipticine in neuroblastoma cells. *International Journal of Molecular Sciences*, 19: 164.
- Chateauvieux S, Morceau F, Diederich M, 2014. Valproic Acid. In *Encyclopedia of Toxicology: Third Edition*, 905-908.
- Chen X, Wang H, Zhou M, Li X, Fang Z, Gao H, Li Y, Hu W, 2018. Valproic acid attenuates traumatic brain injury-induced inflammation in vivo: Involvement of autophagy and the Nrf2/ARE signaling pathway. *Frontiers in Molecular Neuroscience*, 11: 117.
- Chu T, Zhou H, Lu L, Kong X, Wang T, Pan B, Feng S, 2015. Valproic acid-mediated neuroprotection and neurogenesis after spinal cord injury: From mechanism to clinical potential. In *Regenerative Medicine*, 10: 193-209.
- Demirel Yılmaz B, Eren B, Sağır D, Eren Z, Başardı Gökçe A, 2019. Stereological examination of curcumin's effects on hippocampal damage caused by the anti-epileptic drugs phenobarbital and valproic acid in the developing rat brain. *Acta Histochemica*, 121: 430-436.
- El-Deeb OS, Ghanem HB, El-Esawy RO, Sadek MT, 2019. The modulatory effects of luteolin on cyclic AMP/Ciliary neurotrophic factor signaling pathway in experimentally induced autoimmune encephalomyelitis. *IUBMB Life*, 71: 1401-1408.
- Ergul M, Bakar Ateş F, 2019. RO3280: A Novel PLK1 Inhibitor, Suppressed the Proliferation of MCF-7 Breast Cancer Cells Through the Induction of Cell Cycle Arrest at G2/M Point. *Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry*, 19: 1846-1854.
- Golechha M, Sarangal V, Bhatia J, Chaudhry U, Saluja D, Arya DS, 2014. Naringin ameliorates pentylenetetrazol-induced seizures and associated oxidative stress, inflammation, and cognitive impairment in rats: Possible mechanisms of neuroprotection. *Epilepsy and Behavior*, 09: 98-102.
- Haznedar P, Doğan Ö, Albayrak P, Öz Tunçer G, Teber S, Deda G, Eminoglu FT, 2019. Effects of levetiracetam and valproic acid treatment on liver function tests, plasma free carnitine and lipid peroxidation in childhood epilepsies. *Epilepsy Research*, 153: 7-13.
- Henshall DC, Simon RP, 2005. Epilepsy and apoptosis pathways. In *Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism*, 25: 1557-1572.
- Kruger NJ, 2009. The Bradford method for protein quantitation. *The protein protocols handbook*. Humana Press, Totowa, NJ, 17-24.
- Lotfy DM, Safar MM, Mohamed SH, Kenawy SA, 2018. Effect of valproic acid alone or combined with low dose gamma irradiation in modulating PTZ-induced convulsions in rats involving AKT/m-TOR pathway. *Life Sciences*, 212: 261-266.
- Michoulas A, Tong V, Teng XW, Chang TKH, Abbott FS, Farrell K, 2006. Oxidative stress in children receiving valproic acid. *Journal of Pediatrics*, 149: 692-696.
- Nanau RM, Neuman MG, 2013. Adverse drug reactions induced by valproic acid. In *Clinical Biochemistry*, 46: 1323-1338.
- Racine RJ, 1972. Modification of seizure activity by electrical stimulation: I. after-discharge threshold. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 32: 269-279.
- Shakirullah Ali N, Khan A, Nabi M, 2014. The Prevalence, Incidence and Etiology of Epilepsy. *Int J Clin Exp Neurol*, 2014: 29-39.
- Shona SI, Rizk AA, El Sadik AO, Emam HY, Ali EN, 2018. Effect of valproic acid administration during pregnancy on postnatal development of cerebellar cortex and the possible protective role of folic acid. *Folia Morphologica (Poland)*, 77: 201-209.

**Valproik Asit'in Sıçanlarda Pentilentetrazol ile Oluşturulan Epileptik Nöbet Sonrası Hipokampus ve Kortekste Meydana Gelen DNA Hasarı ve Apoptozis Üzerine Etkisi**

- Suda S, Katsura KI, Kanamaru T, Saito M, Katayama Y, 2013. Valproic acid attenuates ischemia-reperfusion injury in the rat brain through inhibition of oxidative stress and inflammation. *European Journal of Pharmacology*, 707: 26-31.
- Taskiran AS, Gumus E, Gunes H, Cetindag A, Ozdemir E, 2018. The Protective Effects of Vitamin B 12 on Pentylentetrazole-Induced Seizures in Rats. *Anatomy Physiology & Biochemistry International Journal*, 4: 1-5.
- Valavanidis A, Vlachogianni T, Fiotakis C, 2009. 8-Hydroxy-2'-deoxyguanosine (8-OHdG): A critical biomarker of oxidative stress and carcinogenesis. *Journal of Environmental Science and Health - Part C Environmental Carcinogenesis and Ecotoxicology Reviews*, 27: 120-139.
- Verrotti A, Scardapane A, Franzoni E, Manco R, Chiarelli F, 2008. Increased oxidative stress in epileptic children treated with valproic acid. *Epilepsy Research*, 78: 171-177.

**Arpada Tuz Stresine Karşı Zingeronun Koruyucu Etkisi**Hüseyin BULUT<sup>1\*</sup>

**ÖZET:** Abiyotik stresler içerisinde tarım ürünlerinin üretimini en çok sınırlayan kuraklık olup, bunu tuzluluk faktörü takip etmektedir. İklimsel değişimler nedeniyle toprağın tuzluluk oranında artış beklendiği için bu sorunun daha da kötüleşeceği öngörülmektedir. Çevresel stres faktörleri, organizmaların savunma sistem aktivitelerinin azalmasına ve reaktif oksijen türlerinin (ROT) artmasına neden olmaktadır. Artan ROT' lar ise DNA ve RNA hasarına neden olurlar. Bu çalışmada 5 farklı dozda (50, 100, 150, 200 ve 250 mM) tuz stresine maruz bırakılan *Hordeum vulgare* L. tohumlarında zingeronun koruyucu etkisinin tespiti amaçlanmıştır. Tuz stresinin tetiklediği retrotranspozonların hareketliliği ile oluşan polimorfizm ve GTS (Genomic Template Stability) seviyelerinin tespiti için IRAP (Inter Retrotransposon Amplified Polymorphism) tekniği kullanılmıştır. IRAP analizi sonuçlarından, tuz stresine maruz kalan arpa örneklerinin polimorfizm değerleri %18.51 ile %40.74 arasında değişiklik göstermekte olup ortalaması % 28.88' dir. GTS değeri ise % 59.26 ile % 81.49 arasında değişiklik göstermekte ve ortalaması % 71.12' dir. Tuz stresinin yanı sıra zingeron uygulanan arpa örneklerinde ise polimorfizm değeri azalarak % 14.81 ile % 33.33 aralığında elde edilmiş ve ortalaması ise % 24.43' e düşmüştür. GTS değeri % 66.67 ile % 85.19 aralığına yükselmiş, ortalaması ise % 75.57' ye çıkmıştır. Çalışma sonuçlarından zingeronun tuz stresini hafiflettiği ve retrotranspozon hareketliliğini azalttığı saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Hordeum vulgare* L., irap, ltr-retrotranspozon, tuz stresi, zingeron

**The Protective Effect of Zingeron Against Salt Stress in Barley**

**ABSTRACT:** Among the abiotic stresses, drought is the most restrictive factor in the production of agricultural products. And the salinity comes after drought as a second major factor. It is foreseen that this problem will get worse as an increase in the salinity of the soil is predicted due to climatic changes. Environmental stress factors cause a decrease in the defense system activities of organisms and an increase in the reactive oxygen species (ROS). The increasing ROSs cause DNA and RNA damage. In this study, it is aimed to determine the protective effect of zingeron in *Hordeum vulgare* L. seeds exposed to salt stress in these 5 different doses (50, 100, 150, 200 ve 250 mM). IRAP (Inter Retrotransposon Amplified Polymorphism) technique has been used to determine the values of GTS (Genomic Template Stability) and polymorphisms constituted of the retrotransposon mobility triggered by the salinity stress. According to the results of IRAP analysis, polymorphism values of barley samples exposed to salt stress vary between 40.74% and 18.51% and the average is 28.88%. GTS value varies between 81.49% and 59.26% and its average is 71.12%. In addition to salt stress, the value of polymorphism decreased in the range of 14.81% to 33.33% in barley samples where zingeron was applied, and the average decreased to 24.43%. GTS value increased from 66.67% to 85.19%, and its average increased to 75.57%. It was determined from the study results that zingeron alleviates salt stress and reduces retrotransposon mobility.

**Keywords:** *Hordeum vulgare* L., irap, ltr-retrotransposone, salt stress, zingerone

<sup>1</sup> Hüseyin BULUT (Orcid ID: 0000-0003-3424-7012), Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Erzincan, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Hüseyin BULUT, huseyinbulut@erzincan.edu.tr

Geliş tarihi / Received: 08-02-2020

Kabul tarihi / Accepted: 14-07-2020



## GİRİŞ

Abiyotik stresler içerisinde tarım ürünleri üretimini en çok sınırlayan kuraklık olup bunu tuzluluk faktörü takip emektedir. Toprak tuzluluğu, tüm dünyada ekili alanların % 50'sine ve tarım alanlarının % 20'sine zarar vermektedir (Munns ve Tester, 2008; Sun ve ark., 2017). Ülkemizde verimsiz alanlar yüzey alanının %2'sini kaplarken, bu çorak alanların %74'ü tuzlu topraklardan oluşmaktadır (Kendirli ve ark., 2005). Gelecek on yıllarda, iklim değişikliği nedeniyle toprak tuzlanmasında artış beklendiği için tuzluluk sorununun daha da kötüleşeceği öngörülmektedir (AbdElgawad ve ark., 2016).

Dünyada tüketim sıralamasında tahıllar içerisinde dördüncü sırada yer alan arpa, abiyotik streslere toleransı yüksek bir bitkidir (Colmer ve ark., 2005). Birçok bitkinin yaşamına devam edemeyeceği  $EC_e=8 \text{ dS m}^{-1}$  tuzluluk düzeyi arpanın verimini düşürmeye başladığı eşik değerdir. Sırasıyla  $EC_e=10, 13$  ve  $18 \text{ dS m}^{-1}$  tuz yoğunlukları, arpa bitkisi için %10, %25 ve %50 verim kaybına sebebiyet vermektedir (Ekmekçi, 2005). Bununla birlikte, arpa tuzluluk nedeniyle hala büyük verim kayıplarına maruz kalmaktadır (Munns ve Tester, 2008; Mahmood, 2011). Bu nedenle, arpada tuz toleransını iyileştirmeyi amaçlayan arpa yetiştirme programları için tuz tolerans mekanizmalarının incelenmesi ve geliştirilmesine yardımcı önlemler önemini korumaktadır (Mian ve ark., 2011a, b).

Evrin boyunca, bitkiler aşırı tuzla başa çıkmak için çok çeşitli stratejiler geliştirmişlerdir (Munns ve Tester, 2008; Roy ve ark., 2014). Çevresel stres faktörlerinin (tuzluluk, kuraklık, yüksek veya düşük sıcaklık, UV, ozon gibi) etkisiyle antioksidan sistemlerin aktiviteleri azalmakta ve bu koşullar reaktif oksijen türlerinin (ROT) sentezlenmesini teşvik ederek birikimine neden olmaktadır (Breusegem ve ark., 2001). Hücre metabolizmaları normal koşullar altında bu ROT'ların miktarını antioksidanlar ve çeşitli korunma sistemleri ile düşük düzeyde tutmaktadır. Ancak bitki yapısındaki fazla tuzdan dolayı meydana gelen iyonik dengesizlik ROT'ların aşırı üretilmesine, bu durumda membran lipitleri, nükleik asitler ve proteinlerde zarara neden olmaktadır (Mittler, 2002; Chaparzadeh ve ark., 2004).

Doğal antioksidanların koruyucu etkilerinin tespiti için farklı organizmalarda farklı bitki özüt ve ekstratları birçok çalışmada kullanılmıştır. Örneğin zerdeçal (Hosseini ve Hosseinzadeh, 2018), siyah kimyon (Tavakkoli ve ark., 2017), süt devedikeni (Fanoudi ve ark., 2018), tarçın (Dorri ve ark., 2018), kızamık (Mohammadzadeh ve ark., 2017) ve zencefilin (Lee ve ark., 2018) antioksidan etkileri incelenmiştir. Zencefil, bitki çeşitliliği ve aktif bileşikleri ile çok zengin bir gurubu oluşturmaktadır. Zencefil özleri ve bileşenleri gingerol, shagaol, zingerone ve zerumbone'un in vivo ve in-vitro prelinik modellerde farklı etkenlerin toksisitesini ve ROT üretimini etkin bir şekilde iyileştirdiği bildirilmiştir (Kim ve ark., 2007; Guahk ve ark., 2010; Thongrakard ve ark., 2014; Kamel ve ark., 2017; Yang ve ark., 2018; Lee ve ark., 2018a). Zencefilin aktif bileşenlerinden biri olan zingerone, antioksidan, antiapoptotik ve antienflamatuar özelliklere sahip bir fenolik alkanon (Kandemir ve ark., 2019) olduğu bildirilmiştir.

Çalışmamızda kullanılan *Hordeum vulgare L.*, *Allium cepa*, *Triticum aestivum*, *Zea mays*, *Vicia faba* ve *Arabidopsis thaliana* gibi son yıllarda genotoksik etkinin tespiti için kullanılan model organizmalardan birisidir (Liu vd., 2005). Ülkemizde 2019 yılında 2.8 milyon hektar alandan 7.6 milyon ton arpa üretilmiş olup buğdaydan sonra ikinci sıradadır (TÜİK, 2019).

Bu çalışmada ülkemizde önemli miktarda yetiştirilen *Hordeum vulgare L.*' de tuzun neden olduğu strese karşı zencefil bileşeni zingeronun etkisinin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE METOT

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesinden temin edilen saf *Hordeum vulgare L.* tohumlarının yüzey sterilizasyonlarının sağlanması amacıyla, 10 dakika süreyle %5'lik sodyum hipoklorit ( $\text{NaClO}$ ) çözeltisinde yıkanmıştır. Tohumlar saf su ile durulanmış ve kurutulmuştur. Steril filtre kâğıtlı petrilere tohumlar yerleştirilip üzerine 50, 100, 150, 200 ve 250 mM  $\text{NaCl}$ ' den (Ekmekçi vd., 2005) eklenerek

çimlenmeye bırakılmıştır. Aynı dozlarda diğer grup petrilere 500 ppm zingeron ilave edilmiş, kontrol grubu ise su ile çimlendirilmiştir. Zingeron dozu ön çalışma ile belirlenmiştir. Ön çalışmada çimlendirilen tohumlar 200 mM NaCl stresine maruz bırakılmış ve 100 ppm, 200 ppm, 300 pm, 400 ppm, 500 ppm, 600 ppm ve 700 ppm zingeron ilave edilmiştir. Kontrol gurubu ile morfolojik karşılaştırması yapılmış ve elde edilen pozitif korelasyondan dolayı 500 ppm doz miktarı çalışmaya uygun bulunmuştur. Çimlendirme ortamı 25 °C - 22 °C'de 16 saat karanlık 8 saat gün ışığı olarak dizayn edilmiştir. Çimlenme sürecinde belirli periyotlarda aynı oranlarda tuzlu su ve tuzlu su + zingeron takviyesi yapılmıştır. Çimlendirme testlerinde; test süresinin uzunluğu stres koşullarına karşı tohum partilerinin dayanımlarının gözlemlenebilmesi açısından önemlidir. Özellikle strese maruz kalan tohumların canlılıkların belirlenmesinde Uluslararası Tohum Test Kuruluşu (ISTA-International Seed Testing Association) canlılık testleri çalışmalarında 4 x 50 tekerrür tohum olarak yürütülen testlerde, kâğıt (20x20 cm) arasında kurulmuştur. 14 gün sürdürülen çalışmada günlük sayım yapılmıştır. Çalışmamızda da benzer süre referans alınarak çimlendirme deneyi yapılmıştır. Literatürde streslere karşı koruyucu etkisi belirtilen zingeron strese maruz örneklerde takviye olarak uygulanmış, yalnızca zingeronun tohum çimlenmesindeki etkisi değerlendirilmemiştir. Deney ve kontrol grubu örnekleri 14 günün sonunda toplanmış, kullanılmak üzere -80 ° C'de muhafaza edilmiştir.

### DNA İzolasyonu

IRAP analizi için bitki örneklerinden DNA izole edilmiştir. DNA izolasyonu Saghai-Marroof ve arkadaşlarının ifade ettikleri (1984) yöntemde küçük değişiklikler ile gerçekleştirilmiştir. DNA konsantrasyonları ACTGene Spektrofotometre (ACTGene UVIS-99, NJ, ABD) ile A260 280<sup>-1</sup> O.D. belirlenmiş ve tüm numunelerin DNA'sı 0.5 µg'a ayarlanmıştır.

### IRAP Analizi

Çalışmada 6 IRAP primeri (Metabion International AG Lena-Christ-Strasse 44/I D82152 Martinsried, Deutschland) kullanılmıştır. Primerlerin adı, sekans ve erime dereceleri Çizelge 1' de gösterilmiştir.

**Çizelge 1.** IRAP-PCR analizinde kullanılan primerlerin detayları

Primer adı	Sekans 5'→3'	T.M. (°C)
SUKKULA	GATAGGGTCGCATCTTGGGCGTGAC	63.3
3LTR-5	TGTTTCCCATGCGACGTTCCCAACA	64.6
LTR 6150	CTGGTTCGGCCCATGTCTATGTATCCACACATGTA	64.4
NIKITA E2647-	ACCCCTCTAGGCGACATCC	58.7
5LTR1	TTGCCTCTAGGCATATTTTCCAACA	58.4
LTR 6149 -5	CTCGCTCGCCCACTACATCAACCGGTTTATT	65.9

Retrotranspozon hareketliliğinin değerlendirilmesi amacıyla yapılan IRAP-PCR işlemi için gerekli olan bileşenler ve miktarları Çizelge 2.' de verilen değerlerde hazırlanmıştır.

### IRAP Elektroforez Protokolü

Elde edilen PCR ürünleri hazırlanan agaroz jele gel loading solution ile yüklenmiş ve 100 dakika 90 voltta yürütülmüştür. Elektroforez işlemi sonucunda oluşan bantlar UV cihazında 256 nm ultraviyole ışık altında görüntülenmiştir.

**Çizelge 2.** IRAP-PCR analiz bileşenleri

Bileşen	Miktar (µl)
10 x PCR buffer	2
dNTPs (10 nM)	0.5
MgCl <sub>2</sub> (25 mM)	1.25
IRAP primer (5 mM)	1
Taq DNA polimeraz	1
Ultra saf su	13.25
Genomik DNA	1
<b>Toplam hacim</b>	<b>20</b>

Örnekler Çizelge 3.' de verilen PCR protokolüne tabii tutulmuşlardır.

**Çizelge 3.** IRAP-PCR protokolü

Döngü adı	Sıcaklık	Süre	Döngü sayısı
Başlangıç Denatürasyon	95 °C	2 dk	1
Denatürasyon	95 °C	30 sn	2
Primer bağlanma	* °C	1 dk	1
Uzama	72 °C	2 dk	1
Denatürasyon	95 °C	30 sn	41
Primer Bağlanma	35 °C	1 dk	1
Uzama	72 °C	2 dk	1
Son uzama	72 °C	5 dk	1
Sonlanma	4 °C	∞	1

\* İlgili IRAP primerinin Çizelge 1' de verilen bağlanma sıcaklığı

### IRAP Analizi ve Genomik Şablon Stabilitesinin (GTS) Hesaplanması

Genomik kalıp sabitliği (%) Ateizar'a (1999) göre her bir primer ürünü için  $100(100 - a n)^{-1}$  formülünden yararlanılarak hesaplanmıştır. Formülde yer alan 'a' her bir örnek için saptanan IRAP polimorfik profillerini, 'n' ise ilgili primerle negatif kontrol grubunda elde edilen toplam DNA bant miktarını ifade etmektedir. Örneklere ait IRAP profillerinde gözlenen polimorfizm negatif kontrol grubuna göre oluşan yeni bir bantı ya da olan bantın kaybolmasını kapsamıştır. Bu bantların değerlendirilmesinde Total Lab TL120 kullanılmıştır.

### BULGULAR ve TARTIŞMA

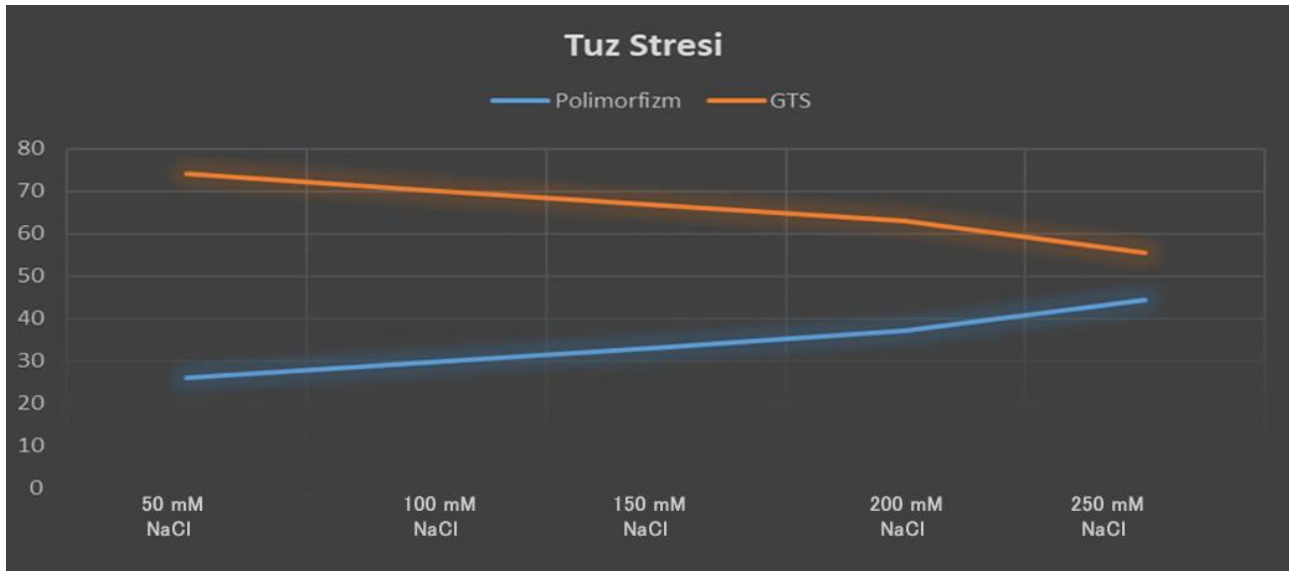
Uygulanan tuz konsantrasyonlarının kontrol grubu örneklerine göre bitkilerde kök, yaprak ve gövde boyunda kısılma gibi etkilerle strese neden olduğu belirlenmiştir. Stresin boyutunun moleküler düzeyde belirlenmesi için kullanılan 6 IRAP primerinden 286 adet bant elde edilmiştir. Bu bantların büyüklükleri 86 ile 1.468 bp arasında değişkenlik göstermektedir. En çok polimorfik bant 13 adet ile 5LTR1 primerinden elde edilmiştir. IRAP analizi sonuçlarının detayları Çizelge 4.'de verilmiştir.

Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında tuz stresine maruz kalan tüm örneklerde polimorfizm tespit edilmiştir. Polimorfizm değerlerinin tuz dozundaki artışla doğru orantılı olarak arttığı gözlenmiştir. Polimorfizm değerleri % 18.51 ile % 40.74 arasında değişkenlik göstermekte olup, en yüksek polimorfizm 250 mM dozunda NaCl ile çimlendirilen tohumlarda %40.74, en düşük polimorfizm değeri ise % 18.51 ile 50 mM dozunda NaCl ile çimlendirilen örnekte tespit edilmiştir. Tuz stresi altında

çimlendirilen tohumların GTS değerlerinin artan tuz stresine bağlı olarak azaldığı saptanmıştır. GTS değerleri % 59.26 ile % 81.49 arasında değişkenlik göstermiştir. En yüksek GTS değeri en düşük doz tuz uygulaması olan 50 mM' dan % 81.49 olarak elde edilmiştir. Yalnızca tuz stresi altında çimlendirilen örneklerden elde edilen polimorfizm-GTS değerleri ve bu değerlerin doza bağlı değişimleri Şekil 2'de verilmiştir.

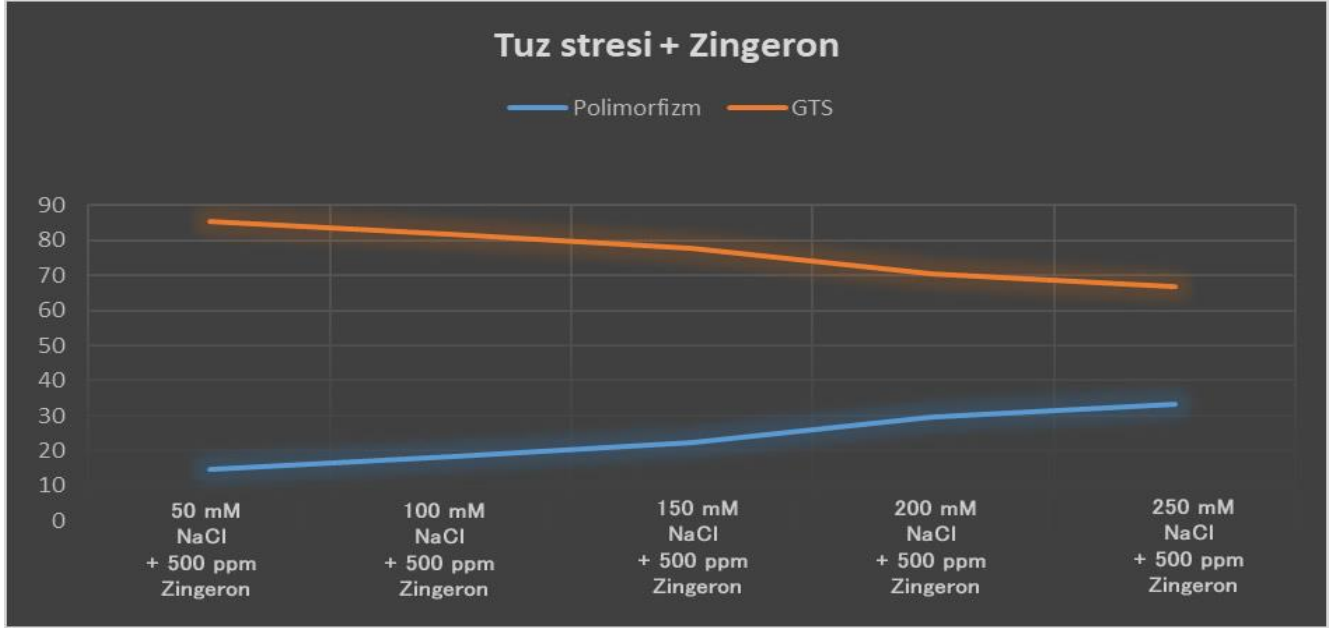
**Çizelge 4.** IRAP primerlerinden elde edilen bant değerleri

Primer adı Primer name	Kontrol Control	NaCl 50 mM	NaCl 100 mM	NaCl 150 mM	NaCl 200 mM	NaCl 250 mM	NaCl 50 mM + 500 ppm zingerone	NaCl 100 mM + 500 ppm zingerone	NaCl 150 mM + 500 ppm zingerone	NaCl 200 mM + 500 ppm zingerone	NaCl 250 mM + 500 ppm zingerone
5LTR1	5	+726	+812	+856 +658	-712	+946 +762	-712	-712	+806	+817	+822 +792
LTR6150	4	-786	+914	+942 -786	-786	+1.016 +823	-786	+780	+894	+908	+924
SUKKULA	6		+746	+789	+1.124 +804	+1.234 +825	....	.....	+1.152	+1.164	+1.197
LTR6149-5	3	+592	+604	+654 -248	+675 -248	+706 -248	-248	-248	-248	+648 -248	+667 -248
NIKITA- E2647-	4	+384	+397	+418	-146	-146	....	-146	-146	-146	-146
3LTR-5	5	+612	+636	-318	+689 -318	+704 -318	-318	-318	-318	-318	+628 -318
Bant sayısı Number of bands	27	5	6	8	9	11	4	5	7	8	9
Polimorfizm değeri Polymorphism value		18.51	22.22	29.62	33.33	40.74	14.81	18.51	25.92	29.62	33.33
GTS Değeri GTS value		81.49	77.78	70.38	66.67	59.26	85.19	81.49	74.08	70.38	66.67

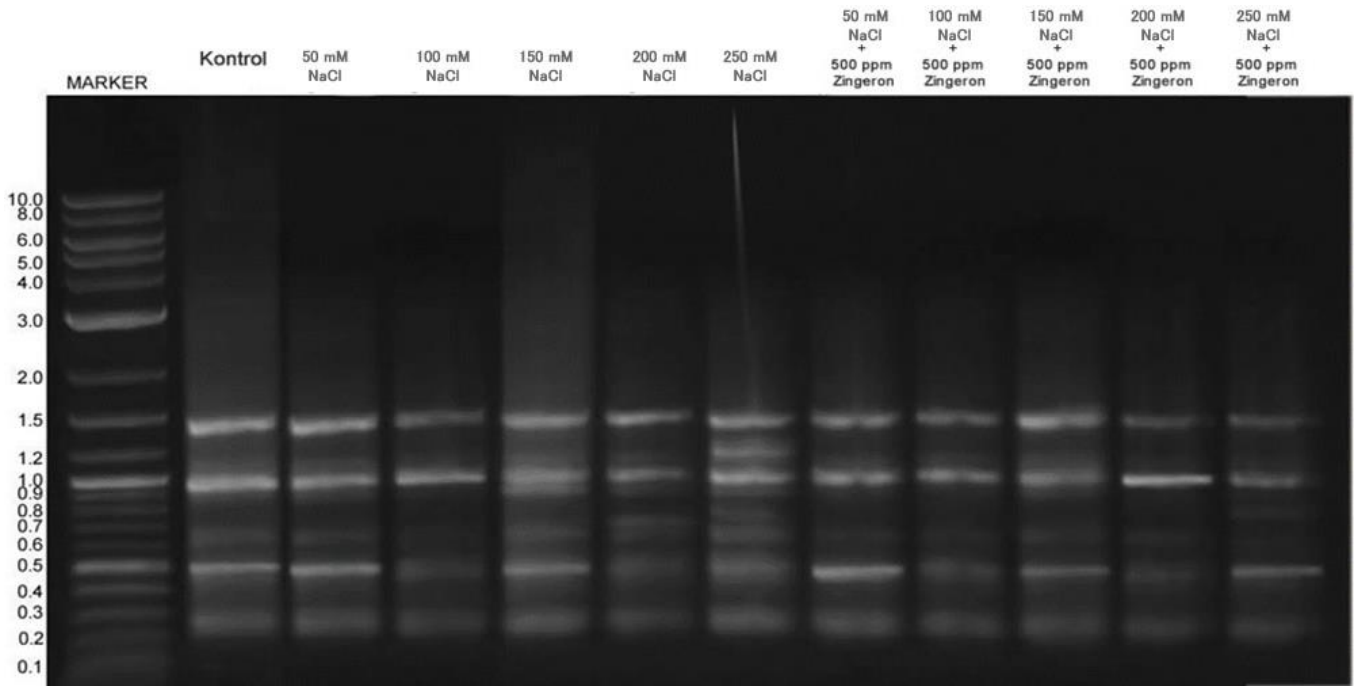


**Şekil 2.** Tuz stresine maruz tohumlardan elde edilen polimorfizm ve GTS değerleri

Zingeron eklenerek uygulanan tuz stresinde ise tüm doz seviyelerinde çimlendirilen örneklerde polimorfizm değerlerinde düşüş tespit edilmiştir. Bu örneklerden elde edilen polimorfizm değerleri % 14.81 ile % 33.33 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bu örneklerde de tuz dozu ile polimorfizm arasında pozitif korelasyon tespit edilmiştir. GTS değerleri ise sadece tuz stresine uygulanan örneklere göre daha yüksek olarak tespit edilmiştir. GTS değerlerinin % 66.67 ile % 85.19 arasında değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. Tuz stresi ile birlikte eklenen zingeron uygulamalarından elde edilen polimorfizm-GTS değerleri ve bu değerlerin doza bağlı değişimleri Şekil 3'de gösterilmiştir. Şekil 4'de Sukkula primerinden elde edilen bant görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3. Tuz stresine maruz tohumlara zingeron eklenmesi ile elde edilen polimorfizm ve GTS değerleri



Şekil 4. Sukkula primerinden elde edilen bant görüntüsü

Toprak tuzluluğu insanlık tarihi boyunca küresel tarım için büyük bir endişe kaynağı olmuştur. Şu anda dünya genelinde 800 milyon hektarın üzerinde arazi tuzdan etkilenmektedir (Ma ve ark. 2011).

Yapısında % 67 karbonhidrat, % 9-13 protein, selenyum, bakır ve niasin (B3 vitamini) bulunmasından dolayı arpa canlılar için önemli bir besin kaynağıdır (Gupta ve ark., 2010). Arpa, tahıl üretimi içerisinde Türkiye’de buğdaydan sonra ikinci sırada yer alırken; dünyada mısır (*Zea mays* L.), buğday (*Triticum aestivum* L.) ve pirinçten (*Oryza sativa* L.) sonra dördüncü sırada yer almaktadır (FAO, 2018). Arpada yüksek tuz stresi muamelesinin kantitatif RT-PCR analizi sonucunda OsWRKY82 ekspresyonunun azalma yönünde eğilim gösterdiği (Peng ve ark., 2011), farklı tuz konsantrasyonlarında çimlendirilen 12 arpa çeşidinde tuz konsantrasyonu arttıkça çimlenme oranının düştüğü (Othman ve ark.,



2006), tuz stresinin buğday kök uzunluğunda kontrol grubuna göre azalmaya neden olduğu (Bilkis ve ark., 2016), tuz stresi koşullarındaki domatestede yapraktan methyl jasmonate uygulamalarının fizyolojik ve biyokimyasal dayanıklılığa katkı sağladığı (Manan ve ark., 2016), 75 mM tuz maruziyetine karşı humik asit uygulamasının biberde olumlu etki yaptığı (Bacilio ve ark., 2016), mısır bitkisinde yüksek düzeyde sulama suyu miktarı ile polietilen malç uygulamalarının bitkide tuz stresinin olumsuz etkilerini azalttığı (Sikder ve ark., 2016) rapor edilmiştir.

Çalışmamızda arpada tuz stresinin moleküler düzeydeki etkisi ve bu strese karşı zencefil özütü zingeronun koruyucu özelliği retrotranspozon hareketliliği üzerinden incelenmiştir. Transpozonlar, bitki genomlarının ortalama %50-90' nını oluşturmakta (Roberts ve ark., 2008; Lerat, 2009; Wessler, 2009) olup normal büyüme ve gelişme sırasında genellikle sessizdirler (Ito ve ark., 2011). Bununla birlikte retrotranspozonlar çevresel stresler gibi çeşitli biyotik ve abiyotik streslerle transkripsiyonel aktivite gösterebilmektedir (He ve ark., 2012; Voronova ve ark., 2014). Retrotranspozonların gen ekspresyonunu değiştirerek veya DNA'nın yeniden düzenlemesini indükleyerek konak genom evriminde önemli roller oynadığı bilinmektedir (Friedli ve Trono, 2015). Retrotranspozon hareketlilik düzeyinin araştırılması amacıyla farklı stress koşulları altında farklı metabolizmalarda IRAP analizi ile yapılmış literatür çalışmaları mevcuttur (Hamad-Mecbur ve ark., 2012; Temel ve Gözükırmızı, 2013; Yağcı, 2015; Yiğider ve ark., 2016). Tuzluluk gibi bitki üzerindeki çevresel streslere karşı epigenetik mekanizmalar, genomun gen ekspresyonunu farklı şekilde düzenleyerek strese yanıt vermede önemli rol oynarlar (Angers ve ark., 2010; Studer ve ark., 2011; Deng ve ark., 2017).

Çevresel koşulların değişmesi veya stres faktörleri bu genomik elementlerin aktifliğine etki eden epigenetik yapılanmayı değiştirebilmektedirler (Wessler, 2009). Transpozonlar, transpozisyonları sonucu genomun birçok farklı bölgelerine insersiyon yapabilmektedirler. Özellikle eksonlara veya gen yakınındaki bölgelere yerleştiklerinde; nokta mutasyonu, çerçeve-kayma mutasyonu, delesyon, duplikasyon, insersiyon gibi birçok mutasyonlara yol açmaktadırlar. Bu mutasyonların sonucunda genlerin okuma çerçevesinde kaymalara, alternatif gen ürünlerinin oluşumuna, gen ürünü proteinlerin sentezlenememesine sebep olabilir. Gen fonksiyonunu, yapısını ve aktivitesini değiştirebilmesinden dolayı genom ve kromozom yapılarının değişmesini de sağlayabilmektedirler (Bennetzen, 2000; Federoff, 2000; Wicker vd., 2007). Bu durum IRAP analizinde elde edilen bant profillerinde farklılığa sebep olmaktadır. Bu farklılıklar polimorfizm olarak ifade edilmektedir.

Çalışmamızda tuz dozuna bağlı olarak oluşan stresin retrotranspozon hareketliliğini arttırdığı, oluşan hareketliliğe bağlı olarak polimorfizm değerinde artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca genomun kararlılığını ifade GTS değerinde azalmaya neden olduğu belirlenmiştir. GTS değerindeki azalma, tuz stresinin genomun kararlılığını etkilediğinin göstergesidir.

Önceki çalışmalarda zencefil özütlerinin kullanımının ROT üretimini ve DNA iplik kopma oranını düşürdüğü (Vipin ve ark., 2017), sitotoksiteyi engellediği (Na ve ark., 2016), civanın neden olduğu toksik etkiyi tersine çevirdiği (Joshi vd., 2017) raporlanmıştır. Tuz stresine maruz kalan örnekler ile zingeron takviyesi yapılan örneklerin polimorfizm değerleri karşılaştırıldığında pozitif korelasyon tespit edilmiştir. Zingeron uygulamasının arpa örneklerinde polimorfizm değerleri de % 11.13 ile % 19.98 arasında azalttığı tespit edilmiştir. Aynı zamanda zingeron takviyesinin GTS değerine katlı sağladığı belirlenmiştir. Zingeronun genomik kararlılıkta yalnızca tuz stresine maruz kalan örnekler göre % 4.50 ile % 11.11 aralığında artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Çalışmamızda zencefil özütü zingeronun arpada tuz stresinin neden olduğu genomdaki farklılaşmaya karşı, koruyucu etki gösterdiği polimorfizm ve GTS değerlerinde meydana gelen pozitif değişimden anlaşılmaktadır.

## SONUÇ

Yağış rejimindeki değişimler, ekim yapılan arazilerin ve doğal kaynakların azalması gibi etkenlerden dolayı tuzluluk tarımsal üretimde önemli sorunlardan birisini oluşturmaktadır. Bu sorunun aşılması açısından bu strese dayanıklılığın artırılması önemli bir bulgu olacaktır. Bu çalışmada tuz stresinin arpada strese neden olduğu, bu stresin büyüklüğü ile doğru orantılı olarak genom profilini değiştirdiği tespit edilmiştir. Stres etkeni ile bitki genom kararlılığında azalma meydana geldiği anlaşılmıştır. Bununla beraber bu stres seviyesini azaltmak amacıyla çimlenme sırasında tuz çözeltisine eklenen zencefil özütü zingeronun bu stresi azalttığı yine genom profiline yansımıştır. Çalışmadan elde edilen bulgular ışığında zingeronun tuz stresine karşı koruyucu etki gösterdiği saptanmıştır.

Ayrıca stres kaynaklı meydana gelen genomik değişimlerin protein sentezindeki rolü, etki miktarının anlaşılması abiyotik stres problemlerini somut hale getirecektir. Bu açıdan protein sentezlerinin hedeflenmesi stres mekanizmalarının önemini anlaşılmasına ve bu duruma karşı çözüm yolları üretilmesine katkıda bulunacaktır.

## KAYNAKLAR

- Abdelgawad H, Zinta G, Hegab MM, Pandey R, Asard H, Abuelsoud W, 2016. High salinity induces different oxidative stress and antioxidant responses in maize seedlings organs. *Frontiers in plant science*, 7: 1-11.
- Angers B, Castonguay E, Massicotte R, 2010. Environmentally induced phenotypes and DNA methylation: how to deal with unpredictable conditions until the next generation and after. *Mol. Eco.*, 19:1283-1295.
- Atienzar FA, Conradi M, Evenden AJ, Jha AN and Depledge MH, 1999. Qualitative assessment of genotoxicity using random amplified polymorphic DNA: comparison of genomic template stability with key fitness parameters in *Daphnia magna* exposed to benzo[a]pyrene. *Environmental Toxicology Chemster*, 18, 2275-2282.
- Bacilioa, M., Morenoa, M., Bashana, Y., 2016. Mitigation of negative effects of progressive soil salinity gradients by application of humic acids ve inoculation with *Pseudomonas stutzeri* in a salttolerant ve a salt-susceptible pepper. *Applied Soil Ecology*, 107: 394-404.
- Bennetzen, J.L., 2000. Transposable elements contributions to plant gene and genome evolution. *Plant Molecular Biology*, 42:251-269.
- Bilkis, A., Islam, M.R., Hafiz, M.H.R., Hasan, M.A., 2016. Effect of NaCl induced salinity on some physiological ve agronomic traits of wheat. *Pakistan Journal of Botany*, 48 (2): 455-460.
- Breusegem FV, Vranová E, Dat J, Inz D, 2001. The Role of Active Oxygen Species in Plant Signal Transduction. *Plant Science*, 161: 405-414.
- Chaparzadeh N, D'Amico ML, Khavari-Nejad RA, Izzo R, Navari-Izzo F, 2004. Antioxidative responses of *Calendula officinalis* under salinity conditions. *Plant Physiol Biochem*, 42: 695-701.
- Colmer TD, Munns R, Flowers TJ, 2005. Improving salt tolerance of wheat and barley: future prospects. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 45: 1425-1443.
- Deng Y, Zhai K, Xie Z, Yang D, Zhu X, Liu J, Wang X, Qin P, Yang Y, Zhang G, 2017. Epigenetic regulation of antagonistic receptors gives rice burst resistance with yield balance. *Science*, 355:962 – 965.
- Dorri M, Hashemitabar S, Hosseinzadeh H, 2018. Cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) as an antidote or a protective agent against natural or chemical toxicities. a review. *Drug and chemical toxicology*, 41 (3): 338-351.
- Ekmekçi E, Apan M, Kara T, 2005. Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(3): 118-125.
- Fanoudi S, Alavi MS, Karimi G, Hosseinzadeh H, 2018. Milk thistle (*Silybum Marianum*) as an antidote or a protective agent against natural or chemical toxicities: a review. *Drug Chemster Toxicology*, 1-15.
- Federoff, N., 2000. Transposons and Genome Evolutions in Plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97 (13):7002-7007.

- Food and Agriculture Organization [FAO]. (2018). Erişim Tarihi: 12 Aralık 2019, <http://faostat3.fao.org>
- Friedli, M. and Trono, D., 2015. The developmental control of transposable elements and the evolution of higher species. *Annu Rev Cell Dev Biol.*, 31:429-51. doi: 10.1146/annurev-cellbio-100814-125514.
- Guahk G, Sang K H, Hyuk-Sang J, Chulhun K, Chang-Hyu K, Yoon B K, Sun Y K, 2010. Zingiber officinale Protects HaCaT cells and C57BL/6 Mice from Ultraviolet B-Induced Inflammation, *Journal of Medicinal Food*, 13(3):673-680.
- Gupta M, Abu Ghannam N, Gallagher E. 2010. Barley for brewing: characteristic changes during malting, brewing and applications of its by products. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 9 (3):318-328.
- Hamad-Mecbur, H. Yilmaz, S. Temel, A., Sahin, K., Gozukirmizi, N., 2014. Effects of epirubicin on barley seedlings. *Toxicology Indiana Health*, 30:52-59.
- He P, Ma Y, Dai HY, Li LG, Liu YX, Li H, Zhao GL, Zhang ZH, 2012. Characterization of the hormone and stress-induced expression of FaRE1 retrotransposon promoter in strawberry. *Journal of Plant Biology*, 55(1): 1-7.
- Hosseini, H. and Hosseinzadeh, H. 2018. Antidotal or protective effects of *Curcuma longa* (turmeric) and its active ingredient, curcumin, against natural and chemical toxicities: a review *Biomed Pharmacother*, 99: 411-421.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2013. *International Rules for Seed Testing Edition*, Zurich, Switzerland.
- Ito H, Gaubert EB, Mirouze M, Vaillant I, Paszkowski J, 2011. An siRNA pathway prevents transgenerational retrotransposition in plants subjected to stress. *Nature*, 472:115-119.
- Joshi D, Srivastav S, Belemkar S, Dixit V A, 2017. Zingiber officinale and 6-gingerol alleviate liver and kidney dysfunctions and oxidative stress induced by mercuric chloride in male rats: A protective approach. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. Volume 91:645-655.
- Kamel A, Bourguignon L, Marcos M, Ducher M, Goutelle S, 2017. Is Trough Concentration of Vancomycin Predictive of the Area Under the Curve? A Clinical Study in Elderly Patients. *Therapeutic drug monitoring*, 39(1):83-87.
- Kandemir FM, Yildirim S, Caglayan C, Kucukler S, Ese G, 2019. Protective effects of zingerone on cisplatin-induced nephrotoxicity in female rats. *Environmental science and pollution research international*, 26(22):22562-22574.
- Kendirli B, Çakmak B, Uçar Y, 2005. Salinity in the Southeastern Anatolia Project (GAP). Turkey: Issues and Options. *İrrigation and Drainage*, 54 (1): 115-122.
- Kim MK, Chung SW, Kim DH, Kim JM, Lee EK, Kim JY, Ha YM, Kim YH, No JK, Chung HS, Park KY, Rhee SH, Choi JS, Yu BP, Yokozawa T, Kim YJ, Chung HY, 2010. Modulation of age-related NF-kappa B activation by dietary zingerone via MAPK pathway, *Experimental gerontology*, 45:419-426.
- Lee J, Oh SW, Shin SW, Lee KW, Cho JY, Lee J, 2018. Zingerone protects keratinocyte stem cells from UVB-induced damage, *Chemico-biological interactions*, 279: 27-33.
- Lerat E, 2009. Identifying repeats and transposable elements in sequenced genomes: How to find your way through the dense forest of programs. *Heredity*, 104: 520-523.
- Liu L, Wang YX, Zhou J, Long F, Sun HW, Liu Y, Chen YZ, Jiang CL, 2005. Rapid non-genomic inhibitory effects of glucocorticoids on human neutrophil degranulation. *Inflammation research*, 54(1):37-41.
- Ma X, Dong H, Li W, 2011. Genetic improvement of cotton tolerance to salinity stress. *Afr. J. Agric. Res.*, 6 6798-6803, 10.5897/AJARX11.052.
- Mahmood K, 2011. Salinity tolerance in barley (*Hordeum vulgare* L.): Effects of varying NaCl, K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> and NaHCO<sub>3</sub> levels on cultivars differing in tolerance. *Pakistan Journal of Botany*, 43 (3): 1651-1654.
- Ekmekeçi, E., Apan, M., Kara, T., (2005). Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(3): 118-125.
- Manan, A., Ayyub, C.M., Pervez, M.A., Ahmad, R., 2016. Methyl jasmonate brings about resistance against salinity stressed tomato plants by altering biochemical ve physiological processes. *Pakistan Journal of Agricultural Science*, 53(1): 35-41.

- Mian A, Oomen RJ, Isayenkov S, Sentenac H, Maathuis FJ, Véry AA, 2011a. Over-expression of a Na<sup>+</sup>- and K<sup>+</sup>-permeable HKT transporter in barley improves salt tolerance. *The Plant journal : for cell and molecular biology*, 68 (3): 468–479.
- Mian A, Senadheera P, Maathuis, FJ, 2011b. Improving crop salt tolerance: anion and Cation Transporters as genetic engineering targets. *Plant Stress*, 5: 64–72.
- Mittler R, 2002. Oxidative Stress, Antioxidants and Stress Tolerance. *Trends in Plant Science*, 7: 405-410.
- Mohammadzadeh N, Mehri S, Hosseinzadeh H, 2017. *Berberis vulgaris* and its constituent berberine as antidotes and protective agents against natural or chemical toxicities. *Iranian journal of basic medical sciences*, 20 (5): 538-551.
- Munns R, Tester M, 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual review of plant biology*, 59: 651-681.
- Na J-Y, Song K, Lee J-W, Kim S, Kwon J. 2016. Pretreatment of 6-shogaol attenuates oxidative stress and inflammation in middle cerebral artery occlusion-induced mice. *European Journal of Pharmacology* Volume 7885 October 2016 Pages 241-247.
- Othman Y, Al-Karaki G, Al-Tawaha AR, Al-Horani A. 2006. Variation in germination and ion uptake in barley genotypes under salinity conditions. *World journal of agricultural sciences*, 2:11-15.
- Peng XX, Tang XK, Zhou PL, Hu YJ, Deng XB, He Y, Wang HH. 2011. Isolation and Expression Patterns of Rice WRKY82 Transcription Factor Gene Responsive to Both Biotic and Abiotic Stresses. *Agricultural Sciences*, 10(6):893-901.
- Roberts AP, Chandler M, Courvalin P, Guédo, G, Mullany P, Pembroke T, Rood JI, Smith J, Summers AO, Tsuda M, Berg DE, 2008. Revised Nomenclature for Transposable Genetic Elements. *Plasmid*, 60: 167-173.
- Roy SJ, Negrão S, Tester M, 2014. Salt tolerant crop plants. *Current Opinion in Biotechnology* 26, 115–124.
- Saghai-Marooif MA, Soliman KM, Jorgensen RA, Allard RW, 1984. Ribosomal DNasepacer-length polymorphism in barley: mendelian inheritance, chromosomal location, and population Dynamics. *Proceedings of the National Academy Sciences*, 81: 8014-8019.
- Sikder, M.U., Asadul Haque, M., Jodder, R., Kumar, T., Mondal, D., 2016. Polythene mulch ve irrigation for mitigation of salinity effects on maize (*Zea mays* L.). *The Agriculturists*, 14 (2): 01-13.
- Studer A, Zhao Q, Ross-Ibarra J, Doebley J, 2011. Identification of a functional transposon insertion in the maize domestication gene *tb1*. *Nature genetics*, 43: 1160 – 1163.
- Sun ZX, Wang YN, Mou FP, Tian YP, Chen L, Zhang SL, Jiang Q, Li X, 2016. Genome-wide small RNA analysis of soybean reveals auxin-responsive microRNAs that are differentially expressed in response to salt stress in root apex. *Frontiers in plant science*, 18;6:1273
- Tavakkoli A, Ahmadi A, Razavi BM, Hosseinzadeh H, 2017. Black seed (*Nigella sativa*) and its constituent thymoquinone as an antidote or a protective agent against natural or chemical toxicities Iran. *Iranian journal of pharmaceutical research: IJPR*, 16: 2-23.
- Temel, A., Gözükmirmizi, N., 2013. Analysis of retrotransposition and DNA methylation in barley callus culture. *Acta Biologica Hungarica*, 64 (1):86-95.
- Thongrakard Rossella Visa, Titone Carlo F, Ciro I, 2014. Turmeric Toxicity in A431 Epidermoid Cancer Cells Associates with Autophagy Degradation of Anti-apoptotic and Anti-autophagic p53 Mutant. *Phytotherapy research: PTR*, 28(12):1761-1790.
- TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu). 2019. <http://www.tuik.gov.tr /UstMenu.do?metod =temelist>. Son Erişim: 12.11.2019.
- Vipin A.V., Raksha Rao K., Nawneet Kumar K., Anu Appaiah K.A., Venkateswaran G. 2017. Protective effects of phenolics rich extract of ginger against Aflatoxin B1-induced oxidative stress and hepatotoxicity. *Biomedicine & pharmacotherapy*. 91:415-424. doi: 10.1016/j.biopha.2017.04.107
- Voronova A, Belevich V, Rungis D, Jansons A, 2014. Stress-induced transcriptional activation of retrotransposon-like sequences in the Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) genome. *Tree Genetics Genomes*, 10: 937-951.
- Wessler SR, 2009. Eukaryotic transposable elements: teaching old genomes new tricks'', [http://www.plantbio.uga.edu/wesslerlab/The\\_Implicit\\_Genome.pdf](http://www.plantbio.uga.edu/wesslerlab/The_Implicit_Genome.pdf), Son Erişim Tarihi: 10.03.2017.

- Wicker, T., Sabot, F., Hua-Van, A., Bennetzen, J., Capy, P., Chalhoub, B., Flavell, A., Leroy, P., et al., 2007. A Unified Classification System for Eukaryotic Transposable Elements. *Nature Genetics*, 8:973-982.
- Yağcı, S., 2015. Tuzluluk Stresinin Buğdayda (*Triticum aestivum* L.) Meydana Getirmiş Olduğu Retrotranspozon Polimorfizmi Üzerine B-Östradiol'ün Etkisinin Belirlenmesi. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 31-34.
- Yang P, Chen Y, Wu H, Fang W, Liang Q, Zheng Y, Olsson S, Zhang D, Zhou J, Wang Z, Zheng W, 2018. The 5-oxoprolinase is required for conidiation, sexual reproduction, virulence and deoxynivalenol production of *Fusarium graminearum*. *Current genetics*, 64(1):285-301.
- Yigider, E., Taspınar, M.S., Sigmaz, B., Aydın, M., Agar, G., 2016. Humic acids protective activity against manganese induced LTR (long terminal repeat) retrotransposon polymorphism and genomic instability effects in *Zea mays*. *Plant Gene*, 6:13-17.



## Investigation of Anti-proliferative and Anti-migratory Properties of Recombinant J2-C2 Against Tumor Cells

Mustafa SONGUR<sup>1</sup>, Sema BİLGİN<sup>2</sup>, Seçil ERDEN TAYHAN<sup>1</sup>, İsa GÖKÇE<sup>1</sup>

**ABSTRACT:** Cancer is a big public health problem in many parts of the world. A novel anti-tumor protein (J2-C2) was previously isolated from *Arca inflata* and it was reported that this protein had anti-proliferative effect on some human tumor cell lines such as A549, HepG2 and SPC-A-1. In this study, firstly, J2-C2 was produced by recombinant techniques in the *Escherichia coli* strain BL21 (DE3) pLysE and this protein was purified by Ni-NTA agarose affinity chromatography. Expressed recombinant J2-C2 was analyzed with SDS-PAGE. 75.5 mg ml<sup>-1</sup> of J2-C2 was achieved from a 600 mL culture. Then using HT-29, MCF7 and PC3 cancer cell lines, we showed the effect of recombinant of J2-C2 on cell proliferation, migration and apoptosis in a cell specific manner. Cell viability was measured using MTT assay. Additionally, real-time-qPCR was applied to analyze the transcript levels of apoptosis related genes such as Bcl-2, Bax and p53. The 2<sup>-ΔΔCt</sup> method was performed to determine the relative changes in gene transcription. Moreover, scratch wound healing assay was performed to evaluate the effect of J2-C2 on cancer cell migration. Consequently, we found that recombinant J2-C2 did not have a significant effect on cell viabilities of MCF7, PC3 and HT29 in concentration-dependent manner. Furthermore, our results showed that recombinant J2-C2 declined HT29, MCF7 cell migration. However, we did not observe the same results for PC3 cancer cell line.

**Keywords:** Recombinant J2-C2, therapeutic protein, cell proliferation, cell migration, apoptosis.

<sup>1</sup> Mustafa SONGUR (Orcid ID: 0000-0002-8581-9992), Seçil ERDEN TAYHAN (Orcid ID: 0000-0001-8473-5896), İsa GÖKÇE (Orcid ID: 0000-0002-5023-9947), Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Genetik ve Biyomühendislik Bölümü, Tokat, Türkiye/ Department of Genetics and Bioengineering, Faculty of Engineering and Architecture, Tokat Gaziosmanpaşa University, Tokat, Turkey

<sup>2</sup> Sema BİLGİN (Orcid ID: 0000-0001-5921-5437), Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Tokat, Türkiye/ Department of Chemistry, Faculty of Art and Science, Tokat Gaziosmanpaşa University, Tokat, Turkey

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Sema BİLGİN, e-mail: sema.bilgin@gop.edu.tr

Bu çalışma Mustafa Songur'un Lisans bitirme tezinden üretilmiştir.

Geliş tarihi / Received: 01-05-2020

Kabul tarihi / Accepted: 19-07-2020

## INTRODUCTION

Cancer is one of the biggest health problems in the world today. In addition, there are deficiencies in the category of antimetastatic drugs in chemotherapy. However, metastasis is one of the main causes of treatment failure and cancer-related deaths in cancer patients (Qian et al., 2017). Therefore, the development of possible therapeutic agents that can suppress metastasis is very important for cancer treatment (Li et. al., 2019).

Chemotherapy is one of the most effective methods for cancer treatment. Toxic side effects of chemotherapy and acquired chemotherapy resistance are still important problems to be solved (Cheek, 2012; Fan et. al., 2019).

Therapeutic proteins are a critical component of the pharmaceutical industry and are actively used in the treatment of many diseases, including cancer (Lagassé et. al., 2017). In the past, the main way to obtain a specific therapeutic protein was to isolate it from a natural source. Generally, this method was inefficient and time consuming. Recently, therapeutic proteins can be produced recombinantly with high efficiency with the developing recombinant DNA technology.

Recombinant therapeutic proteins are produced in different prokaryotic and eukaryotic systems such as mammalian, insect cells, bacteria and yeast. The majority of therapeutic proteins are produced in mammalian cell lines because they have ability to produce high-quality proteins which are similar to the naturally occurring ones (Andersen et. al., 2002; Assenberg et. al., 2013). However, many recombinant therapeutic proteins are produced in *Escherichia coli* because of its inexpensive and fast high-density cultivation, the well-characterized genetics, and high-yield production (Swiech et. al., 2012; Rosano et. al., 2014).

In a previous research, a novel *in vitro* anti-tumor protein J2-C2 with a molecular weight of 27.153 kDa was purified from the *Arca inflata* (Zhu et. al., 2017). *Arca inflata*, a member of the family Arcidae which is a commercially important bivalve species in Asian countries (Li et. al., 2008). J2-C2 is a monomeric and a non-glycoprotein. As stated in the article published in 2017, Zhu and his friends investigated the anti-tumor property of J2-C2 against some human tumor cell lines (lung and liver) and also reported that the IC<sub>50</sub> values of this isolated protein were 42.38, 45.64 and 48.73 µM for A549 (lung), HepG2 (liver) and SPC-A-1(lung) cell lines, respectively.

In the current study, J2-C2 was first recombinantly produced to obtain a high purity and desired amount of protein for use in biological activity experiments. And then we tested the anticancer potential of recombinant J2-C2 in MCF7 (breast), HT29 (colon) and PC3 (prostate) cancer cell lines with MTT assay. Additionally, the effect of J2-C2 on cancer cell migration and Bcl-2, Bax, p53 gene expression were analyzed.

## MATERIALS AND METHODS

### Gene Cloning and Expression

Recombinant protein expression using bacterial and other eukaryotic host organisms is a fundamental technology for protein production. The basic step in recombinant protein expression is codon optimization where a coding sequence for a protein of interest is designed by synonymous substitution aiming to enhance its expression level. For example, a conventional approach is to substitute rare codons by frequent codons according to the genomic codon usage in a host organism (Saito et.al., 2019). In this context, we performed a codon optimization study for J2-C2 gene sequence from *A.inflata* (Zhu et. al., 2017) on the basis of *Escherichia coli*. The optimized synthetic gene was synthesized by Biomatik Corporation. *Escherichia coli* strain BL21 (DE3) pLysE (Novagen, Inc.) was used as the host

for recombinant J2-C2 expression. This strain was transformed by Pet30a-J2-C2 plasmid. Transformed cells were spread on several Luria-Bertani (LB) agar plates containing both 50  $\mu\text{g mL}^{-1}$  kanamycine and chloramphenicol (34  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ). One colony of BL21 (DE3) pLysE recombinant was cultivated in 4mL of selective LB medium and was grown at 37°C with orbital shaking (240 rpm) for 16h. This overnight culture was inoculated into 600 mL of selective LB and incubated at same conditions until the OD<sub>600</sub> was 0.6. The expression of recombinant protein was induced by adding IPTG to a final concentration of 0.001M.

### Purification of J2-C2

Following additional three hours of incubation, the culture was harvested by centrifugation and the cell pellets were resuspended in 100 mM Tris-HCl buffer (pH 7.0) containing 1 mg mL<sup>-1</sup> lysozyme, 1 mM PMSF and 1mM benzamidine. The cells were lysed by a sonicator (Sonics VCX 130) and the insoluble fraction was collected by high speed centrifugation (Vision VS-30000i) at 30.000 rpm, 4°C for 1 h. Ni-NTA metal-affinity chromatographic procedure (Qiagen) was used to purification of recombinant protein carrying N-terminal 6x histidine (containing six histidine residues). Purity of recombinant J2-C2 was determined by 12% SDS-PAGE and visualized by commasie brilliant blue (Weber et. al., 1972). The protein concentration was determined using UV spectroscopy by measuring the absorbance of the pure protein at 280 nm (Cabrita et. al., 2004). The purified proteins were collected and dialyzed against PBS (phosphate buffered saline). The dialyzed protein was stored 4°C until using for cancer cell proliferation and migration analyses.

### MTT Cell Viability Assay

Antiproliferative effects of recombinant J2-C2 was investigated on cancer cell lines using 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide (MTT) (Serva, Germany) cell proliferation assay. This was performed according to the method described in our previous studies (Ispir et.al.,2019; Inan et al., 2018). HT-29, PC3 and MCF7 cancer cells were cultured in multiwell plates and in media (RPMI 1640 and DMEM, respectively) with 10% FBS. These cell lines were treated with recombinant J2-C2 at eight different doses (240-1,875  $\mu\text{g ml}^{-1}$ ) for 24 and 48 hours. 5-Fu (5-fluorouracil) was used as a positive control reagent.

### Cell Migration Assay

Tumor cell migration was examined *in vitro* by scratch wound closure model. Tumor cells (HT29, PC3, MCF7) were seeded ( $5 \times 10^4$  cells well<sup>-1</sup>) in 6-well plates in appropriate culture media. When cells reached more than 80% confluency, cell monolayer was wounded by a steril 200- $\mu\text{l}$  pipette tip, the medium and cell debris were aspirated and all the wells were washed with sterile phosphate buffer saline. Then cells were treated with 240  $\mu\text{g ml}^{-1}$  of J2-C2 which was determined by MTT cell viability assay in the previous experimental stage. Images were captured with an inverted light microscope (OLYMPUS, Japan) at different time points (0h, 24h and 48h) post- J2-C2 administration. Percentage of cell migration rate was calculated with the following formula= (remaining wound area/ wound area at 0h) x100. These wound areas were measured by image analysis software of OLYMPUS inverted light microscope. The calculated values were compared with negative control and evaluated whether the substance was effective on cancer cell migration.

### RNA Extraction, cDNA Synthesis and Quantitative PCR Analysis

For quantitative RT-PCR analysis of p53, Bax and Bcl-2 mRNA expression levels, confluent cancer cells (HT-29, PC3, MCF7) were treated with 240  $\mu\text{g ml}^{-1}$  of compound for 48h. Controls were treated with the same amount of medium as used in the corresponding experiments. After the incubation

period, total RNA was extracted from the cultured cell using TRIzol reagent (Ambion, USA) according to the manufacturer's protocol. RNA purity and concentration were assessed by spectrophotometry using the 260nm/280nm ratio. Then cDNA was obtained using the manual which was described by the manufacturer of reverse transcriptase enzyme (Thermo Scientific, USA).

Real-time quantitative PCR (qRT-PCR) was conducted with qTOWER3G Real-Time PCR Thermocycler using EvaGreen. The primer pairs for genes were presented in Table 1. Glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase (GAPDH) was used as a housekeeping gene. All experiments were performed in triplicates. Target cDNA was amplified as follows: 3 min at 94°C then 40 cycles of amplification (denaturation at 94°C for 30 s, annealing at 56°C for 30 s and elongation at 72°C for 1 min per cycle). The increase in fluorescence was measured and recorded in real-time during the elongation step. The  $2^{-\Delta(\Delta CT)}$  method (Priego, et.al., 2008; Rao et. al., 2013) was used for relative quantitation of Bax, Bcl-2, p53 mRNA expression.

**Table 1.** Oligonükleotides utilized for qRT-PCR amplification

Gene	Primer Sequences
<b>P53</b>	5'-GCCCAACAACACCAGCTCCT-3'
	5'-CCTGGGCATCCTTGAGTTCC-3'
<b>Bcl-2</b>	5'- ATCGCCCTGTGGATGACTGAG-3'
	5'-CAGCCAGGAGAAATCAAACAGAGG-3'
<b>Bax</b>	5'-GGACGAACTGGACAGTAACATGG-3'
	5'-GCAAAGTAGAAAAGGGCGACAAC-3'
<b>GAPDH</b>	5'-GGATTTGGTCGTATTGGG-3'
	5'-GGAAGATGGTGATGGGATT-3'

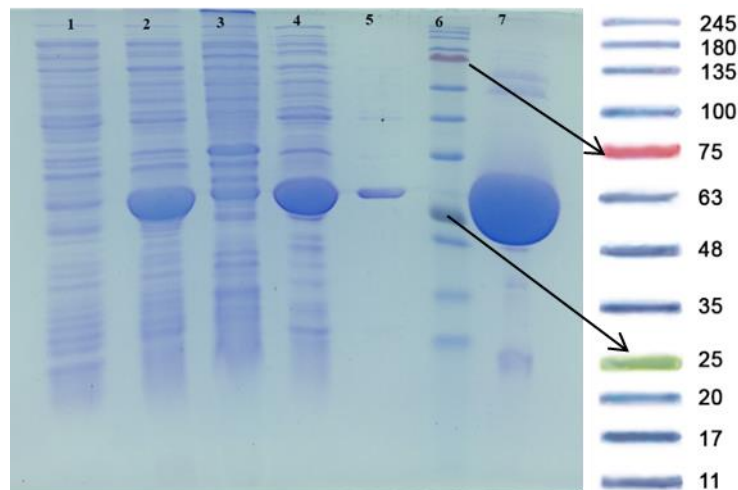
### Statistic Analysis

Statistic analysis was performed using Student's t-test on all data. A statistically significant difference was considered with a *p* value < 0.05.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Gene Cloning and Expression

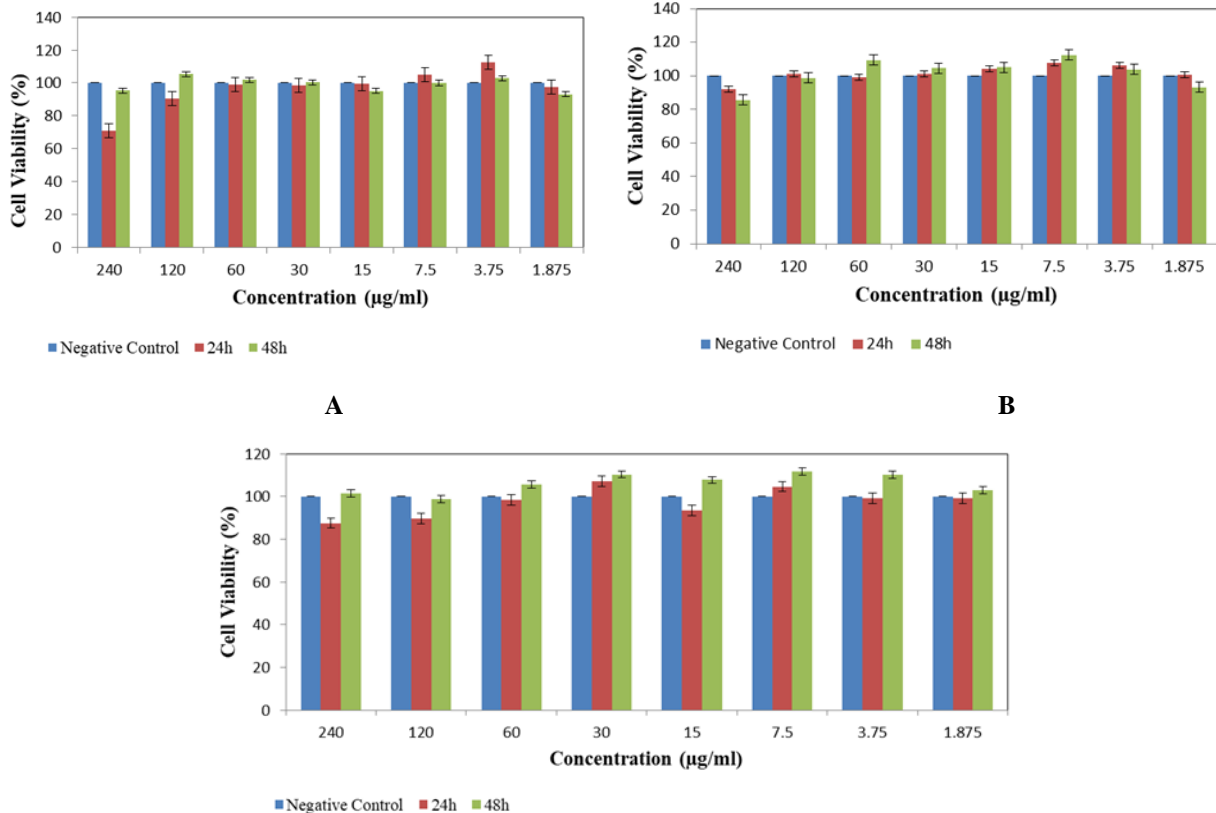
Cell cultures were harvested 3 h after IPTG induction, sonicated, separated into soluble and insoluble fractions and recombinant J2-C2 was purified by Ni-NTA affinity chromatography as detailed in materials and methods. The molecular weight and molar absorption coefficient of recombinant protein were respectively calculated as 28631.43 Dalton and 38180 M<sup>-1</sup>cm<sup>-1</sup> by using "ExPASy ProtParam tool". Subsequently the total yield of purified recombinant J2-C2 protein was determined as 75.5 mg ml<sup>-1</sup> by measuring absorbance at 280 nm on UV spectrophotometer. The recombinant J2-C2 expression was confirmed by SDS-PAGE. The SDS-PAGE analysis showed that the purified protein around 28 kDa which corresponds with a theoretical molecular weight of 28631.43 Da (Figure 1).



**Figure 1.** Purification of J2-C2 was confirmed with SDS-PAGE (%12). 1. Bacterial cell lysates before IPTG addition, 2. Bacterial cell lysates after IPTG addition 3. Collected pellet after centrifugation of the lysate 4. Collected supernatant after centrifugation of the lysate, 5. Wash with 0.1 M Tris-HCl buffer containing 10 mM imidazole.,6.NZYColour Protein Marker II, 7. The eluate collected from Ni-NTA agarose affinity column.

### MTT Cell Viability Assay

We performed MTT cell viability experiments and determined that the recombinant J2-C2 did not significantly affect cell viability and proliferation of MCF7, PC3 and HT29 (Figure 2).



C

**Figure 2.** The effect of different concentrations of J2-C2 on the viability of **A.** MCF7 cells **B.** PC3 cells **C.** HT29 cells

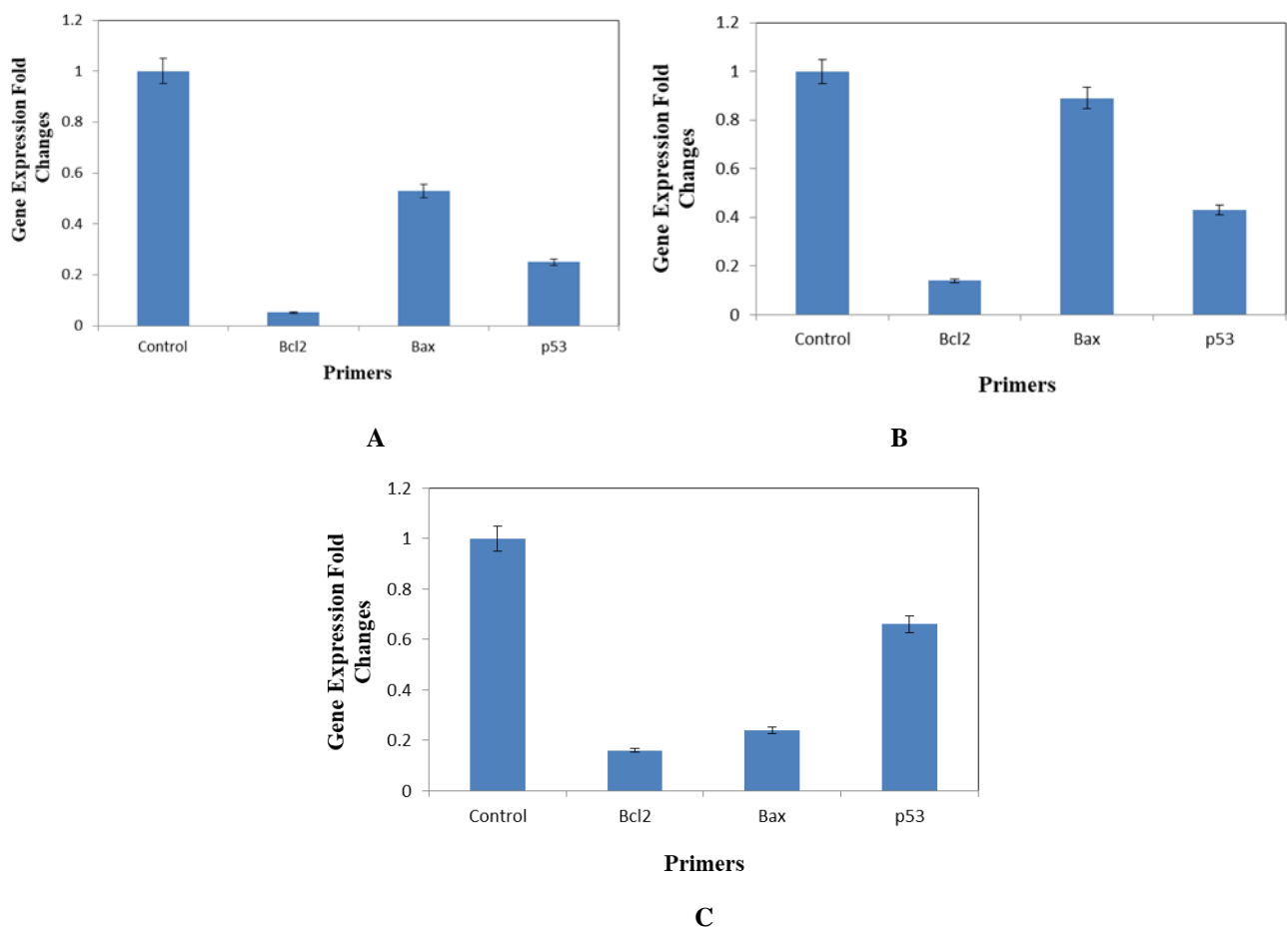


In studies conducted by Jian Xu et al. (2013), it was reported that native J2-C2 isolated and purified from *Arca inflata* showed antiproliferative effect against A549, SPC-A-1 and HepG2 cell lines (Zhu et al., 2017). However in our study recombinant J2-C2 didn't displayed remarkable anti-proliferation activity against HT29, MCF7 and PC3 cell lines.

### RNA Extraction, cDNA Synthesis and Quantitative PCR Analysis

The effects of recombinant J2-C2 on mRNA expression of Bax, Bcl-2, p53 were shown in Fig. 3. The experiments were repeated three times. Results were normalized according to the the housekeeping gene (GAPDH) in the samples. Values represent the degree of changes in mRNA for recombinant J2-C2 treated PC3, MCF7, HT29 relative to untreated ones.

Figure 3 shows the values of  $2^{-\Delta\Delta Ct}$  reflecting the fold change in Bcl2, Bax and p53 gene transcription level in cells treated with  $240 \mu\text{g ml}^{-1}$  recombinant J2-C2 for 48 h, calculated relative to the level of GAPDH expression and the  $\Delta\Delta Ct$  value ranges. The value of  $2^{-\Delta\Delta Ct} > 1$  reflects increased expression of the target gene, the value of  $2^{-\Delta\Delta Ct} < 1$  points to a decrease in the gene expression.



**Figure 3.** J2-C2 effect on mRNA levels of PC3 (A), MCF7 (B) and HT29 (C) cell lines

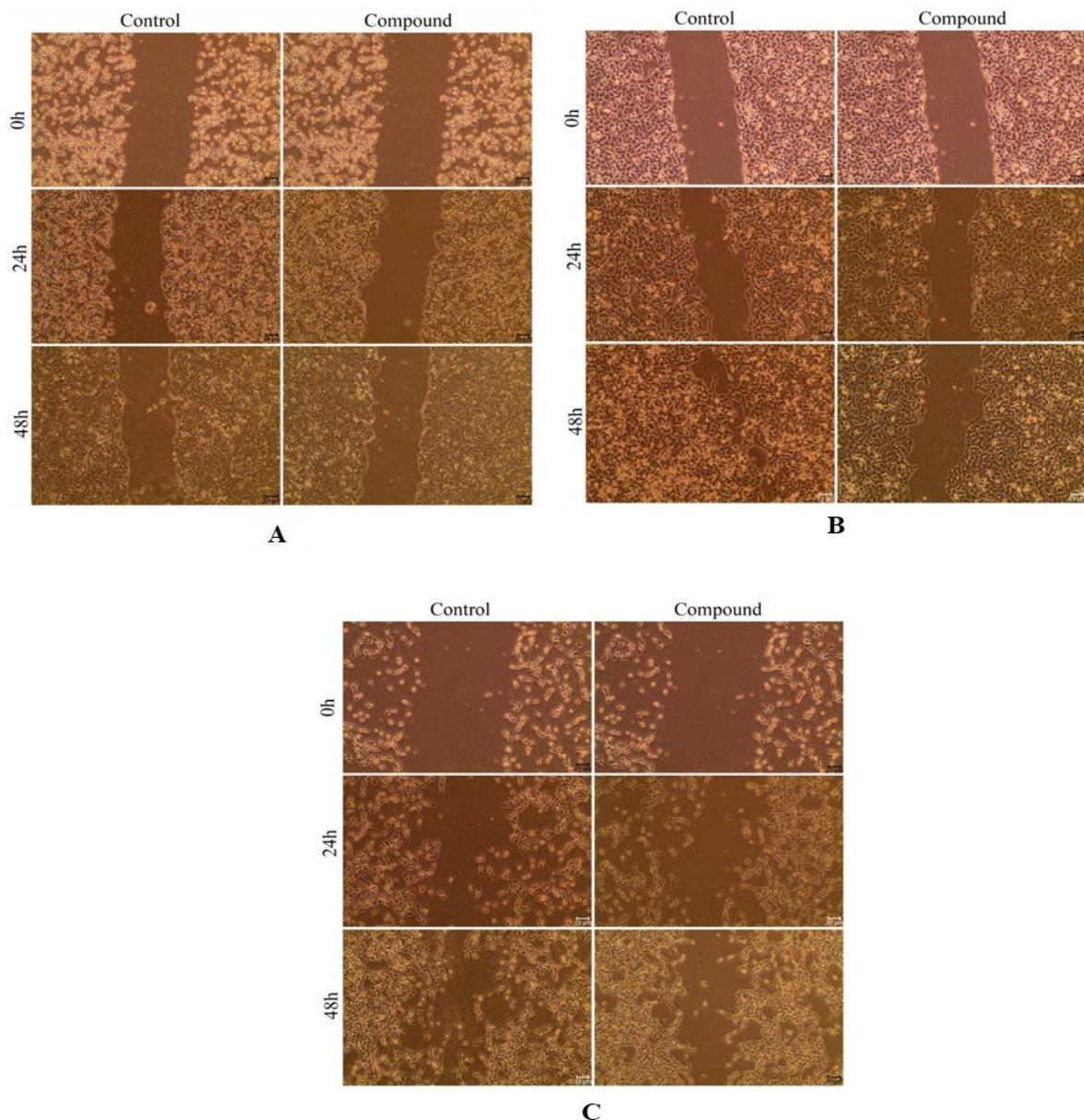
In all cell cultures treated with  $240 \mu\text{g ml}^{-1}$  recombinant J2-C2 for 48 h, Bcl2, Bax and p53 gene transcription tended to decrease below the transcription of these genes in the non-treated control cells (Table 2). There was no significant decrease in Bcl2 / Bax ratio in PC3, MCF7 and HT29 cell lines treated with  $240 \mu\text{g ml}^{-1}$  recombinant J2-C2 for 48 hours. These results are compatible with the results of the cell viability assay ( $p < 0.005$ ).

**Table 2.** Down regulated genes in treated compared with untreated cell lines

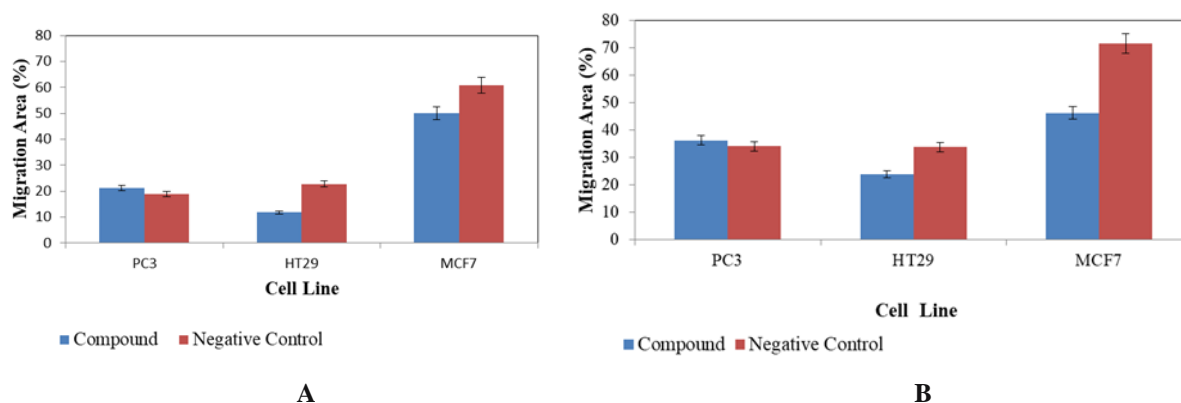
Symbol	Description	Gene name	Fold change (log 10 down regulation)		
			PC3	MCF7	HT29
<b>Bcl2</b>	Anti-apoptosis	B-cell CLL/lymphoma 2	-1.28	-0.85	-0.80
<b>Bax</b>	Induction of apoptosis	Bcl2-associated X protein	-0.27	-0.051	-0.62
<b>p53</b>	Tumor suppressor gene	Tumor protein p53	-0.60	-0.37	-0.18

### Cell Migration Assessment

To explore whether J2-C2 could inhibit breast, prostate, colon cancer cell migration, we carried out *in vitro* scratch assay which is used conveniently by cell scientists. Representative images and quantitative analysis are demonstrated in Figure 4 and 5.



**Figure 4.** Effect of J2-C2 on migration of cancer cells in wound healing assay. The wounded monolayers which were created by scratching (A. HT29, B. MCF7, C. PC3) incubated for 24h and 48h alone (control) and in the presence of J2-C2 (240  $\mu\text{g/ml}$ ). The scale bars indicated 100  $\mu\text{m}$  for x4 magnification



**Figure 5.** Effect of J2-C2 on migration of PC3, MCF7, HT29 cancer cells. Wound healing assay showing inhibition of cell migration after 24h (A) and 48h (B) of exposure to J2-C2 (240  $\mu\text{g ml}^{-1}$ )

According to data that we obtained from wound-healing assay and MTT cell viability assay, we observed that J2-C2 protein repressed cell migration of HT29 and MCF7 cells.

We did not find any significant direct effect of recombinant J2-C2 on PC3 cancer migration. However, this protein significantly inhibited the migration of HT29 and MCF7 cell lines. As a result, recombinant J2-C2 was more effective in blocking cell migration than cell viability inhibition.

Cancer metastasis, rather than primary tumors, is reported to account for over 90% of all cancer deaths, including colon, prostate and breast (Yang et. al., 2017; Ortega et. al., 2003). Research has shown that most colon cancer patients with cancer metastasis have low survival rates (Zhu et. al., 2016). Various chemotherapy drugs are used in clinical practice to inhibit colon cancer metastasis. Nevertheless, specific antimetastatic drugs are not sufficient for the treatment of solid cancer. Therefore, considering the importance of metastasis in cancer treatment and the need of oncologists for antimetastatic drugs, researches to develop drug candidates to prevent metastasis appear to be very valuable. The results show that recombinant J2-C2 can be considered as a drug candidate in this regard.

## CONCLUSION

The anti-migrative effect of recombinant J2-C2 on PC3, MCF7 and HT29 were determined by investigating viability and migration of these cells treated with recombinant protein. The results demonstrated that recombinant J2-C2 inhibited migration of MCF7 and HT29 cancer cells. The effects of J2-C2 inhibition on migration were not a result of reduced viability. Because, MTT assay indicated that this recombinant protein did not demonstrate any anti-proliferative effects on these cells. In conclusion, our findings regarding the inhibitory effects of J2-C2 on cell migration suggest that recombinant J2-C2 may be useful as a therapy agent against breast and colon cancers.

## ACKNOWLEDGEMENTS

Mustafa Songur was supported by TUBİTAK-BİDEB 2209B National Scholarship Program for Bachelor's degree students.

## REFERENCES

- Andersen DC, Krummen L, 2002. Recombinant protein expression for therapeutic applications. *Current Opinion in Biotechnology*, 13 (2), 117–123.
- Assenberg R, Wan PT, Geisse S, Mayr, LM, 2013. Advances in recombinant protein expression for use in pharmaceutical research. *Current Opinion in Structural Biology*, 23 (3), 393-402.
- Cabrita LD, Chow MKM, Bottomley SP, 2004. A Practical Guide To Protein Expression and Refolding From Inclusion Bodies. *Biotechnolgy Annual Review*, 10, 31–50.

- Cheok C F, 2012. Protecting normal cells from the cytotoxicity of chemotherapy. *Cell Cycle* 11 (12) 2227-2232.
- Fan M, Wen Y, Ye D, Jin Z, Zhao P, Chen D, Lu X, He Q, 2019. Acid-Responsive H<sub>2</sub>-Releasing 2D MgB<sub>2</sub> Nanosheet for Therapeutic Synergy and Side Effect Attenuation of Gastric Cancer Chemotherapy. *Advanced Healthcare Materials*. 8 (13).
- Qian CN, Mei Y, Zhang J, 2017. Cancer metastasis: issues and challenges. *Chinese Journal of Cancer*, 36(38).
- İspir E, İköz M, İnan A, Sünbül AB, Erden Tayhan S, Bilgin S, Elmastaş M, 2019. Synthesis, structural characterization, electrochemical, photoluminescence, antiproliferative and antioxidant properties of Co(II), Cu(II) and Zn(II) complexes bearing the azo-azomethine ligands. *Journal of Molecular Structure*, 1182, 63–71 (2019).
- İnan A, Sünbül AB, İköz B, Erden Tayhan S, Bilgin S, Elmastaş M, Sayın K, Ceyhan G, Köse M, İspir E, 2018. Half-sandwich Ruthenium(II) arene complexes bearing the azo-azomethine ligands: Electrochemical, computational, antiproliferative and antioxidant properties. *Journal of Organometallic Chemistry*, 870, 76–89.
- Li H, Su J, Jiang J, Li Y, Gan Z, Ding Y, Li Y, Liu J, Wang S, Ke Y, 2019. Characterization of polysaccharide from *Scutellaria barbata* and its antagonistic effect on the migration and invasion of HT-29 colorectal cancer cells induced by TGF- $\beta$ 1. *International Journal of Biological Macromolecules*, 131, 886-895.
- Li J J, Li Q, 2008. Isolation and characterization of twelve novel microsatellite loci in the ark shell *Scapharca broughtonii*. *Conserv. Genet.*, 9, 1055-1057.
- Ortega A, 2003. A new role for GABA: inhibition of tumor cell migration. *Trends in Pharmacological Sciences*, 24 (4), 151-154.
- Priego S, Feddi F, Ferrer P, Mena S, Benlloch M, Ortega A, Carretero J, Obrador E, Asensi M, and Estrela JM, 2008. Natural polyphenols facilitate elimination of HT-29 colorectal cancer xenografts by chemoradiotherapy: a Bcl-2- and superoxide dismutase 2-dependent mechanism. *Molecular Cancer Therapeutics*, 7(10).
- Rao X, Huang X, Zhou Z, Lin X, 2013. An improvement of the 2<sup>-</sup>( $-\Delta\Delta$  CT) method for quantitative real-time polymerase chain reaction data analysis. *Biostat Bioinforma Biomath*. 3(3), 71–85.
- Rosano GL, Ceccarelli EA, 2014. Recombinant protein expression in *Escherichia coli*: Advances and challenges. *Frontier in Microbiology*, 5, 1–17.
- Saito Y, Kitagawa W, Kumaga T, Tajima N, Nishimiya Y, Tamano K, Yasutake Y, Tamura T, Kameda T, 2019. Developing a codon optimization method for improved expression of recombinant proteins in actinobacteria scientific reports. *Scientific Reports*. 9:8338.
- Swiech K, Picanço-Castro V, Covas T, Covas DT, 2012. Human cells: New platform for recombinant therapeutic protein production. *Protein Expression and Purification*. 84, 147–153.
- Weber K, Pringle J, Osborn M, 1972. Measurement of molecular weights by electrophoresis on SDS-acrylamide gel. *Methods in Enzymology*, 26, 3–27.
- Xu J, Chen Z, Song L, Chen L, Zhu J, Lv S, Yu R, 2013. A New in Vitro Anti-Tumor Polypeptide Isolated from *Arca inflata*. *Marine Drugs*, 11 (12), 4773.
- Zhu P, Zhao N, Sheng D, Hou J, Hao C, Yang X, Zhu B, Zhang S, Han Z, Wei L, Zhang L, 2016. Inhibition of Growth and Metastasis of Colon Cancer by Delivering 5-Fluorouracil-loaded Pluronic P85 Copolymer Micelles. *Scientific Reports*, 6, 1-11.
- Zhu J, Xu J, Wang Y, Li C, Chen Z, Song L, Gao J, Yu R, 2017. Purification and structural characterization of anti-tumor protein from *Arca inflata*. *International Journal of Biological Macromolecules*. 105, 103–110.

## Expression Patterns of Oxidative Stress-Related Genes of *Cucurbita pepo* and Relation to Cellular H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> under Short-Term Heavy Metal Stress

Musa KAR<sup>1\*</sup>

**ABSTRACT:** Oxidative stress caused by biotic and abiotic stress factors is the most important cause of cellular damage. Due to their sessile structures, plants have evolved regulatory mechanisms to respond to various environmental stresses. The increased cellular concentration of reactive oxygen species is one of the major consequences of oxidative stress, including H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> production. Also, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> is produced as a by-product of respiratory and photosynthetic metabolisms in plants. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> acts as a multifaceted molecule because of its dual role in cells. It has been found to act as a secondary messenger in signal transmission networks. In this study, the changes in expression levels of stress-related genes and their relationship with H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in pumpkin (*Cucurbita pepo*) plant exposed to Cd heavy metal at different durations and concentrations were investigated. As a result of this study, we concluded that the expression of stress-related genes may be related to the oxidative status of the cell and the concentration of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in the signaling mechanism, the expression of stress-related genes may be up-regulated to a certain degree of concentration, while a higher concentration of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> may down-regulate the expression of the genes.

**Keywords:** Stress-related genes, Expression level, Oxidative stress, Cadmium, Reactive Oxygen Species, *Cucurbita pepo*

<sup>1</sup> Musa KAR (Orcid ID: 0000-0001-7983-4814), Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Nevşehir, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Musa KAR, musa.kar@nevsehir.edu.tr



## INTRODUCTION

Reactive oxygen species (ROS) are generated as by-products of different metabolic processes such as photosynthesis and respiration. Because all the aerobic species use the oxygen molecule as the last electrons receiver during electron transport system, irregularities occur in the exchange of electrons in some cases, resulting in the formation of many reactive and therefore toxic intermediates such as single oxygen (<sup>1</sup>O<sub>2</sub>), radical superoxide (O<sup>-2</sup>) and hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). varieties can cause serious damage to cell membranes and cellular components in their environment. Also, ROS can cause binding with high interest and lead to rather destructive results against DNA, carbohydrates, proteins, and lipids (Zimmermann et al., 2006). Due to these properties, cellular ROS concentration is tried to be kept in a stable balance with enzymatic and non-enzymatic detoxification mechanisms (Ahmad, 2014). The deterioration of this balance due to negative environmental factors leads to the phenomenon defined as the rapid increase of intracellular ROS levels called "oxidative burst." To reduce the possible effects of this stress, removal of ROS in the plant system becomes vital (Azarabadi et al., 2017).

However, the oxidative balance in question in the plant can be spoiled by many different abiotic environmental factors such as temperature, heavy metal ions, cold, salinity, drought, and light (Boyer, 1982).

Plants try to balance cellular ROS concentration using both enzymatic such as superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), ascorbate peroxidase (APX), and non-enzymatic such as  $\alpha$ -tocopherol ascorbate and flavonoids pathways.. (Khan et al., 2017).

Numerous studies have shown that, under different stress conditions, plants respond in a very complex manner involving numerous physiological and cellular changes. Plants use several hormone-driven signaling pathways to tackle environmental stress. Previous research has shown however that plants use ROS as signaling molecules to control growth and specific physiological responses. In recent years, scientists have concentrated on ROS generation and its incorporation in the control of plant growth and stress tolerance with various hormonal signal pathways. (Vanderauwera et al., 2009).

The precursor studies investigating the relationship between H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and the role of signalization reported that it played the role of the signal cascade in events that are essential for plant development and growth like the strengthening of the plant cell wall, xylem differentiation and the relaxation of the cell wall, where H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> is an important part of oxidative metabolism. (Dempsey et al., 1994)

While the versatile molecule H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> serves as a significant signal at normal levels, the increase in its concentration in abiotic and biotic stress conditions causes oxidative stress. The fact that it has a small molecular structure, can easily be diffused between membranes, has a relatively longer half-life compared to other ROS, has unmatched stability, has less reactivity and acts as a central player in signal transduction pathways, puts H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> one step forward among other ROS molecules (Cuypers et al., 2016).

In plants, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> works as a key factor in concentrations at the non-toxic level. As a signaling molecule, it merges with various pathways and tolerates biotic and abiotic stress (Baxter et al., 2014; Kar, 2018). H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> transmits the local effect of an abiotic stressor to systemic tissues and acts as a general preparation signal (Karpinski et al., 1999). The mechanism of responses activated by signals that are triggered by H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> as a response to abiotic stress is expressed as systematically acquired adaptation (SAA) and this adaptation is realized thanks to the H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> molecule (Suzuki et al., 2013).

In a study conducted in recent years, it was revealed that there was a relationship between the genes responsible for stress in chickpea plants exposed to heavy metal stress and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and that H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> increased the transcript accumulation of stress response genes up to a certain time and concentration, but caused a decrease after a certain concentration (Kar, 2018). Similarly, Tombuloğlu et al. (2012) reported a

reduction in gene expression due to prolongation of exposure in tomato plants exposed to boron stress (Tombuloglu et al., 2012).

Understanding the fine and precise mechanisms that plants use to regulate the cellular H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> amount and the related signaling pathways may be the key to improving agriculture in the future. Although it potentially damages plant cells, ROS oxidative signalization is considered to be useful predictors that provide systemic acquired resistance in cooperation with systemic acquired acclimation and hormones. Despite the scientific researches conducted in recent years, the cellular mechanisms of ROSs have not been fully elucidated (Hossain et al., 2015).

The aim of this study is mainly to reveal the effect of the genes of cellular H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> responsible for stress on the expression levels. In this context, the roots of pumpkin plants were exposed to cadmium (Cd) heavy metal, which is very toxic, and which causes irreversible damages in plants in different duration and concentrations. MDA accumulation and cellular H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> content were calculated. Also, the change in expression patterns of stress-related genes was calculated and its relationship with cellular H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> was tried to be explained.

## MATERIALS AND METHODS

### Plant growth conditions and Cd application

After surface sterilization, *Cucurbita pepo* seeds were planted in 40x25x5 cm plastic vials filled with sterile agricultural perlite. The seedling was incubated growth chamber (25 °C temperature 70% humidity) until it became seedlings for 15 days. The medium was the Hoagland solution. After this; the seedlings were exposed to 50, 100, and 200 micromolar CdCl solutions in the beaker for 12, 24, and 48 hours. All applications were repeated thrice.

### Lipid peroxidation

Lipid peroxidation in leaf tissues (250 mg) was measured in terms of malondialdehyde (MDA) determined by thiobarbituric acid (TBA) reactions as described by Heath and Packer (Heath et al., 1968).

### H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> determination

After modification, the method used by Junglee et al. was used to evaluate cellular H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Junglee et al., 2014). root sample (100 mg) was grinded in nitrogen and dissolved in 1 ml solution containing, 0.5 ml KI (1mM), 0.25 ml TCA (0.1% w /v) and 0.25 ml potassium phosphate for 10 minutes at + 4 ° C. After that the homogeneous centrifuged at + 4 degrees at 10,000 g for 15 minutes. Around 20-22 °C, the supernatant was incubated 20 minutes into the night. The content of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> was measured at 280 nm, and the concentration of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in the cell was determined using the incremental concentration of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. (Junglee et al., 2014). The formula obtained from a gradual concertation curve.

### RNA isolation, cDNA synthesis, and quantitative real-time PCR analysis

RNA isolation from plant samples was carried out according to the Trizol protocol. The amount and quality of isolated RNA were determined by spectrophotometric measurements on the donovix nanodrop device. cDNA synthesis from RNA samples was performed using the first-strand cDNA synthesis kit (RevertAid First Strand cDNA Synthesis Kit).

Real-time PCR applications were performed by Bioneer Exicycler Tm 96 FaST device using SYBR Green I Master dye. Primers used in the study are listed in Table 1. The actin gene was used as the control primer- Housekeeping gene-. Following quantitation using SYBR Green I dye, Melting Curve Analysis was performed to determine the effectiveness of PCR and to observe the presence of any dimer formation.

**Expression Patterns of Oxidative Stress-Related Genes of *Cucurbita pepo* and Relation to Cellular H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> under Short-Term Heavy Metal Stress**

**Table 1.** List of genes and primer used for PCR amplification and the resulting product sizes

Gene	Primer Pair	Sequence (5' – 3')	PRC product Size	Gene Bank Accession no
Metallothionein	MT F	GAGTGGGAAGGGGTAAGTGC	105	XM_023657362.1
	MT R	ACCAACCCAATACCACACCG		
Superoxide dismutase Cu-ZnSOD	Cu-ZnSOD F	TCGCCATGCTGGTGTTT	102	MG014229.1
	Cu-ZnSOD R	ATGGAGATAGGTCCAGATAGAGG		
Catalase	Cat F	GTCACCCATGAGATCCGCA	161	D55645
	Cat R	CCAAGAGACCTATCCGCCTG		
Ascorbate peroxidase	APX F	TAGGCTCTTGGAGCCCATCA	179	KF954415.1
	APX1 R	AACCCTTGGTAGCATCAGGC		
Actin-11	Actin F	CCTCTCAATCCCAAAGCTAACAG	91	HM594170
	Actin R	CTGTTGGCTGTTCTGCTATCT		

## RESULTS AND DISCUSSION

When the accumulation of MDA was analyzed, statistically the highest MDA accumulation was observed to take place in 48 hours 200 µM application. While the lowest MDA accumulation occurred in the control group as expected, no statistically significant difference was found between the 50 µm application of 12 and 24 hours and the control group (Fig. 1A) (p<0.05)

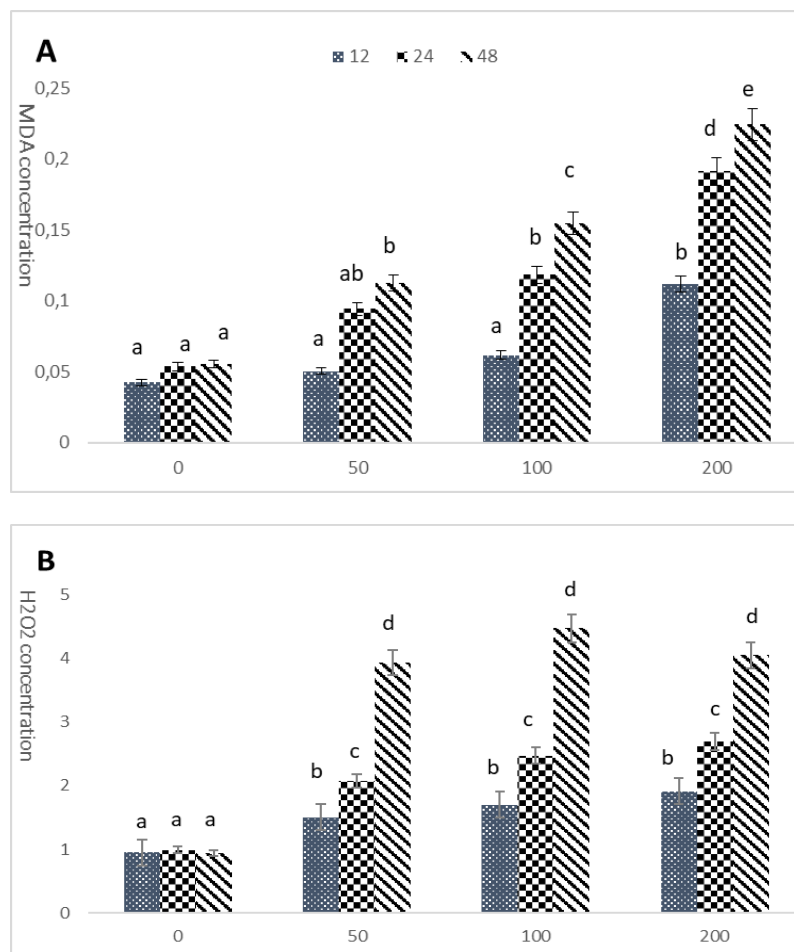
When Cd concentrations are considered in terms of cellular H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> accumulation, the amount of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> produced at different times within the same application concentration is statistically different. However, in terms of application times, no significant difference was determined between the concentrations. Statistically, the highest H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> accumulation was detected in 48 hours 50, 100, and 200 µm Cd application, and no statistically significant difference was found between these 3 application concentrations (Fig 1B)(p<0.05).

MT expression, which is an antioxidant system element, was highest in the application of 48 hours, 50 µM and a tendency to decrease was observed in the expression level in the following applications. No statistically significant difference was found between 48 hours of 50 µM and 12 hours of 50µM. (Fig. 2A) (p<0.05)

When the Cu-Zn/SOD expressions were examined, the highest expression level was observed at a concentration of 50µM for 12 hours, and even though the expression level was higher than the control group in the following application concentrations and periods, nothing statistically significant was found within. (Fig 2B) (p<0.05).

When the changes in APX expressions were examined, the highest expression level was observed in the application of 12 hours of 200 µM. There was then a decrease in expression level due to increased exposure time. However, the reduction concerned did not take place as evidently as that of MT and Cu/Zn SOD expression levels (Fig. 2C) P<0.05).

The highest expression level in the CAT enzyme was found in the 50µM 12 hours application. However, a significantly higher expression level was observed in other application periods and concentrations than in the control. CAT expression was maintained at all concentrations (Fig. 2D) (p<0.05), although there was a tendency to decrease in the expression level.

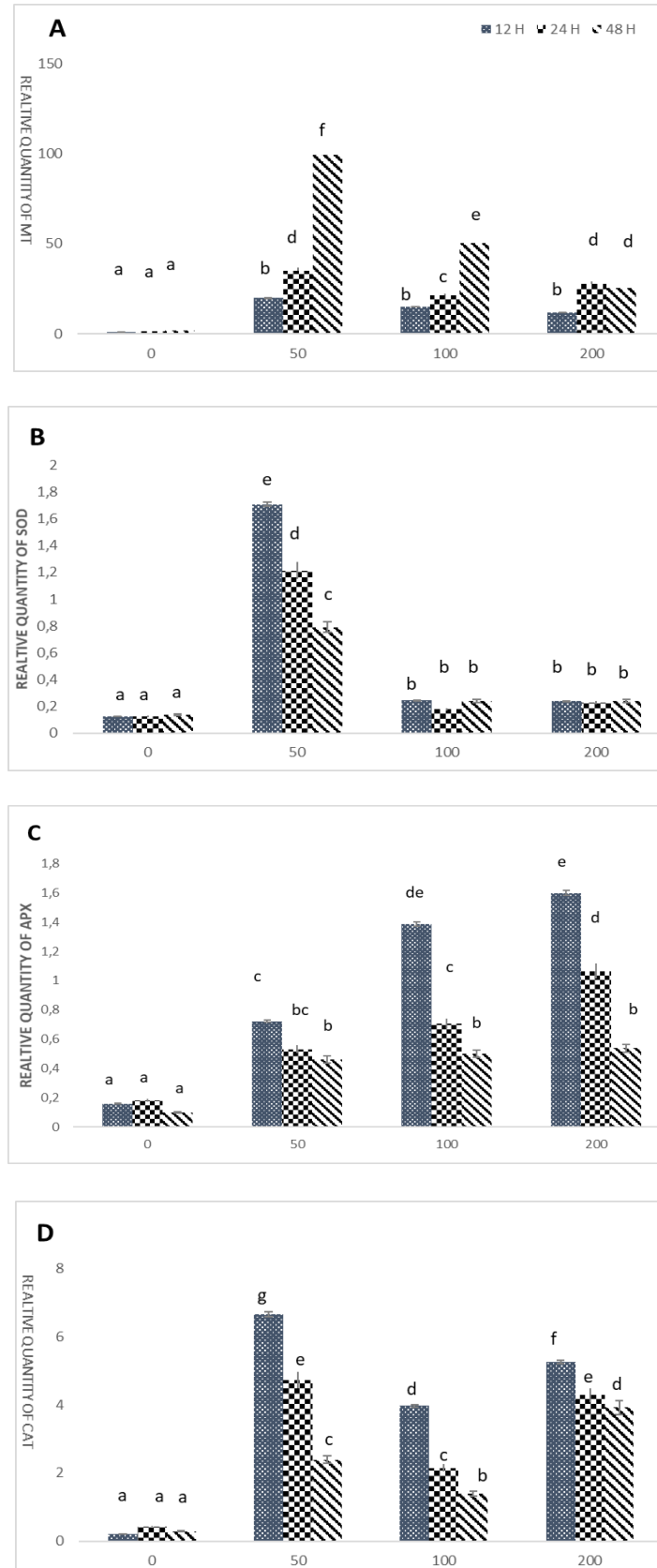


**Figure 1.** Cellular MDA (A) and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (B) concentrations. Different letters indicate differences between Cd concentrations and durations  $p < 0.05$  (ANOVA) the bars show standard deviations (SD)

Metallothionines (MTs) are the main transition metal ion binding proteins in cells (Hassinen et al., 2011). Also, it was suggested that MTs function in both metals chaperoning and ROS scavenger tasks (Wang et al., 2010). In the study of Tamas et al., where they investigated the effect of Cd on barley plant roots, it was found that as Cd concentration increases in plant roots *MT* expression level also increased (Tamás et al., 2008). Jain et al., in the study they conducted with sugar cane plants exposed to selenium (Se), found that the *MT* gene was expressed at a higher level than all concentrations. However, they found that *MT* expression level increased up to a certain Se concentration and decreased after a certain Se concentration (Jain et al., 2015). In the study conducted by Tombuloğlu et al. on the effect of boron element on the tomato plant, they found that *MT* gene expression level increased up to a certain concentration in root and shoot parts of the plant *and* but decreases after a certain concentration (Tombuloglu et al., 2012). Souguir et al. studied the mRNA accumulation of some genes related to stress as a result of Cd exposure at different duration and concentrations in broad bean (*Vicia faba*) plant. After all, after 12 hours, they found an increase in *MT* gene expression but a decrease when the period was prolonged (Souguir et al., 2013).

In this study, *MT* expression was found to be higher in all application periods and concentrations compared to the control group. However, *MT2* expression level increased up until 50 μM Cd application and then showed a tendency to decrease. The results of this study show parallelism with the results of the studies conducted with the *MT* gene.

Expression Patterns of Oxidative Stress-Related Genes of *Cucurbita pepo* and Relation to Cellular H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> under Short-Term Heavy Metal Stress



**Figure 2.** Relative expressions of MT(A), Cu/Zn SOD (A), APX (C), and CAT(D) house-keeping gene actin. Different letters indicate differences between Cd concentrations and durations p<0.05 (ANOVA) the bars show standard deviations (SD)



The enzyme *Cu-Zn/SOD* is present in the nucleus and cytoplasm of the cell and is involved in the first step of defense in protecting the cell from the harmful effects of ROS. SOD expression level increases under abiotic stress conditions as stated in previous studies. Increased SOD expression level, is considered to be proof that O<sub>2</sub><sup>-</sup> radical accumulates in the cell and that the H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> amount also increases. This situation shows that the SOD enzyme removes the excess amount of O<sub>2</sub><sup>-</sup> radicals and increases the resistance of the plant under stress (Liochev et al., 2007). In a study where Dixit et al. applied Cd on green pea plant, they found that the SOD expression level in plant leaves increased up to a certain period in all Cd applications and decreased after a certain period (Dixit et al., 2001). Dai et al. applied different concentrations of salt stress to the canola plant. As a result of the study, they found that the *SOD* expression level increased up to 200 mmol L<sup>-1</sup> concentration and that it decreased in 250 and 300 mmol L<sup>-1</sup> concentrations (Dai et al., 2009). Rossatto et al., who worked with rice plants under salt stress found that SOD expression increased compared to control up until 15 days of exposure but decreased after 20 days of exposure (Rossatto et al., 2017). In this study, which is similar to the studies in the literature, SOD expression level increased up to 50 µM Cd application and reached the highest level in 12 hours 50 µM Cd application, but as the concentration amount increased, SOD expression level decreased in all application periods. Although the expression levels detected as a result of prolonged exposure were higher than the control levels, there was no statistical difference between the expression levels. This shows that there is a gradual increase in expression with the introduction of the defense mechanism in the early times when the plant encounters stress and a decrease in expression when the plant is unable to tolerate stress.

Rout and Sahoo applied different levels of Cu stress on *Withania somnifera* plant. As a result of the study, they determined that the *CAT* expression found in the leaf tissues of the plant increased up until the 50 µM Cu application but decreased in 100 and 200 µM Cu applications (Rout et al., 2013). In their studies, Cantarello et al. found that *CAT* expression level increased in 48-hour stress application and decreased in 56 and 72-hour periods (Cantarello et al., 2005). Kar applied Cd to chickpea plant at varying duration and concentrations. As a result of the study, the researcher found that the *CAT* gene was expressed at a high level after 24 hours of application, and after 48 hours of application, there was no significant decrease in expression level compared to the decrease in other antioxidant related gene expressions and it continued to be expressed (Kar, 2018). Besides, in the study where Rossatto et al. applied salt stress to rice plants, *CAT* expression was found to be higher at all application periods compared to control and it was stated that the expression level increased as the application period was prolonged (Rossatto et al., 2017). In the study of Souguir et al., in the rice seedlings to which Cd was applied, it was found that *CAT* expression level increased depending on the increasing concentration and the prolonged period (Souguir et al., 2013). Luna et al. concluded that *CAT* regulation serves to limit excessive H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> accumulation while allowing essential signaling functions to occur (Luna et al., 2005). Contrary to these findings, in this study *CAT* expression did not depend on the elevation of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> concentration and continued to express in *C.pepo* roots.

Luo et al. exposed the perennial ryegrass plant to Cd at different times and concentrations and found that *APX* expression was regulated upwards in the first 24 hours of Cd application; however, they reported a decrease in expression levels due to prolonged concentrations (Luo et al., 2011). The induced expression of *APX* by other heavy metals has been reported in other plants. Cuyper et al. observed that Cu stress-induced *APX2* of *Arabidopsis thaliana* (Tony et al., 2010). *APX* gene transcript increased in grass pea (*Lathyrus sativus* L) treated with Pb (Brunet et al., 2009). In this study, in parallel with the

literature, APX expression showed a significant decrease in the concentration of the highest H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> accumulation.

Baxter et al. reported that while early research on ROS metabolism focused on the potential toxicity of ROS and the different ROS cleaning mechanisms, more recent studies have been focusing on the role ROS plays as signaling molecules. In the studies conducted in recent years, it was emphasized that reactive oxygen species are less harmful than expected (Del Río, 2015; Farnese et al., 2016; Gupta et al., 2016). Choudhury et al. stated that ROS affects the expression of some genes and that ROS acts as a biological signal in the regulation of stresses. They emphasized that O<sub>2</sub><sup>•-</sup> and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> considered as the primary ROS in plants serves as secondary messengers regulating various functions in the growth and development of the plant (Choudhury et al., 2017). Apel and Hirt maintained that activate signal transmission could affect gene expression in 3 different ways by (1) activating the ROS sensors, (2) oxidizing the signal path components directly by ROS and (3) by changing the activity of transcription factors of ROS (Apel et al., 2004). In the study they conducted, Gill and Tuteja maintained that since H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> is long-lived and the permeability between membranes is high, regarding the signals produced through ROS, ROS was started to be accepted as a secondary precursor. They also stated that ROS acts as a key regulator in a wide range of physiological processes (Gill et al., 2010). Laloi et al. emphasized that the increases in H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> concentration were usually based on different mechanisms and that H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> served as a signal (Laloi et al., 2004). Kar exposed chickpea plant roots to Cd and stated that antioxidant gene expressions are associated with H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. He emphasized that at a certain level H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> amount provided the expression of genes at a high level while depending upon the increasing H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> concentration, there was a significant decrease in gene expression levels (Kar, 2018).

## CONCLUSION

In this study, we concluded that there is a close relationship between elevating cellular H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> concentrations and MT, Cu/Zn-SOD, and APX expressions. CAT was not affected by the elevated concentration.

In recent years, scientists have shown that H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> is the key molecule in many vital functions in plants. They emphasized that it is necessary for biotic and abiotic stress adaptation, signal transduction network in plants, and control of developmental processes. In this study, we tried to contribute to the literature about the signaling effect of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. The findings of this study will shed light on the subsequent oxidative signaling and studies.

## ACKNOWLEDGMENTS

The Research Fund of the University of Nevsehir Haci Bektas Veli (grant number is NEUBAP YLTPF24).

## REFERENCES

- Ahmad P, 2014. Oxidative Damage to Plants: Antioxidant Networks and Signaling. Oxidative Damage to Plants: Antioxidant Networks and Signaling.
- Apel K, Hirt H, 2004. Reactive Oxygen Species: Metabolism, Oxidative Stress, and Signal Transduction. Annual Review of Plant Biology (55):373–399.
- Azarabadi S, Abdollahi H, Torabi M, Salehi Z, Nasiri J, 2017. ROS generation, oxidative burst and dynamic expression profiles of ROS-scavenging enzymes of superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and ascorbate peroxidase (APX) in response to *Erwinia amylovora* in pear (*Pyrus communis* L). European Journal of Plant Pathology (147):279–294.

- Baxter A, Mittler R, Suzuki N, 2014. ROS as key players in plant stress signalling. *Journal of Experimental Botany* (65):1229–1240.
- Boyer JS, 1982. Plant productivity and environment. *Science* (New York, N.Y.) (218):443–448.
- Brunet J, Varrault G, Zuily-Fodil Y, Repellin A, 2009. Accumulation of lead in the roots of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) plants triggers systemic variation in gene expression in the shoots. *Chemosphere* (77): 1113–1120.
- Cantarello C, Volpe V, Azzolin C, Bertera CM, 2005. Modulation of enzyme activities and expression of genes related to primary and secondary metabolism in response to UV-B stress in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Journal of Plant Interactions*.
- Choudhury FK, Rivero RM, Blumwald E, Mittler R, 2017. Reactive oxygen species, abiotic stress and stress combination. *Plant Journal* (90):856–867.
- Cuypers A, Hendrix S, Amaral dos Reis R, De Smet S, Deckers J, Gielen H, Jozefczak M, Loix C, Vercampt H, Vangronsveld J, Keunen E, 2016. Hydrogen Peroxide, Signaling in Disguise during Metal Phytotoxicity. *Frontiers in Plant Science* (7):.
- Dai Q lin, Chen C, Feng B, Liu T ting, Tian X, Gong Y ya, Sun Y kun, Wang J, Du S zhang, 2009. Effects of different NaCl concentration on the antioxidant enzymes in oilseed rape (*Brassica napus* L.) seedlings. *Plant Growth Regulation*.
- Del Río LA, 2015. ROS and RNS in plant physiology: An overview. *Journal of Experimental Botany* (66):2827–2837.
- Dempsey DA, Klessig DF, 1994. Salicylic acid, active oxygen species and systemic acquired resistance in plants. *Trends in Cell Biology*.
- Dixit V, Pandey V, Shyam R, 2001. Differential antioxidative responses to cadmium in roots and leaves of pea (*Pisum sativum* L. cv. Azad). *Journal of Experimental Botany*.
- Farnese FS, Menezes-Silva PE, Gusman GS, Oliveira JA, 2016. When Bad Guys Become Good Ones: The Key Role of Reactive Oxygen Species and Nitric Oxide in the Plant Responses to Abiotic Stress. *Frontiers in plant science* (7):471.
- Gill SS, Tuteja N, 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry* (48):909–930.
- Gupta K, Sengupta A, Chakraborty M, Gupta B, 2016. Hydrogen Peroxide and Polyamines Act as Double Edged Swords in Plant Abiotic Stress Responses. *Frontiers in plant science* (7):1343.
- Hassinen VH, Tervahauta AI, Schat H, Kärenlampi SO, 2011. Plant metallothioneins - metal chelators with ROS scavenging activity? *Plant Biology*.
- Heath RL, Packer L, 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archives of Biochemistry and Biophysics* (125):189–198.
- Hossain MA, Bhattacharjee S, Armin SM, Qian P, Xin W, Li HY, Burritt DJ, Fujita M, Tran LSP, 2015. Hydrogen peroxide priming modulates abiotic oxidative stress tolerance: insights from ROS detoxification and scavenging. *Frontiers in Plant Science* (6):1–19.
- Jain R, Verma R, Singh A, Chandra A, Solomon S, 2015. Influence of selenium on metallothionein gene expression and physiological characteristics of sugarcane plants. *Plant Growth Regulation*.
- Junglee S, Urban L, Sallanon H, Lopez-lauri F, 2014. Optimized Assay for Hydrogen Peroxide Determination in Plant Tissue Using Potassium Iodide. *American Journal of Analytical Chemistry* (5):730–736.
- Kar M, 2018. Determination of the expression level of stress-related genes in *Cicer arietinum* root cell under Cd stress and the relationship to H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> concentrations. *Ecotoxicology* (27):1087–1094.
- Karpinski S, Reynolds H, Karpinska B, Wingsle G, Creissen G, Mullineaux P, 1999. Systemic signaling and acclimation in response to excess excitation energy in *Arabidopsis*. *Science*.
- Khan MN, Mobin M, Abbas ZK, AlMutairi KA, Siddiqui ZH, 2017. Role of nanomaterials in plants under challenging environments. *Plant Physiology and Biochemistry* (110):194–209.
- Laloi C, Apel K, Danon A, 2004. Reactive oxygen signalling: The latest news. *Current Opinion in Plant Biology*.

- Liochev SI, Fridovich I, 2007. The effects of superoxide dismutase on H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> formation. *Free Radical Biology and Medicine*.
- Luna CM, Pastori GM, Driscoll S, Groten K, Bernard S, Foyer CH, 2005. Drought controls on H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> accumulation, catalase (CAT) activity and CAT gene expression in wheat. *Journal of Experimental Botany* (56):417–423.
- Luo H, Li H, Zhang X, Fu J, 2011. Antioxidant responses and gene expression in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) under cadmium stress. *Ecotoxicology* (20):770–778.
- Rossatto T, do Amaral MN, Benitez LC, Vighi IL, Braga EJB, de Magalhaes Junior AM, Maia MAC, da Silva Pinto L, 2017. Gene expression and activity of antioxidant enzymes in rice plants, cv. BRS AG, under saline stress. *Physiology and molecular biology of plants: an international journal of functional plant biology* (23):865–875.
- Rout JR, Sahoo SL, 2013. Antioxidant enzyme gene expression in response to copper stress in *Withania somnifera* L. *Plant Growth Regulation* (71):95–99.
- Souguir D, El Ferjani E, Ledoigt G, Goupil P, 2013. Transcript accumulation of stress-related genes in *Vicia faba* roots under a short exposure to cadmium. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology* (3504):1–9.
- Suzuki N, Miller G, Salazar C, Mondal HA, Shulaev E, Cortes DF, Shuman JL, Luo X, Shah J, Schlauch K, Shulaev V, Mittler R, 2013. Temporal-Spatial Interaction between Reactive Oxygen Species and Abscisic Acid Regulates Rapid Systemic Acclimation in Plants. *The Plant Cell*.
- Tamás L, Dudíková J, Ďurčėková K, Halušková L, Huttová J, Mistrík I, Ollé M, 2008. Alterations of the gene expression, lipid peroxidation, proline and thiol content along the barley root exposed to cadmium. *Journal of Plant Physiology* (165):1193–1203.
- Tombuloglu H, Semizoglu N, Sakcali S, Kecec G, 2012. Boron induced expression of some stress-related genes in tomato. *Chemosphere* (86):433–438.
- Tony R, Suzy VS, Kelly O, Els K, Frank VB, Cuypers A, Jos R, Karen S, Jan C, Jaco V, Nathalie V, Yves G, Nele H, 2010. The cellular redox state as a modulator in cadmium and copper responses in *Arabidopsis thaliana* seedlings. *Journal of Plant Physiology* (168):309–316.
- Vanderauwera S, Hoerberichts FA, Breusegem F Van, 2009. Hydrogen Peroxide-Responsive Genes in Stress Acclimation and Cell Death. *Reactive Oxygen Species in Plant Signaling: Springer.*, pp. 149–164.
- Wang L, Yang L, Yang F, Li X, Song Y, Wang X, Hu X, 2010. Involvements of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and metallothionein in NO-mediated tomato tolerance to copper toxicity. *Journal of Plant Physiology* (167):1298–1306.
- Zimmermann P, Heinlein C, Orendi G, Zentgraf U, 2006. Senescence-specific regulation of catalases in *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. *Plant, Cell and Environment* (29):1049–1060.

**Kastamonu Aktarlarında Satılan Bazı Tıbbi Aromatik Bitkiler ve Kullanım Alanları**Seydi Ahmet KAVAKLI<sup>1\*</sup>, Şahin Gürkan YAYLACI<sup>1</sup>, Emin UĞURLU<sup>1</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada Kastamonu il merkezi, Tosya ve Taşköprü ilçelerinde satış yapan 31-58 yaşları arasında, biri kadın olmak üzere toplam yedi aktarla görüşülmüştür. Satılan bitkisel drogların yöresel isimleri, kullanım alanları, kullanılan kısımları, kullanım şekillerine ait bilgileri aktarlardan alınmıştır. Toplanan bilgiler, literatür bilgileri ile karşılaştırılarak çizelge halinde verilmiştir. Araştırma sonucunda aktarlarda satılan otuz üç familyaya ait cins ve tür düzeyinde altmış altı takson belirlenmiştir. En çok taksona sahip familya sekiz takson (%22) ile *Rosaceae* familyasıdır, onu sırasıyla altı takson (%17) ile *Lamiaceae*, beşer takson (%14) ile *Apiaceae*, *Asteraceae* ve *Fabaceae* familyaları takip etmektedir. Aktarlardan elde edilen bilgiye göre yirmi dört takson (%31) ile en çok kullanılan drog kısmı yapraklardır. Bunu sırasıyla yirmi takson (%26) ile meyve, on iki takson (%15) ile çiçek, yedi takson (%9) ile kök, dörder takson (%5) ile tohum, kabuk ve sap, iki takson (%3) ile yapraklı ve çiçekli dallar ve bir takson (%1) ile reçine takip etmektedir. Taksonların kullanım şekillerinin başında otuz dokuz takson (%50) ile demleme (infüzyon) yöntemi gelmektedir, onu sırasıyla on altı takson (%21) çığ tüketim, on iki takson (%15) kaynatma (dekoksasyon), dokuz takson (%12) toz ve birer takson (%1) ise eritme ve yakma yöntemleri ile tüketim takip etmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Kastamonu, aktar, tıbbi-aromatik bitki, drog.

**Some Medicinal Aromatic Plants Sold by Kastamonu Herbalists and Usage Areas**

**ABSTRACT:** In this study, a total of seven herbalist, one female, between 31-58 years old, who were selling in Kastamonu city center, Tosya and Taşköprü districts, were interviewed. The information about the local names, usege areas, parts of use, and types of herbal drugs sold were taken from the herbalists. The collected data are presented in a chart by comparing it with the literature. According to the result, sixty-six taxa belonging to thirty-three families, which are sold in herbalists, were determined. The family with the most taxa is *Rosaceae* family with eight taxa (22%), followed by *Lamiaceae* with six taxa (17%), *Apiaceae*, *Asteraceae* and *Fabaceae* families with five taxa (14%) respectively. According to the information obtained from the herbalists, twenty-four taxa (31%) and the most used drog part are the leaves. This is followed by fruit with twenty taxa (%26), flower with twelve taxa (15%), root with seven taxa (9%), seed, bark and stem with four taxa (5%), leafy and flowering branches with two taxa (3%) and rosin with one taxon (1%) respectively. Infusion method with thirty-nine taxa (50%) is at the top of the usage of taxa, sixteen taxa (21%) raw consumption, twelve taxa (15%) decoction (decoction), nine taxa (12%) powder and one taxa (1%) are followed by melting and burning methods respectively.

**Keywords:** Kastamonu, herbalist, medicinal-aromatic plant, drog.

<sup>1</sup> Seydi Ahmet KAVAKLI (Orcid ID: 0000-0002-4215-920X), Şahin Gürkan YAYLACI (Orcid ID: 0000-0001-6451-6098), Emin UĞURLU (Orcid ID: 0000-0003-0824-1426), Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Seydi Ahmet KAVAKLI, e-mail: seydiaahmet.kavakli@btu.edu.tr

Bu çalışma Şahin Gürkan YAYLACI'nın Lisans tezinden üretilmiştir.

Geliş tarihi / Received: 17-05-2020  
Kabul tarihi / Accepted: 14-07-2020



## GİRİŞ

Bitkilerin tıbbi amaçlarla kullanımları Mezopotamya uygarlığından başlayarak, tüm uygarlıklar boyunca artarak günümüze kadar gelmiştir (Baytop, 1984; Elmacı, 2000; Sabuncuoğlu, 2003; Sarışen ve Çalışkan, 2005). Yaşamın başlaması ile birlikte bitkileri doğal haliyle tüketen insanlığın kendini geliştirme isteği kimya biliminin de gelişmesiyle doğal olarak tüketilen bitkiler daha çok kimyasal ürünler halinde tüketilmeye başlamıştır (Demlikoğlu, 2015; Aslan, 2019). Ancak kimyasal ürünlerin kullanımının zamanla olumsuz etkiler oluşturduğunun farkına varılması, insanları ürünleri doğal tüketme eğilimine yöneltmiştir. Bu eğilimin sonucu olarak bilim insanları, bitkilerin kullanım alanlarını belirlemeye yönelik araştırmalar yapmıştır ve halen yapılmaya devam etmektedir.

Ülkemiz coğrafi konumu, farklı iklim tiplerinin hâkim olması ve jeomorfolojik yapısı sayesinde zengin bir floraya sahiptir (Davis, 1985). Yapılan son araştırmalarda ülkemiz floristik zenginliğinin tür ve tür altı takson düzeyinde 12000 civarında olduğu ortaya koyulmuştur (Güner ve ark., 2000). Yapılmakta olan çalışmalar ile de floristik zenginliğimize her geçen gün yeni taksonlar eklenmektedir (Yıldırım ve Şenol, 2014; Acar ve ark., 2019; Kayıran ve ark., 2019; Hamzaoğlu ve Koç, 2020). Floristik zenginliğin yanı sıra ülkemizin sahip olduğu taksonların endemizm oranı yaklaşık %34 (3649)'dür (Özhatay ve ark., 2009; Atik ve ark., 2010; Güner ve ark., 2012).

Yaklaşık 12000 taksona sahip olmamıza rağmen, hastalıkların tedavisinde 500 civarında taksonun kullanıldığı bilinmektedir (Baytop, 1984; Polat ve ark., 2012). Ancak bilim insanları ve araştırmacıların yaptıkları çalışmalar bu sayının artmasına ve sahip olduğumuz bitkilerin kullanım alanları hakkındaki bilgilerin geliştirilmesine olanak sağlamaktadır (Asil ve Soner, 1988; Altan ve ark., 1999; Ertuğ, 2000; Şenol ve ark., 2005; Uğurlu ve Seçmen, 2008; Alpınar, 2010; Ersöz, 2010; Polat ve ark., 2012; Şahin Yiğit, 2014; Akan ve Bakır Sade, 2015; Güler ve ark., 2015a; Güler ve ark., 2015b; Yaşar ve ark., 2019).

Bitkilerin kullanım alanlarını belirlemek için aktarlar ile yapılan araştırmalara bakıldığında, bu çalışmaların çok fazla olmadığı ancak gün geçtikçe arttığı görülmektedir (Malyer ve ark., 2004; Yılmaz ve Güvenç, 2007; Çömlekçioğlu ve Karaman, 2008; Hürkul ve ark., 2010; Şaşkara ve ark., 2010; Tulukcu ve Sağdıç, 2011; Polat ve ark., 2011; Sargın ve ark., 2013; Korkmaz ve Karakurt, 2014; Altay ve ark., 2015; Kökçü ve ark., 2015; Güner ve Selvi, 2016; Akbulut ve Özkan, 2016; Karaca Öner ve ark., 2017; Özhatay ve Deniz, 2017; Kurt ve Karaoğlu, 2018; Çelik ve ark., 2019; Kayıran ve Kırıcı, 2019; Aslan, 2019).

Kırsal kesimde yaşayan insanların bitkileri doğal olarak elde etme imkânı vardır. Şehirde yaşayan çoğu insanın bu imkânı olmamasına karşın bu bitkileri birçok yerden temin edebilirler. Aktarlar ise bitkilerin temin edildiği yerlerin başında gelmektedir. Aktarlar özellikle tıbbi-aromatik bitkilere yoğunlaşmasının yanı sıra geçmişten günümüze Türk adet, gelenek ve göreneklerinde önemli bir yere sahip olması ile diğer satış alanlarından farklılaşmaktadır. Bu farklılaşma ile aktarlar, günümüzde de insanların tıbbi-aromatik bitkileri temin etmesinde ve kullanmasında büyük öneme sahiptirler (Altan, 2008). Yapılan araştırma sonucunda Kastamonu il merkezi ile Tosya ve Taşköprü ilçelerinde böyle bir araştırmaya rastlanılmamıştır ve araştırma sahası olarak seçilmiştir. Bu araştırma ile Kastamonu il, Tosya ve Taşköprü ilçe aktarlarında satılan ve halk tarafından kullanılan tıbbi-aromatik bitkilerin kullanım yöntemlerinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Bu araştırma 2019 yılında Kastamonu il merkezi, Tosya ve Taşköprü ilçelerinde rastgele örnekleme yöntemi ile seçilmiş yedi aktar ile görüşülerek yapılmıştır. Yapılan görüşmelerde yapılandırılmış görüşme tekniği uygulanmıştır. Araştırmanın materyalini Kastamonu aktarlarında

satılan ve yerel halk tarafından tıbbi-aromatik amaçlarla kullanılan bitkiler oluşturmaktadır. Satılan bitkileri, bu bitkilerin yöresel isimlerini, kullanılan kısımlarını, temin yerlerini, kullanım şekillerini ve kullanım alanlarını belirlemek için yedi aktar ile görüşülmüştür. Çalışmanın yürütüldüğü aktarları gösteren görsel Şekil 1’de verilmiştir. Bu bilgilerin yanı sıra aktarların yaş, cinsiyet, eğitim durumu, bitkiler konusunda eğitimi, ürün taleplerinin mevsimsel değişimi, müşterilerin yaş aralığı ve ürün temininin nereden yapıldığı bilgileri de aktarlar ile görüşülerek elde edilmiştir. Araştırmanın birçok aşamasında Türkiye Florası (Flora of Turkey and the East Aegean Islands) (Davis, 1965-1985; Davis ve ark., 1988; Güner ve ark., 2000) adlı eserden faydalanılmıştır. Bitkilerin kullanım alanları, kullanılan kısımları ve kullanım şekillerinin karşılaştırılmasında bilimsel kaynaklardan (Baytop, 1984; Çömlekçioğlu ve Karaman, 2008; Korkmaz ve Karakurt, 2014; Kökçü ve ark., 2015) faydalanılmıştır.



Şekil 1. Araştırma alanları, Kastamonu

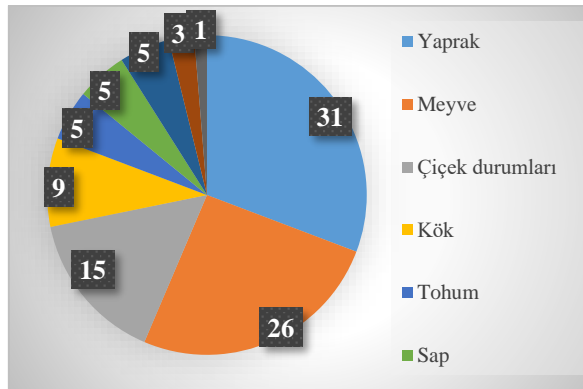
## BULGULAR ve TARTIŞMA

Araştırma sonucunda yedi aktarda bulunan, otuz üç familyaya ait altmış altı cins ve tür kategorisinde taksonun yöresel isimleri, kullanım alanları, kullanım şekilleri, kullanılan kısımları tespit edilmiştir. Belirlenen Taksonların ait oldukları familyaların ilk sırasında sekiz takson (%22) ile *Rosaceae* familyası yer almaktadır. Onu sırasıyla altı takson (%17) ile *Lamiaceae*, beşer takson (%14) ile *Apiaceae*, *Asteraceae* ve *Fabaceae* familyaları takip etmektedir. En çok taksona sahip ilk beş familya; Korkmaz ve Karakurt (2014)’un çalışmasıyla karşılaştırıldığında beş familyanın dördü aynıdır, *Poaceae* ile *Fabaceae* familyaları farklılık göstermektedir. Kurt ve Karaoğlu (2018)’un Bartın aktarlarında yaptığı araştırma ile karşılaştırıldığında en çok taksona sahip familyalar bire bir aynıdır. Sarı ve ark. (2010)’nın Ege ve Güney Marmara bölgelerinde yapmış oldukları çalışma ile karşılaştırıldığında en çok taksona sahip familyalar büyük oranda benzerlik göstermektedir, yalnızca *Leguminosae* ve *Fabaceae* familyaları farklılık göstermektedir. Malyer ve ark. (2004)’nın Tekirdağ ve çevresi aktarlarında yaptığı araştırma ile karşılaştırma yapıldığında *Lamiaceae*, *Asteraceae*, *Rosaceae* ve *Fabaceae* familyalarında benzerlik olmasına karşın *Malvaceae*, *Zingiberaceae* ve *Brassicaceae* familyalarında farklılık olduğu görülmektedir. Çömlekçioğlu ve Karaman (2008), Kökçü ve ark. (2015)’nin çalışmaları ile karşılaştırıldığında en çok taksona sahip beş familya aynıdır.

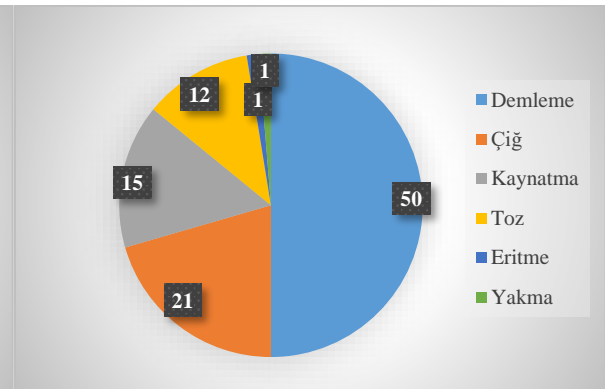
Yirmi dört taksonun (%31) yaprak, yirmi taksonun (%26) meyve, on iki taksonun (%15) çiçekleri, yedi taksonun (%9) kök, dörder taksonun (%5) tohum, kabuk ve sap, iki taksonun (%3) yapraklı ve çiçekli dalları ve bir taksonun da (%1) reçine kısımları kullanılmaktadır (Şekil 2). Kullanılan kısımlara ve bu kısımların sıralamasına bakıldığında Korkmaz ve Karakurt (2014) ile büyük oranda benzerlik göstermektedir. Kurt ve Karaoğlu (2018)’un Bartın ilinde yaptığı araştırma ile karşılaştırıldığında kullanılan kısımlar benzerlik göstermesine karşın kullanım oranlarında farklılıklar vardır. Malyer ve ark. (2004)’nın Tekirdağ ve çevresinde yapmış oldukları araştırma ile karşılaştırma yapıldığında yaprak, meyve, tohum, çiçek, çiçekli ve yapraklı dallar, kök kısımlarında benzerlik göstermektedir ancak toprak üstü kısımlar, reçine ve bitki odunu kullanım kısımlarının farklılık gösterdiği görülmüştür.

Çömlekçioğlu ve Karaman (2008)'in Kahramanmaraş şehir merkezinde yapmış oldukları araştırma ile karşılaştırma yapıldığında çiçek, tohum, meyve, kök, yaprak, gövde veya yaprak, çiçek yada yaprak kullanım alanları benzerlik göstermektedir ancak kullanılan kısımların, kullanım oranlarında büyük farklılıklar görülmüştür. Bunun yanı sıra reçine, kabuk, sap gibi kullanım kısımlarında farklılıklar olduğu görülmektedir. Sarıkaya (2018)'in Kütahya aktarlarında yaptığı çalışma ile karşılaştırıldığında yaprak, çiçek, meyve, kabuk, kök, tohum ve sap kullanım kısımları benzerlik göstermektedir ancak kullanım oranlarında değişiklik görülmektedir. Kullanım kısımlarının çoğu benzerlik göstermesine rağmen araştırmamızda bulunan yapraklı ve çiçekli dallar ve reçine Sarıkaya (2018)'nin araştırmasında bulunmamaktadır. Sarıkaya (2018)'in araştırmasında bulunan püskül ve tomurcuk kullanım kısımları yaptığımız araştırmada bulunmamaktadır. Türkiye'de Bitkiler ile Tedavi (Geçmişte ve Bugün) (Baytop, 1984) adlı eser ile kıyaslama yapıldığında kullanılan kısımlarının tamamına yakınının benzerlik gösterdiği görülmektedir.

Otuz dokuz takson (%50) demleme (infüzyon), on altı takson (%21) çığ, on iki takson (%15) kaynatma (dekoksion), dokuz takson (%12) toz ve birer takson (%1) eritme ve yakma yöntemleri ile kullanılmaktadır (Şekil 3). Kullanım şekilleri Korkmaz ve Karakurt (2014) ile karşılaştırıldığında; her iki çalışmada da infüzyon en yüksek sayıya sahiptir ancak diğer kullanım şekilleri farklılık göstermektedir. Çömlekçioğlu ve Karaman (2008)'in Kahramanmaraş il merkezinde yaptıkları araştırma ile karşılaştırıldığında infüzyon ve dekoksion yöntemlerinin kullanımlarında farklılık olduğu görülmüştür, diğer kullanım yöntemleri benzerlik göstermektedir. Kurt ve Karaoğul (2018)'un Bartın aktarlarında satılan tıbbi-aromatik bitkileri konu alan araştırması ile karşılaştırıldığında infüzyon, dekoksion ve çığ kullanım yöntemlerinin benzerlik gösterdiği görülmektedir ancak Kurt ve Karaoğul (2018)'un araştırmasında yer alan macun, haricen ve dahilen yöntemlerine araştırmamıza rastlanmamıştır, araştırmamızda tespit edilen eritme, yakma ve toz kullanım yöntemlerine Kurt ve Karaoğul (2018)'un araştırmasında rastlanmamıştır. Baytop (1984) ile kıyaslandığında kullanım şekilleri büyük oranda benzerlik göstermektedir ancak yaptığımız araştırmada bazı bitkilerin kullanım şekillerinin daha kısıtlı olduğu görülmektedir.



Şekil 2. Taksonların kullanılan kısımları (%)



Şekil 3. Taksonların kullanım şekilleri (%)

Araştırma kapsamında 31-58 yaş aralığında altısı erkek yedi aktar ile görüşülmüştür. Aktarların tamamı ürünleri toptancıdan temin etmektedir. Müşterilerin 20-70 yaş aralığında olduğu ve gribal enfeksiyonlar nedeniyle kış aylarında daha çok ürün tüketildiği aktarlar tarafından belirtilmiştir.

Taksonlar genellikle gaz giderici, antiseptik, kilo verdirici, sindirim sistemini düzenleyici, uyku verici, sakinleştirici, ağrı kesici ve solunum sistemi rahatsızlıklarını geçirici, idrar söktürücü olarak kullanılmaktadır. Kullanım alanları Baytop (1984) ile karşılaştırma yapıldığında (Çizelge 1); gribal

enfeksiyon için kullanılan bitkilerin, enerji veren bitkilerin, ağrı kesici ve gaz söktürücü bitkilerin kullanım alanları benzerlik göstermektedir ancak diğer kullanım alanlarında farklılıklar görülmektedir.

**Çizelge 1.** Kastamonu aktarlarında satılan tıbbi-aromatik bitkilere ait bilgiler ve karşılaştırmaları

Bitki Yerel İsimleri	Bitki Latince İsimleri	Araştırmadan elde edilen bilgiler				Baytop (1984)'e göre		
		Familiya	Kullanıl an kısım	Kullanım Şekli	Kullanım Alanları	Kullanım Alanı	Kullanılan kısım	Kullanım şekli
Anason	<i>Pimpinella anisum</i> L.	Apiaceae	Meyve	Demleme	Gaz giderici-Solunum yollarına iyi gelir - Sindirim sistemini rahatlatır - Sakinleştirici	Gaz söktürücü - İştah açıcı - Süt artırıcı - Uyku verici	Meyve	İnfüzyon
Çakşır	<i>Ferula</i> sp.	Apiaceae	Kök	Demleme	Kabızlık - Zayıflatıcı	Cinsel gücü artırıcı	Kök	Toz - Bal
Kimyon	<i>Cuminum cyminum</i> L.	Apiaceae	Meyve	Öğütülerek	Sindirimi düzenler-Baharat - Solunum yollarına faydalıdır	Midevi - Gaz söktürücü - Uyarıcı - İdrar söktürücü - Terletici	Meyve	İnfüzyon - Dekoksiyon
Kişniş	<i>Coriandrum sativum</i> L.	Apiaceae	Meyve	Demleme	Baharat	İştah açıcı - Gaz söktürücü - Hazmettirici	Meyve	İnfüzyon
Rezene	<i>Foeniculum vulgare</i> Miller	Apiaceae	Meyve	Demleme	Kuvvet verir - Sindirim - Midevi - Kolesterol - Gaz giderici	Midevi - Gaz söktürücü - Süt artırıcı	Meyve	İnfüzyon
Ginseng	<i>Panax ginseng</i> C. A. Meyer	Araliaceae	Kök	Kaynatma	Enerji verir - Bağışıklık sistemini güçlendirici	Kalp kuvvetlendirir - Yorgunluk giderici	Kök	Toz
Hindistan cevizi	<i>Cocos nucifera</i> L.	Arecaceae	Meyve	Çiğ	Enerji verir - Kemik sağlığını korur	-	-	-
Hurma	<i>Phoenix dactylifera</i> L.	Arecaceae	Meyve	Çiğ	Kalp ve damar hastalıklarından korur - yorgunluğu azaltır - Vücudu temizler - Kalbe faydalı	Göğüs yumuşatıcı - Cinsel gücü artırıcı - Kuvvet verir	Meyve	Çiğ - dekoksiyon
Aspir çiçeği	<i>Carthamus tinctorius</i> L.	Asteraceae	Çiçek	Demleme	Kabızlık giderici	Boya - Ağrı giderici - Müshil ilacı	Meyve	Dekoksiyon - Sıkma
Aynısefa çiçeği	<i>Calendula officinalis</i> L.	Asteraceae	Yaprak - Sap	Demleme	Mide ve bağırsak sorunlarını giderir - Toksinleri atar	Kabız - Yara iyi edici - İdrar artırıcı	Çiçekli dal - Tohum	-
Civan perçemi	<i>Achillea millefolium</i> L.	Asteraceae	Çiçek - Sap	Demleme	Bunalm - Sindirim sistemini güçlendirir - İshal - Uykusuzluk - Adet ağrısına iyi gelir	İdrar artırıcı - İştah açıcı - Gaz söktürücü - Yara iyi edici	Çiçekli ve yapraklı dallar	İnfüzyon - Sıkma
Ekinezya	<i>Echinacea angustifolia</i> (DC.) Hell.	Asteraceae	Çiçek	Demleme	Enfeksiyonları önler - Kuvvet verir - Antiseptiktir - Migren ağrılarına önler - Bağışıklık sistemini güçlendirir	-	-	-
Papatya	<i>Matricaria chamomilla</i> L.	Asteraceae	Çiçek	Demleme	Kolesterol - uykusuzluk - Zayıflatıcı - Sakinleştirici	İdrar artırıcı - İştah açıcı - Yatıştırıcı - Gaz ve safra söktürücü	Çiçek	Toz - İnfüzyon
Sandaloz sakızı	<i>Thuja</i> sp.	Cupressaceae	Sakız	Çiğ	Zayıflatıcı	Koku verici - Ağrı kesici - Cila maddesi	Rezina	-

Çizelge 1. Kastamonu aktarlarında satılan tıbbi-aromatik bitkilere ait bilgiler ve karşılaştırmaları (Devamı)

İğde	<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	<i>Elaeagnaceae</i>	Meyve - Yaprak	Çiğ - Kaynatarak	Öksürük – Nefes kokusu - Sindirim sistemini düzenler - Pekmez - Vitamin	İdrar verici - Ateş düşürücü	Çiçek - Yaprakları	İnfüzyon
Funda	<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull	<i>Ericaceae</i>	Çiçekli ve yapraklı dallar	Demleme	Metabolizmayı hızlandırır - Zayıflamaya yardımcı	İdrar yolları dezenfektanı - İdrar söktürücü – Kabızlık	Çiçekli ve yapraklı dallar	İnfüzyon
Yaban mersini	<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	<i>Ericaceae</i>	Yaprak - Meyve	Demleme	İshal giderir - Kan şekerini düşürücüdür	Kabız – Antiseptik – Kuvvet verici – Şeker hastalığı	Yaprak - Meyve	İnfüzyon - Çiğ
Açlık Otu	<i>Folliculi sennae</i> Lat.	<i>Fabaceae</i>	Yaprak	Demleme	Yağları eritir	-	-	-
Keçiboynuzu	<i>Ceratonia siliqua</i> L.	<i>Fabaceae</i>	Meyve	Çiğ - Kaynatarak	Midevi – Kolesterol ve kansızlığa iyi gelir - E vitamindir - Balgam söker - Enerji kaynağıdır - Gribe iyi gelir - Cinsel isteği artırır - Sinir sistemini korur – Sindirime yardımcı	İdrar artırıcı - Müshil - Çocuklarda ishale karşı etkili	Meyve	Dekoksiyon - Çiğ
Kitre	<i>Astragalus</i> sp.	<i>Fabaceae</i>	Kabuk	Eriterek	Ebru sanatı için kullanılır - Balgam söktürücüdür- Vücuda kuvvet verir	Boğaz hastalıkları ve iltihapta etkili	Zamk	Emilerek
Meyan kökü	<i>Glycyrrhiza glabra</i> L.	<i>Fabaceae</i>	Kök	Demleme	Bağıışıklığı güçlendirir - Antiseptiktir - Kas ve eklem ağrılarını hafifletir - Öksürüğe iyi gelir - Böbrek hastalıklarına iyi gelir - Strese faydalıdır - Kilo veririr	Göğüs yumuşatıcı - Balgam söktürücü - İdrar artırıcı - tat düzeltici	Kök	İnfüzyon - Dekoksiyon
Sinameki	<i>Cassia</i> sp.	<i>Fabaceae</i>	Yaprak	Demleme	Gaz - Uykusuzluk - Sindirim sorunları - Kabızlık - Zayıflatıcı	Müşhil özelliği vardır	Yaprak	İnfüzyon
Buhur	<i>Styrax</i> sp.	<i>Hamamelidaceae</i>	Kabuk	Yakma	Güzel koku verir	Antiseptik – yara iyi edici – Antiparaziter – Balgam söktürücü – Bel soğukluğu için – Koku verici	Balsam	Hap - Merhem
Sarı kantaron çiçeği	<i>Hypericum perforatum</i> L.	<i>Hypericaceae</i>	Çiçek	Demleme	Hazmı kolaylaştırır - İştah açar	Hazmı kolaylaştırıcı - İştah açıcı	Çiçekli dalları	Toz - İnfüzyon
Ceviz	<i>Juglans regia</i> L.	<i>Juglandaceae</i>	Meyve	Çiğ	Doğal antibiyotiktir - Bağıışıklık sistemini güçlendirir - Kalp sağlığına iyi gelir - Beyni çalıştırır	İştah açıcı - Kabız giderici - Kan şekeri düşürücü - Kuvvet verici - Boyar madde - Deri hastalıklarında kullanılır	Yaprak - Meyve	Çiğ - İnfüzyon - Dekoksiyon



Çizelge 1. Kastamonu aktarlarında satılan tıbbi-aromatik bitkilere ait bilgiler ve karşılaştırmaları (Devamı)

Adaçayı	<i>Salvia officinalis</i> L.	<i>Lamiaceae</i>	Yaprak	Demleme	Sakinleştirici - Hafızayı güçlendirir - Bağışıklığı güçlendirir - Antiseptiktir - Strese iyi gelir - Sindirim sistemini korur - Boğaz ağrısını alır - Kadın hastalıklarına iyi gelir - Zayıflatır - Karaciğeri temizler	Gaz söktürücü - Grip, Nezle gibi hastalıklarda antiseptik - Kuvvet verici - Uyarıcı	Yaprak	İnfüzyon
Biberiye	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	<i>Lamiaceae</i>	Yaprak	Demleme	Astıma karşı kullanılabilir - Yemeklere tat verir - Soğuk algınlığına iyi gelir - Sindirim sistemine yardımcı olur - Bağışıklık sistemini güçlendirir - Alerji ve enfeksiyonlara karşı etkilidir - Kilo vermeyi sağlar	Kabızlık giderici - Hazım sistemi uyarıcısı - Safra arttırıcı - İdrar söktürücü - yara tedavisinde kullanılır	Yaprak	İnfüzyon
Kekik	<i>Thymus</i> sp.	<i>Lamiaceae</i>	Yapraklı ve çiçekli dallar	Demleme - Öğütülerek	Bronşite iyi gelir - Baharat olarak kullanılır - Solunum yollarını açar	Midevi - Yatıştırıcı - Antiseptik - Kurt düşürücü - Baharat	Yaprak - Çiçek	Toz - İnfüzyon
Melisa otu	<i>Melissa</i> sp.	<i>Lamiaceae</i>	Yaprak	Demleme	Öksürük, astım, bronşite iyi gelir - Vücudu rahatlatır - Böbrek hastalıklarını önler	Yatıştırıcı - Midevi - Gaz söktürücü - Terletici - Antiseptik	Yaprak	İnfüzyon
Nane	<i>Mentha piperita</i> L.	<i>Lamiaceae</i>	Yaprak	Demleme - Öğütülerek	Astım ve bronşite karşı etkilidir - Antiseptiktir - Baharat - Ferahlatıcıdır - Solunum yollarını açar	Sinirsel kökenli mide bulantısını önler - Gaz söktürücü - Koku verici	Yaprak	İnfüzyon
Reyhan	<i>Ocimum</i> sp.	<i>Lamiaceae</i>	Yaprak	Demleme	İdrar söktürücü - Uykusuzluk, stres, öksürüğe iyi gelir - Kötü nefesi engeller - Solunum yolu hastalıklarına karşı - Bağışıklık sistemini güçlendirir - Kanserden korur - Ateş düşürücüdür	Yatıştırıcı - Midevi - İdrar arttırıcı - Gaz söktürücü - Baharat	Yapraklı ve çiçekli dallar	İnfüzyon
Defne	<i>Laurus nobilis</i> L.	<i>Lauraceae</i>	Yaprak	Demleme	Soğuk algınlığına iyi gelir - Uykusuzluk için kullanılır - Ağrı kesicidir	Terletici - Antiseptik - Midevi - Baharat	Yaprak	İnfüzyon
Tarçın	<i>Cinnamomum cassia</i> Nees	<i>Lauraceae</i>	Kabuk	Kaynatma - Toz	Zayıflatıcı - Tat verir - Adet düzenleyici - Kan şekerini dengeler - Sakinleştirir - Gribe iyi gelir	Kabızlık giderici - Gaz söktürücü - Antiseptik - Baharat - Koku verici	Kabuk	Toz - İnfüzyon
Sarımsak	<i>Allium sativum</i> L.	<i>Liliaceae</i>	Kök	Çiğ - Kaynatma	Bağışıklık sistemini güçlendirir - Yiyecek - Şeker hastalığına karşı - Vücut direncini artırır - Nezle, Gribe iyi gelir - Damar tıkanıklığını önler - İştah açar - Sakinleştirir - Kalp sağlığını korur	Antiseptik - İdrar arttırıcı - Solucan düşürücü - İştah açıcı - Tansiyon düşürücü olarak kullanılır	Soğan	Çiğ - Lapa - Macun

Çizelge 1. Kastamonu aktarlarında satılan tıbbi-aromatik bitkilere ait bilgiler ve karşılaştırmaları (Devamı)

Keten tohumu	<i>Linum usitatissimum</i> L.	<i>Linaceae</i>	Tohum	Toz	Metabolizmayı güçlendirir - Kadın hormonlarını dengeler - Sindirim sistemine faydalıdır - Kalp sağlığını korur - Yüksek kolesterol dengeler - Bağışıklık sistemini güçlendirir	Yumuşatıcı - Ağrı azaltıcı - Müshil olarak kullanılır - Sindirim sistemi iltihap ve tahrişleri için koruyucu	Tohum	Lapa - Çiğ - İnfüzyon
Ebe gümece	<i>Malva sylvestris</i> L.	<i>Malvaceae</i>	Yaprak - Çiçek - Sap	Demleme	Göğüs yumuşatır - Balgam söktürür - Zayıflatır - Ateş düşürücüdür - C vitamini zengindir - Uykusuzluğa iyi gelir - Antiseptiktir - Sindirimi kolaylaştırır - Bağırsakları rahatlatır	Yumuşatıcı ve koruyucu - Solunum ve sindirim sistemi tahriş ve iltihaplarında koruyucudur - Cilt yara ve ağrısı giderici - Çocuk düşürücü	Çiçek - Yaprak	Lapa - Çiğ - İnfüzyon - Dekoksasyon
Hatmi çiçeği	<i>Althea officinalis</i> L.	<i>Malvaceae</i>	Çiçek	Demleme	Enfeksiyonlarla savaşır - Sindirime yardımcı olur	Göğüs yumuşatıcı - Tahriş giderici	Çiçek	İnfüzyon
Hibiskus	<i>Hibiscus</i> sp.	<i>Malvaceae</i>	Yaprak	Demleme	Soğuk algınlığına iyi gelir - Kilo vermeye yardımcı olur - Kolesterol düşürür - Bağışıklık sistemini güçlendirir	Kabız - Safra artırıcı - Kuvvet ve koku verici	Çiçek	Reçel - Şurup
İncir	<i>Ficus carica</i> L.	<i>Moraceae</i>	Meyve	Çiğ	C Vitamini - Kalp sağlığını korur - Vücudu temizler	Müşhil - Siğillere ve çibanelara karşı etkili	Meyve - Süt	İnfüzyon - Şurup - Dekoksasyon - Çiğ
Muskat cevizi	<i>Myristica</i> sp.	<i>Myristicaceae</i>	Meyve	Toz	Cinsel gücü artırır - Ağız kokusu giderici	Gaz söktürücü - İştah açıcı - Antiseptik - Ağrı kesici	Tohum	Toz - Hap - Dekoksasyon
Karanfil	<i>Eugenia caryophyllata</i> Thunb.	<i>Myrtaceae</i>	Çiçek goncası	Çiğ - Kaynatma	Diyet amaçlı kullanılır - Kuruyemiş olarak kullanılır -Güzel koku verir - Soğuk algınlığına iyi gelir	Uyarıcı - Antiseptik - Koku verici - Baharat - Midevi	Çiçek goncası	Toz - İnfüzyon
Zeytin	<i>Olea europea</i> L.	<i>Oleaceae</i>	Yaprak	Demleme	Yağ yakımına yardımcı olur	İştah açıcı - İdrar verici - Kabızlık giderici - Ateş düşürücü - Şeker hastalığına karşı - Yara temizleyici	Yaprak - Gövde kabuğu	İnfüzyon
Salep	<i>Orchis</i> sp.	<i>Orchidaceae</i>	Kök	Kaynatma	Kış hastalıklarından korur - Zayıflama - Vücudun enerji ve ısınımsı yükseltir - Kabızlık ve şişkinliği giderir - Cinsel gücü artırır	Cinsel gücü artırıcı - Çocuk ishalini kesici - Gıda	Yumurru	Kaynatılarak
Çam fıstığı	<i>Pinus pinea</i> L.	<i>Pineaceae</i>	Tohum	Çiğ	Halsizliğe iyi gelir - Yemekte kullanılır.	Kuvvet verici - Tat verici.	Tohum	Macun - Pişirme
Karabiber	<i>Piper nigrum</i> L.	<i>Piperaceae</i>	Meyve	Toz	Baharat	İştah açıcı - Baharat	Meyve	Toz
Nar	<i>Punica granatum</i> L.	<i>Punicaceae</i>	Çiçek	Demleme	Zayıflatır - Sindirimi ve bağışıklığı destekler - Antiseptiktir - Adet ağrılarına iyi gelir	Bağırsak şeritlerine karşı - Midevi - İdrar artırıcı	Kabuk	Toz

Çizelge 1. Kastamonu aktarlarında satılan tıbbi-aromatik bitkilere ait bilgiler ve karşılaştırmaları (Devamı)

Çörekotu	<i>Nigella sativa</i> L.	<i>Ranunculaceae</i>	Tohum	Çiğ	Kemik gelişimine katkısı vardır	Nazara karşı - İdrar arttırıcı - Süt arttırıcı - Baharat	Tohum	İnfüzyon - Tütsü
Alıç	<i>Crataegus</i> sp.	<i>Rosaceae</i>	Yaprak - Çiçek - Meyve	Demleme	Nefes kokusunu giderir - Bağışıklığı destekler - Sindirime yardımcıdır - Strese ve uykusuzluğa iyi gelir - Antioksidan ve vitamin kaynağıdır - Kilo verdirir - Enerji verir	Tansiyon düşürücü - İdrar söktürücü - Kabızlık giderici	Meyve - Çiçek	Toz - İnfüzyon
Aslanpençesi	<i>Alchemilla</i> sp.	<i>Rosaceae</i>	Yaprak	Demleme	Adeti düzenler - Uyku düzensizliğine iyi gelir - Sindirimi düzenler - Kalbi güçlendirir	Kabız - İdrar arttırıcı - Kuvvet verici	Kök - Yaprak	-
Badem	<i>Amygdalus communis</i> L.	<i>Rosaceae</i>	Meyve	Çiğ	Enerji verir	Müşhil - Yumuşatıcı - Yara iyi edicidir.	Meyve	Çiğ - Yağ
Erik	<i>Prunus domestica</i> L.	<i>Rosaceae</i>	Meyve	Kurutarak	Kan şekerini dengede tutar	Besleyici - Hafif müşhil etkilidir	Meyve	Kurutup
Gül	<i>Rosa</i> sp.	<i>Rosaceae</i>	Çiçek	Kaynatarak	Sakinleştirir - Boğaz ağrısını hafifletir - Zayıflatır - Bağışıklığı güçlendirir - Uyku vericidir	Boğaz ağrısı giderici - Kabız etkisi vardır	Çiçek	İnfüzyon - Macun
Kiraz	<i>Cerasus avium</i> (L.) Moench	<i>Rosaceae</i>	Yaprak - Meyve sapı	Demleme	Zayıflatır - Ödem attırır - Kabızlığa iyi gelir - İdrar söktürür	İdrar arttırıcı - Kabız - Kuvvet vericidir	Meyve sapı	İnfüzyon
Kuşburnu	<i>Rosa canina</i> L.	<i>Rosaceae</i>	Meyve	Demleme - Çiğ	Böbrek hastalıklarını önler - Kanserle mücadeleyi sağlar - Antiseptiktir - Kan şekerini düzenler - Kabızlığa iyi gelir - Bağışıklığı güçlendirir	Yatıştırıcı - Kabız ve kuvvet verici - Şeker hastalığına karşı	Meyve - Tohum	Ezme - İnfüzyon - Toz
Mahlep	<i>Prunus mahaleb</i> L.	<i>Rosaceae</i>	Çiçek - Yaprak	Toz	Nefes darlığına iyi gelir - Baharat olarak kullanılır - Kuvvet vericidir - Balgam söktürücüdür - Şeker hastalığı için kullanılır	Kuvvet verici - Cinsel güzü arttırıcı - Balgam söktürücü - İdrar arttırıcı - Prostat büyümesini önleyici - Şeker hastalığına karşı	Tohum	Toz - Macun
Kınakına	<i>Cinchona</i> sp.	<i>Rubiaceae</i>	Kabuk	Demleme	Kansızlığa iyi gelir	Midevi - Kuvvet verici - İştah açıcı etkileri vardır	Kabuk	Toz - Şarap
Yoğurt otu	<i>Galium aparine</i> L.	<i>Rubiaceae</i>	Yaprak	Demleme	İdrar söktürücüdür - Ağrı giderici özelliği vardır	İştah açıcı - İdrar arttırıcı	-	-
Kırmızı biber	<i>Capsicum annum</i> L.	<i>Solanaceae</i>	Meyve	Çiğ	İdrar söktürür - Vücut direncini artırır - Baharat olarak kullanılır - Grip ve soğuk algınlığına iyi gelir - Enfeksiyon gidericidir	İştah açıcı - İdrar arttırıcı - Uyarıcı - Kızartıcı - Kan topalayıcı - Romatizma ağrısını giderici	Meyve	Hap - Toz - Macun

Çizelge 1. Kastamonu aktarlarında satılan tıbbi-aromatik bitkilere ait bilgiler ve karşılaştırmaları (Devamı)

Yeşil çay	<i>Camellia sinensis</i> L.	<i>Theaceae</i>	Yaprak	Demleme	Tansiyonu dengeler	-	-	-
Ihlamur	<i>Tilia</i> spp.	<i>Tiliaceae</i>	Yaprak - Çiçek	Demleme	Antiseptiktir - Göğüs Yumuşatır - Bronşlara iyi gelir - Uykusuzluk giderir - Vücut direncini artırır - Stresi giderir - Astım ve Bronşite iyi gelir - Terlemeyi sağlar - Sindirimi rahatlatır - Toksinleri atar - Enerji verir - Ateş düşürür	İdrar arttırıcı - Terletici - Yatıştırıcı - Uyutucu - Göğüs yumuşatıcı	Yaprak - Çiçek	İnfüzyon
Isırgan	<i>Urtica</i> sp.	<i>Urticaceae</i>	Yaprak	Demleme - Kaynatarak	Yemeklere tatlandırıcıdır - Saç dökülmesini engeller - Böbrek taşlarının düşmesine yardımcı olur - Cilt sağlığını korur	Kan temizleyici - İdrar arttırıcı - İştah açıcı - Romatizma ağrısı giderici	Yaprak	İnfüzyon - Dekoksiyon
Havlican	<i>Alpinia officinarum</i> Hance	<i>Zingiberaceae</i>	Kök	Kaynatma	Göğsü yumuşatır - toksinleri atar - Astım ve Bronşit hastalıkları için - Antiseptiktir - Hazımsızlığa iyi gelir - Balgam söktürücü	-	-	-
Kakule	<i>Elettaria cardamomum</i> (Roxb.) Maton	<i>Zingiberaceae</i>	Meyve	Çiğ - Demleme	Astıma iyi gelir - Üst solunum yollarını rahatlatır - Vitamin takviyesidir - Sindirim sistemine iyi gelir - Sakinleştirir - Karaciğere iyi gelir - Antioksidandır - Ağız kokusunu giderir - Kanserden korur - Kansizliğe iyi gelir	İştah açıcı - Midevi - Gaz söktürücü - Baharat - Koku verici	Meyve	Toz - Dekoksiyon
Zencefil	<i>Zingiber officinale</i> Roscoe	<i>Zingiberaceae</i>	Kök	Kaynatarak - Demleme	Antiseptiktir - Öksürük ve ses kısıklığına iyi gelir	Yatıştırıcı - Gaz söktürücü - Baharat	Kök	Toz - İnfüzyon
Zerdeçal	<i>Curcuma longa</i> L.	<i>Zingiberaceae</i>	Kök	Kaynatarak - Toz	İltihap önler - Baş ağrısını keser - Antiseptiktir - Romatizma ağrılarını giderir - Bağışıklık sistemini güçlendirir - Kilo veririr - Kolesterolü dengeler - Beyni çalıştırır - Kanseri önler - Karaciğer hastalıklarına şifadır	Midevi - Gaz söktürücü - Safra arttırıcı - Boyar madde	Kök	Toz - Dekoksiyon
Üzerlik	<i>Peganum harmala</i> L.	<i>Zygophyllaceae</i>	Tohum	Demleme	Balgam attırır- Göğsü ferahlatır - Kanserle mücadele de takviyedir - Antiseptiktir- Alerjik hastalıklara karşı - Nefes darlığı için - Cinsel gücü artırır	Kurt düşürücü - Adet söktürücü - Uyuşturucu - Terletici - Yatıştırıcı	Tohum	İnfüzyon

## SONUÇ

Araştırma sonucunda otuz üç familyaya ait altmış altı taksonun kullanım alanları belirlenmiştir. Belirlenen taksonların ait oldukları familyaların ilk sırasında sekiz takson (%22) ile *Rosaceae* familyası gelmektedir. Onu sırasıyla altı takson (%17) ile *Lamiaceae* familyası, beşer takson (%14) ile *Apiaceae*, *Asteraceae* ve *Fabaceae* familyaları takip etmektedir. Yirmi dört taksonun (%31) yaprak, yirmi taksonun (%26) meyve, on iki taksonun (%15) çiçek, yedi taksonun (%9) kök, dört taksonun (%5) tohum, dört taksonun (%5) kabuk, dört taksonun (%5) sap, iki taksonun (%3) yapraklı ve çiçekli dal ve bir taksonun da (%1) reçine kısımları kullanılmaktadır. Taksonların kullanım şekillerinin başında 39 (%50) takson ile demleme gelmektedir, onu 16 (%21) takson ile çiğ, 12 (%15) takson ile kaynatma, 9 (%12) takson ile toz ve 1 (%1)'er takson ile eritme ve yakma yöntemleri takip etmektedir.

Tüm aktarların ürünlerini toptancılardan temin etmesi nedeniyle drogların hangi dönemde toplandıkları, hangi koşullarda depolandıkları bilgilerine ulaşılammıştır. Yapılan karşılaştırmalar (Baytop, 1984; Malyer ve ark., 2004; Çömlekçiöğlü ve Karaman, 2008; Sarı ve ark., 2010; Korkmaz ve Karakurt, 2014; Kökçü ve ark., 2015; Kurt ve Karaoğul, 2018; Sarıkaya, 2018) sonucunda drogların kullanım kısımları, kullanım yöntemleri benzer olmasına karşın kullanım alanları ve kullanım yöntemlerinin farklılıklar gösterdiği görülmüştür, bu nedenle drogları kullanacak kişilerin kullanmadan önce doktor yada konusunda uzman kişilere danışmasının büyük önem taşıdığı görülmüştür.

## KAYNAKLAR

- Acar İ, Uzun Y, Keleş A, Tekpınar AD, 2019. *Suillellus amygdalinus*, A New Species Record For Turkey From Hakkari Province. *Anatolian Journal Of Botany*, 3(1): 25-27.
- Akan H, Bakır Sade Y, 2015. Kâhta (Adıyaman) Merkezi ve Narince Köyü'nün Etnobotanik Açısından Araştırılması. *Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4(2): 219-248.
- Akbulut S, Özkan ZC, 2016. Herbalist-Customer Profile in Medicinal and Aromatic Herbs Trade: A Case Study of Kahramanmaraş, Turkey. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 16(1): 246-252.
- Alpınar K, 2010. Halk Arasında Kullanılan Tıbbi Bitkilerin Derlenmesi. *Bitkilerle Tedavi Sempozyumu*, 5-6 Haziran 2010, Zeytinburnu/İstanbul.
- Altan S, 2008. Aktarlar: Şifalı Bitkilerin Kullanımı ve Etik Sorunlar. *Türkiye Klinikleri Journal Of Medical Sciences*, 28(6): 209-212.
- Altan Y, Uğurlu E, Gücel S, 1999. Şenkaya (Erzurum) ve Çevresinin Etnobotanik Özellikleri. 1. International Symposium on Protection of Natural Environment and Ehlami Karaçam, Kütahya, September 23-25th, 1999, pp: 132-139.
- Altay V, Karahan F, Sarcan YB, İlçim A, Fen MKÜ, 2015. An Ethnobotanical Research on Wild Plants Sold in Kırıkhan District (Hatay/Turkey) Herbalists and Local Markets. *Biological Diversity and Conservation*, 8(2): 81-91.
- Arslan D, 2019. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Aktarlarda Satılan Papatya Türlerinin Tespitine Yönelik Bir Araştırma. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 28(2): 53-58.
- Asil E, Soner O, 1988. Mut-Gülner-Ermenek Yöresi Halk İlaçları Üzerine Bir İnceleme. *Türk Halk Hekimliği Sempozyumu*, 23-25 Kasım 1988, Ankara.
- Aslan R, 2019. Gelenekten Günümüze Tıbbi ve Aromatik Bitkiler. *Ayrıntı Dergisi*, 7(73): 60-66.
- Atik AD, Öztekin M, Erkoç F, 2010. Biyoçeşitlilik ve Türkiye'deki Endemik Bitkilere Örnekler. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 30(1): 219-240.
- Baytop T, 1984. Türkiye'de Bitkilerle Tedavi. *İstanbul Üniversitesi Yayınları No: 3255*, Ankara-Türkiye.
- Çelik T, Şentürk M, Aslantürk ÖS, 2019. Aydın İl Merkezinde Faaliyet Gösteren Aktarların Kişisel ve Mesleki Özelliklerinin Belirlenmesi. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9(2): 126-135.
- Çömlekçiöğlü N, Karaman Ş, 2008. Kahramanmaraş Şehir Merkezindeki Aktarlarda Bulunan Tıbbi Bitkiler. *Kahramanmaraş Sütçü İmam University Journal of Science and Engineering*, 11(1): 23-32.
- Davis PH, 1965-1985. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands Volume 1-9*. Edinburgh University Press, Edinburgh- United Kingdom.
- Davis PH, Mill RR, Tan, 1988. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands Volume 10 (1)*. Edinburgh University Press, Edinburgh- United Kingdom.
- Demlikoğlu U, 2015. 18. Yüzyılın İlk Yarısında Osmanlı Devleti'nin Şark Hududundaki Kalelere Gönderdiği Doğal ve Kimyasal İlaçlar. *International Periodical For the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 10(1): 297-310.
- Elmacı I, 2000. Color Illustrations and Neurosurgical Techniques of Şerefeddin Sabuncuoğlu in the 15th Century. *Neurosurgery*, 47(4): 951-955.
- Ersöz T, 2010. Bitkisel Ürünler ve Güvenilirliği. *Bitkilerle Tedavi Sempozyumu*, 5-6 Haziran 2010, Zeytinburnu/İstanbul, s. 89-93.



- Ertuğ F, 2000. An Ethnobotanical Study in Central Anatolia (Turkey), *Economic Botany*, 54(2): 155-182.
- Güler B, Kümüştekin G, Uğurlu E, 2015a. Contribution to the Traditional Uses of Medicinal Plants of Turgutlu. *Journal of Ethnopharmacology*, 176: 102-108.
- Güler B, Manav E, Uğurlu E, 2015b. Medicinal Plants Used by Traditional Healers in Bozüyük (Bilecik-Turkey). *Journal of Ethnopharmacology*, 173: 39-47.
- Güner A, Aslan S, Ekim T, Vural M, Babaç MT, 2012. Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler). Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını, İstanbul-Türkiye.
- Güner A, Özhatay N, Ekim T, Başer KHC, 2000. Flora of Turkey and the East Aegean Islands Volume 11(2). Edinburgh University Press, Edinburgh- United Kingdom.
- Güner Ö, Selvi S, 2016. Wild medicinal plants sold in Balıkesir/Turkey herbal markets and their using properties. *Biological Diversity and Conservation*, 9(2): 96-101.
- Hamzaoğlu E, Koç M, 2020. *Hedysarum turcicum* (Hedysareae, Fabaceae), A New Species From Turkey. *Phytotaxa*, 428(1): 1-6.
- Hürkul MM, İlhan M, Koroğlu A, 2010. Aktarlarda Satılan Huş Ağacı Yaprağı (Betulae Folium): Etnobotanik Veriler; Morfolojik ve Anatomik Çalışmalar. *Ankara Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 39(4):275-290.
- Karaca Öner E, Yeşil M, Güveli G, 2017. Ordu Aktarlarında Satılan Tıbbi Bitkiler. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(2): 378-383.
- Kayıran SD, Özhatay N, Kaya E, 2019. *Muscari tauricum* (Asparagaceae, Scilloideae), A New Species From Turkey. *Phytotaxa*, 399(2): 109-118.
- Kayıran SD, Kırıcı S, 2019. Adana (Türkiye) Aktarlarında Tedavi Amacıyla Satılan Bitkisel Droglar. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(2): 183-192.
- Korkmaz M, Karakurt E, 2014. Kelkit (Gümüşhane) Aktarlarında Satılan Tıbbi Bitkilerin Etnobotanik Özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 18(3): 60-80.
- Kökçü B, Esen O, Uysal İ, 2015. Medicinal Plants Sold in Çanakkale/Turkey City Center Herbalists. *Biological Diversity and Conservation*, 8(3): 80-91.
- Kurt P, Karaoğlu E, 2018. Bartın'da Aktarlarda Satılan Tıbbi Aromatik Bitkiler ve Ülkemizdeki Pazar Payları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20(1): 73-80.
- Malyer H, Aydın SÖ, Tümen G, Er S, 2004. Tekirdağ ve Çevresindeki Aktarlarda Satılan Bazı Bitkiler ve Tıbbi Kullanım Özellikleri. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7: 103-111.
- Özhatay E, Deniz G, 2017. İstanbul'un Avrupa Yakasındaki Eczane ve Aktarlarında Zayıflatıcı Amaçlı Satılan Bitkisel Droglar. *Lectio Scientific*, 1(1): 18-25.
- Özhatay N, Kültür Ş, Aslan S, 2009. Check-List of Additional Taxa to the Supplement Flora of Turkey IV. *Turkish Journal Botany*, 33: 191-226.
- Polat R, Çakılcıoğlu U, Ertuğ F, Satıl F, 2012. An Evaluation of Ethnobotanical Studies in Eastern Anatolia. *Biodicon*, 5(2): 23-40.
- Polat R, Satıl F, Çakılcıoğlu U, 2011. Medicinal Plants and Their Use Properties of Sold in Herbal Market in Bingöl (Turkey) district. *Biological Diversity and Conservation*, 4(3): 25-35.
- Polat R, Selvi S, Çakılcıoğlu U, Açar M, 2012. Bingöl Semt Pazarlarında Satılan Yabancı Bitkilerin Etnobotanik Açından İncelenmesi. *Biological Diversity and Conservation*, 5(3): 155-161.
- Sabuncuoğlu Ş, 2003. Cerrahiyyetü'l Haniyye. *Medicine*, 52(6): 1449-1454.
- Sargın SA, Selvi S, Erdoğan E, 2013. The Handling Characteristics of the Medicinal Plants Which Sold in herbalists in Alaşehir (Manisa) Region. *Biological Diversity and Conservation*, 6(3): 40-45.
- Sarı AO, Oğuz B, Bilgiç A, Tort N, Güvensen A, Şenol SG, 2010. Ege ve Güney Marmara bölgelerinde halk ilacı olarak kullanılan bitkiler. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 20(2), 1-21.
- Sarıkaya A, 2018. MEDICAL AND AROMATIC PLANTS SOLD IN KÜTAHYA HERBORISTS AND THEIR USAGE. 2. International Conference on Awareness PROCEEDINGS, Çanakkale, 13-15 December 2018 pp. 997-1001.
- Sarışen Ö, Çalışkan D, 2005. Fitoterapi: Bitkilerle Tedaviye Dikkat (!). *Sted*, 14(8): 182-187.

- Şahin Yiğit S, 2014. Gaziantep İli Aktarlarında Satılan Bitkiler ve Etnobotanik Özellikleri, Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Şaşkara C, Hürkul MM, Güvenç A, 2010. Aktarlarda Satılan *Melissa officinalis* L.(Oğulotu, Melisa) Üzerinde Morfolojik ve Anatomik Çalışmalar. Ankara Eczacılık Fakültesi Dergisi, 39 (2): 123-143.
- Şenol SG, Seçmen Ö, Uğurlu E, 2005. Some Ethnobotanical Uses in the Rural Areas of Ödemiş, Tire, Kiraz (İzmir-Turkey), Proceeding of the Fourth. International Congress of Ethnobotany, İstanbul, August 21-26 2005 pp. 605-608.
- Tulukcu E, Sağdıç O, 2011. Konya’da Aktarlarda Satılan Tıbbi Bitkiler ve Kullanılan Kısımları. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi, 27(4): 304-308.
- Uğurlu E, Seçmen Ö, 2008. Medicinal Plants Populary Used in the Villages of Yunt Mountain (Manisa-Turkey). Journal of Fitoterapia, 79: 126-131.
- Yaşar Hİ, Koyuncu O, Koyuncu FT, Kuş G, 2019. Sale of Medicinal and Aromatic Plants and Economic Dimensions in Eskişehir Herbalist. Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi, 12(2): 25-28.
- Yıldırım H, Şenol SG, 2014. *Campanula alisan-kilincii* (Campanulaceae), A New Species From Eastern Anatolia, Turkey. Turkish Journal Of Botany, 38(1): 22-30.
- Yılmaz G, Güvenç A, 2007. Ankara’da Aktarlarda “Adaçayı” Adı Altında Satılan Drogların Morfolojik ve Anatomik Olarak İncelenmesi. Ankara Eczacılık Fakültesi Dergisi, 36 (2): 87-104.

## Resilience Planning and Urbanization Experience of Bayburt

Defne DURSUN<sup>1\*</sup>, Doğan DURSUN<sup>1</sup>, Cansu GÜLLER<sup>1</sup>

**ABSTRACT:** Negative developments in the environment of the modern world such as pollution, disasters, scarcity of different sources and water resources, climate change and global effects of any local changes requires taking precautions and introduce the need for new approaches. The concept of “resilience” becomes a current issue in this process and it develops existing discussions on sustainability, management of risks and governance. Resilience is a capacity of system to cope with external unexpected risks. In the urban area, the concept means adaptation and coping capacity of urban systems against shocks and risks which may arise, disasters and emergencies. The main aim of this study is to evaluate existing urbanization practices of Bayburt in terms of the concept of resilience. In this context, consistency of existing urbanization dynamics and ecological system is questioned with resilience perspective. In the first stage, the resilience concept and its offers in the planning area are discussed. Then, framework for the analysis of Bayburt is presented. In the last part, economic, social and ecological risks are determined for the case study of Bayburt. In this stage, economic, social and ecological indicators (such as the change of employment, income and main economic activities; changing population, education and migration status, dependency ratios and welfare; changing land use characteristics in historical process) were used to define the existing situation of the city. Also, old plans of the city are analyzed. The findings show that urbanization policy and practices in Bayburt are the reasons of ecological risks. New planning approach should immediately be developed with the resilience perspective. Otherwise, the city will be faced with big risks in the near future in terms of livability.

**Keywords:** Resilient city, adaptation, planning, Bayburt

<sup>1</sup>Defne DURSUN (Orcid ID: 0000-0003-4560-744X), Doğan DURSUN (Orcid ID: 0000-0003-3791-0027), Cansu GÜLLER (Orcid ID: 0000-0001-5602-7948) Atatürk University, Faculty of Architecture and Design, Urban and Regional Planning Department, Erzurum, Turkey

\*Corresponding Author: Defne DURSUN, defnedursun@gmail.com

The article was orally presented at the "International Conference on Spatial Planning and Sustainable Development" held at Chiba University (Japan) between 30 August-1 September 2019.

## INTRODUCTION

The concept of urban resilience is defined as the surviving capacity of urban systems, societies, individuals, organizations and enterprises after sudden shocks and threats. In fact, it can be called as a protection capacity which ensures the continuity of the systems with its basic functions and structure. In general, it is known that the concept has three basic aspects as persistence, adaptability and transformability (Frantzeskaki, 2016). The concept of resilience is related to the state of being prepared for future shocks and against the vulnerability (Eraydın, 2010; Adger, 2000). In other words, the concept of resilience, which can be defined as the predictive ability, is the mitigation of the impacts of crises and shocks through planning and system change by predicting them before (Aguirre, 2006). In other words, the concept includes not only the capacity to respond or adapt, but also the preventive arrangements against these shocks (Baud and Hordijk, 2009). In the past, it was the concept of ecological studies (Folke et al., 2000; Gunderson and Holling 2001) but now it is becoming a concept and approach that can be integrated into the urban planning, design and participation processes. The fact that urbanization has become a driving force of economic development with the concentration of capital on the production of urban built environment in the last years, the importance of the resilience has increased in sustainable development. In this development process, the concept, approach and policies of resilience in the city are directed towards multiple meanings, such as controlling changes, managing, struggling, adapting, creating opportunities in order to maintain the system (Eraydın, 2010). The concept provides a new framework of flexibility, viability and sustainability which enables risks turn into opportunities against urban threats (Frantzeskaki, 2016).

The first step of the planning approach for urban resilience is the determination of the fragilities and adaptation capacities of the cities. For this reason, identification of the indicators presenting the situation of cities, determination of the existing situation and definition of the principles and opportunities are important for the resilient urban planning approach.

In the guide, which is prepared for understanding the resilience of urban systems (Urban Resilience Research Prospectus, 2007), it is stated that quality of life, governance networks, community learning ability, social capital, production-demand-consumption chain, economic activities, institutional structure, built environment and the relations made with this environment should be understood. They have big importance in this understanding processes. This versatile structure of the concept of resilience has been studied in a number of studies (Eraydın, 2010; Adger, 2000; Berkes and Folke, 1998; Folke et al., 2000; Abel et al., 2006) and it is stated that ecological, social and economic resilience are related to each other (Dursun et al., 2020). Therefore, in order to increase the resilience capacity of an urban system and region, there is a need for analysis of ecological, social and economic indicators and improved plan solutions according to these analyzes.

The economic, social and ecological changes experienced in the world under the influence of globalization process reveal the fact that there may be new developments, threats, catastrophe or shocks. The concept of resilient city or resilience in urban planning provide an important framework for the sustainability of urban systems by including being prepared for such problems, controlling changes, adapting and creating opportunities.

## MATERIALS AND METHODS

In this study, the urbanization dynamics of Bayburt city were evaluated from the perspective of ecological, economic and social resilience. At first, Bayburt's spatial development process was analyzed to evaluate ecological resilience. The spatial development process of the city dating back to the Seljuk period was examined historically and the urban development was discussed within the framework of

ecological resilience by using previous urban development plans. The urban development areas proposed for the next twenty years in the city's last plan were evaluated in the context of their impact on the existing soil structure and ecological resilience.

Secondly, Bayburt's economic structure was analyzed to measure the economic resilience of the city. The economic data of Bayburt was evaluated on the basis of the years of the crisis in order to measure the capacity of the city to resist the economic shocks. In order to understand the overall situation in the city as well as the changes, comparisons were made with TRA1 Region and Turkey. In order to reveal the change in the distribution of population and capital, basic employment indicators and per capita national income and value-added distributions were examined and their changes were evaluated according to years. LQ analysis was performed to understand the current production situation and to reveal the leading sectors in Bayburt.

Finally, the social resilience of the city was evaluated by analyzing the changes in Bayburt's population structure and social indicators. Some variables of social resilience analyzed in this process related to quality of life and changes in human capital have also effects on economic resilience. The structure of the population, age distribution, dependency ratios, migration movements, education level are the analyzes used to provide information about the social resilience of the city.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Ecological Resilience

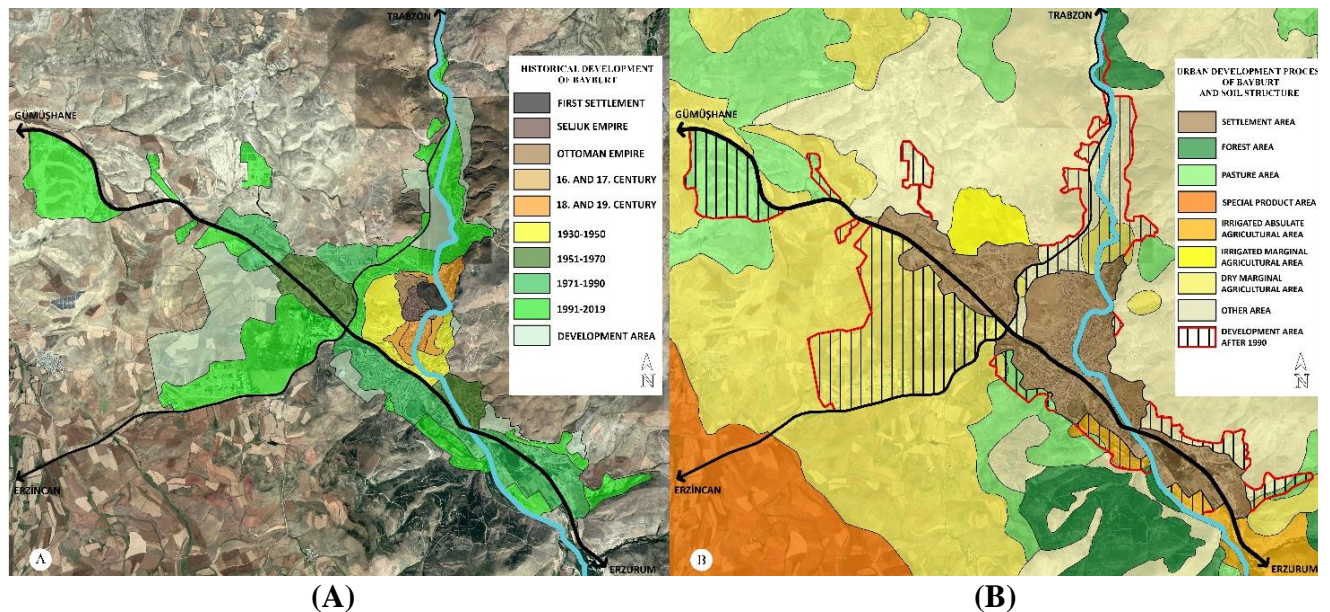
The first discussions about the concept of resilience have been put forward in the field of ecology, and the economic and social dimensions have been discussed in the following period. The ecological resilience generally includes features that should be possessed for the continuity of ecosystems in a region. Cities or regions are adapting to changing conditions while increasingly damaging to the ecosystem in the world. The natural values lost during this process or the urban ecosystems that are established without taking these values into account decrease the resilience of regions by increasing the vulnerability of the region against disasters and changes. As well as the human driven developments, natural developments (such as disasters) damage the ecosystem. Damaged ecosystem will adversely affect today's living conditions and will create threats to the future. Urban sprawl and unplanned developments are the leading indicators of ecological resistance (Eraydın et al., 2011). These two developments reduce both ecological and spatial resistance. Therefore, the capacity of the city or region to adapt to changes is also decreasing. Unplanned development and urban sprawl process in the urban macroform decreases agricultural areas and adaptation capacities of the cities.

The effects of urban development models on ecosystem is a subject that is highly debated in the literature. The dispersed city and the compact city models have different effects on the environment during the urban growth process. However, it is a compact development that is less harmful in terms of ecological resistance. When we look at the development model of Bayburt city (Figure 1.a), it is seen that it is a city followed a compact development model until the 1950s and spread in all directions in the following years. Especially in recent years, the city macroform has a fringed pattern in all directions, including north-south and east-west corridors.

Bayburt is a settlement located at 1550 meters height, on the north-south direction of the Coruh River. Settlement is generally surrounded by mountainous and rocky areas as well as Bayburt plain on the west and Çoruh River on the east side. The city center is located on the north of the Erzurum-Gümüşhane highway and extend parallel to the Çoruh River. Historical process has shown that urban growth of Bayburt can be seen on two lines as Coruh and Erzurum-Gumushane highway. Settlement area has an irregular and scattered structure due to the development trend observed as unplanned and



cadastral parcel based urban development after 1980s. In 1990s, industrial district and University campus were proposed to the west of the city and directed urban development towards the west side. Additionally, urban development towards the north and east is continuing, although the geographic features and natural thresholds limit city's development. It is clearly understood that the sprawled growth of the city through planned interventions will reduce the capacity to adapt to the future disasters and threat.



**Figure 1.** A) Historical development of the city; B) Urban Development Process of Bayburt and Soil Structure

When the urban development and macroform formation of the city is evaluated according to the soil structure after 1990 (Figure 1b), it is clear that a significant amount of agricultural land is opened up to urban development. It is seen that the proposed military area, university area and new residential development areas in the western part are on agricultural lands. Additionally, buildings were allowed on important agricultural lands in the north and south east part of the city. The opening of agricultural lands and grasslands to urban growth is negative development in terms of environmental and ecosystem sensitivity. Considering the development tendency of the city, it is understood that city will continue to develop over agricultural land in time and a situation will increasingly threaten ecological resistance in the future. The planned urban development pattern after 1990 and the suggested urban macroform had neglected ecologically sensitive areas and decreased adaptation capacity in the face of disasters and some other sudden developments.

When we examine the planned historical development of urban areas in Bayburt, we can understand that spatial and ecological risks are increasing day by day, agricultural areas and underground water resources are threatened and earthquake risk is neglected. The urban development has shown a growth that was realized in the form of sprawl and spreads after a planning period. This situation shows high ecological vulnerability and low resistance for Bayburt.

### Economic Resilience

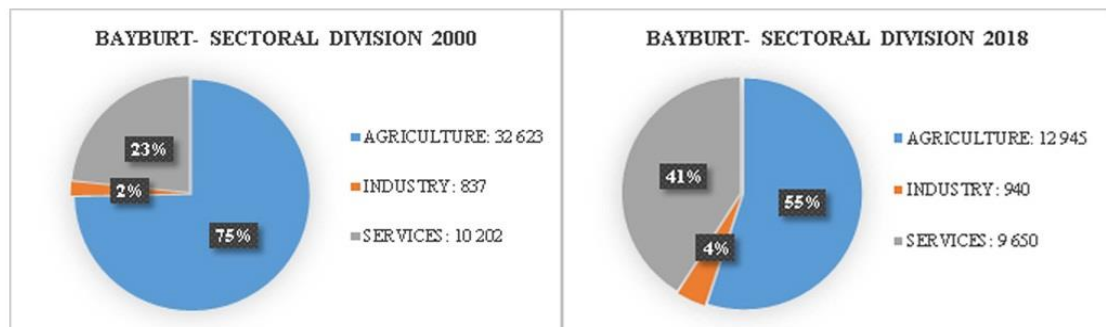
Developing the capacities of cities and regions provide them to be sensitive about and adapt changing conditions such as the changing flows, rivalry conditions, instantaneous crisis and alterations of global economy. The results given by cities to such crises and shocks varies (Eraydin et.al., 2011).

While ‘economically resilient cities’ succeed to go back to their previous development levels and even go beyond it being more successful, some other cities/regions, that are not resilient, cannot succeed to compete with any crises and sometimes cannot go back from their existing development levels. However, third type of cities continue to pursue their existing development levels after such crisis and shocks. These cities/regions which are not effected by crisis are called ‘resilient cities’. (Hill et. al., 2008).

The economic resilience of cities and regions is analysed through the investigation of the change in their economic performances after crises. Some of the major indicators used to measure the economic resilience are the change in capital and population, together with employment and quality of life. This perspective leads us to analyze the existing conditions of Bayburt through economic indicators such as its sectoral division, GDP change, financial and employment indicators, etc.

When we examine the Bayburt city from the economic resilience perspective, the economic crisis of Turkey in 2007, 2009, 2012 become important breaking points. They can help us to show economic changes of Bayburt in pre- and post-crisis period. However, there is a limitations of the data in our country. Even though the data about the years of the crisis could not be reached, the economic indicators and the current situation related to the most recent dates were examined and the economic resilience of the city was evaluated.

It is understood from the sectoral distribution (Figure 2) that there is a significant decrease in the agricultural sector and an increase in services and industrial sector. However, when we look at the total number of employment, we see a decrease. This situation is in parallel with the degradation of rural areas and the outward migration tendency remains a major problem in the region. Similar situation can be seen in Bayburt as the decline in the agricultural sector and increase in the industry and the services sector. Although the shares of industry and service sector increase, total number of the employment decreases in Bayburt.



**Figure 2.** Sectoral Division (Source: TUIK, 2019a)

In terms of financial indicators, Table 1 shows that the share of savings deposits and the amount per capita in Turkey is increasing. Although this situation seems positive against the economic fragility, Bayburt's share in the country's economy is very low. Its resilience will decrease with the economic crises.

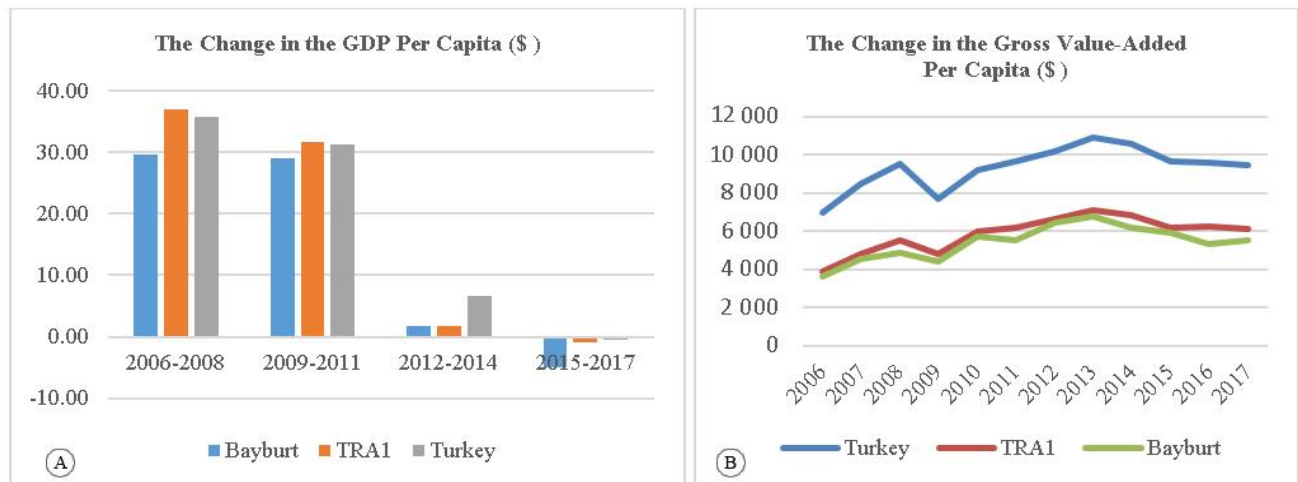
When the employment indicators of Bayburt were analyzed according to the crisis period in Turkey (Table 1), employment and labor force participation rate has decreased and the unemployment rate is seen to increase with it. Although the rate of active population increases every year in the city, the lack of a wide range of job opportunities brings about an increase in the unemployed population. The downward trend in employment and labor force participation rates may pose a threat to the Bayburt

economy in the future. Bayburt cannot cope with the crisis and cannot return to its previous success in this process. This makes Bayburt economically non-resilient city.

**Table 1.** Annual percentage change in financial and employment indicators of Bayburt

FINANCIAL	Name of the Data	Change 2011-2017	Ann.Aver. % Change 2011-2017
	Ratio of Bank Credits to that of Turkey (%)	-0.011	-5.2
	Ratio of Saving Deposits to that of Turkey (%)	0.09	0.8
	Average Saving Deposits per capita (TL)	1 175.68	29.5
	Share of Total Tax Revenues in Turkey (%)	0	0
EMPLOYMENT	Name of the Data	Change 2000-2013	Ann. Aver. % Change 2000-2013
	Unemployment Ratio (%)	1.7	2.9
	Employment Participation Rate (%)	-27.3	-2.7
	Employment Ratio (%)	-27.8	-2.8
	Ratio of Economically Active Population (15-64) (%)	14.9	1.94

(Source: TUIK, 2019a)



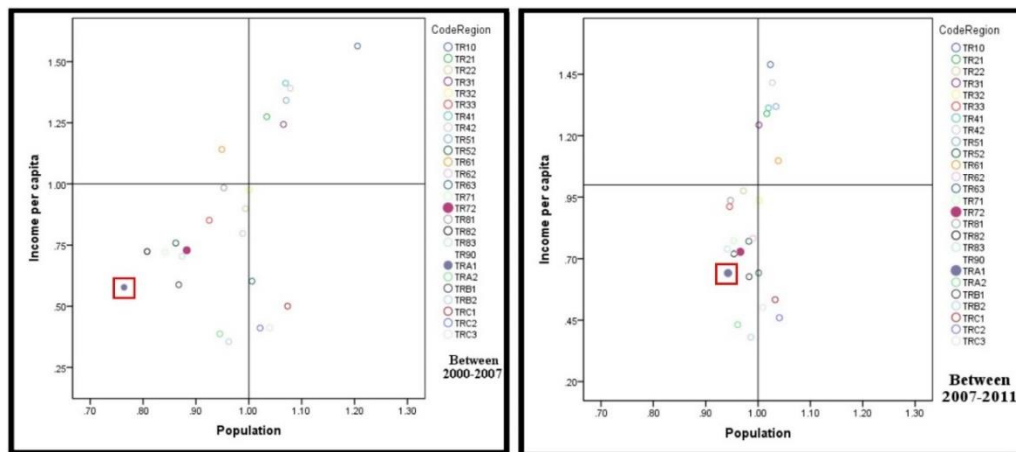
**Figure 3.** A) The Change in the GDP Per Capita; B) The Change in the General Income Status GVA Per Capita (Source: TUIK, 2019b)

Gross domestic product data (Figure 3a) is evaluated for 2007, 2009 and 2012 as the important turning points in Turkey. The per capita change of TRA1 until 2012 seems to be more positive. However, after 2012 this situation changed in the opposite direction. While the GDP per capita in the country and TRA1 region increased rapidly after 2012, Bayburt, lags behind although it has a low population. It suffers from economic shocks especially after 2012 and it has a much lower economic resilience. Nowadays, it is clear that Turkey, Bayburt and TRA1 region has experienced the loss of production and capital. This has decreased the economic resilience against future disasters and showed the fragile structure.

When the annual changes of the “gross value added per person” is analysed (Figure 3b), 2009, seems as an important breaking point for the city of Bayburt, TRA1 region and Turkey. The added-value obtained from production sector decreased significantly during the 2009 economic crisis. After this period, although the economy of country, TRA1 region and city recovered and per capita income level increased, there is still a decreasing and stable tendency in nowadays. The revenue per capita doubled for the TRA1 region and Bayburt after 2006; but they are still well below the average in Turkey.

For the analysis of spatial redistribution of population and capital for NUTS2 regions between 2000-2007 and 2007-2011 periods, the change of the shares of population and income per capita data of regions within Turkey are used. The regions at the bottom-left of the diagram are the ones that loose in

this redistribution process. Figure 4 reveals that TRA1 Region is one of those losers. However, it also puts forward that TRA1 started to gain within the redistribution of population and capital after 2007 (especially in population- it still loses its population, but slower and lesser). According to the economic variables, the change in the relative position of TRA1 after 2007 is owed to the increase in construction sector. However, as the capital accumulated through construction sector did not transferred to investments producing more value-added goods; i.e to manufacture sector which has a strong multiplier effect on economic development. So, especially in a downsizing city like Bayburt, even this relatively positive development in the redistribution of population and capital is not enough to overcome the fragility of its economy.



**Figure 4.** Re-distribution of Population and Capital in Space for NUTS2 Regions; between 2000 and 2011 (Source: Dursun, 2015)

Then, a location quotient (LQ) analysis is made for the local production facilities, in order to understand existing situation in industrial production capacity of Bayburt and the leading sub-sectors in the city. This analysis is important as it shows with which facility the city gains its production identity. Table 2 lists all the economic facilities in Bayburt of which LQ result is above 1 (15 of 99 activities according to NaceRev2 classification). According to this LQ analysis there is concentration for forestry, fisheries and non-metallic production sectors in Bayburt together with activities on service sectors. LQ analysis for Bayburt reveals that the economy of city is very fragile as the manufactural facilities which have multiplier effects on the economy are very limited in the city. It is important to increase investments and diversity in the production area. Otherwise, the tendency of the capital holders to migrate to the bigger cities (metropolitan ones) in the country may continue in the near future; which in turn increase the vulnerability of the local urban economy. Thus, it is important to increase the numbers and diversity of investments in the productive fields to provide economic resilience for Bayburt. Also, the varieties of service sector activities should be provided to increase the resilience of the city against future negative situations.

### Social Resilience

The adaptation capacity of a city/region against new situations are determined by its social structure. Social resilience is defined as the capability of societies to overcome negative situations and also transform them to positive (Maguire and Hagan, 2007). The societies having three components of social resilience; i.e. resistance, recovery/overcoming and creativity; are assessed to have very high degree of resilience. 'Resistance' defines the survival capacities of societies from events such as acute shocks, disasters and their damaging results. Recovery/overcoming component of social resilience refers



to the capability of any society to heal and turn back to the existing conditions before any crisis. The capacity of any society to learn from such unfavourable conditions and adapt to them to grow to an improved position is related to the 'creativity' of the society as a whole. These three components also affect and determines the economic resilience as they reveal an improvement not just in the social structure but also in the economy of the city/reigon.

The difficulty of measuring so many social variables quantitatively hardens the evaluation of social resilience. Thus, it is needed to analyse and discuss a list of different variables together. Demographic structure (together with the changes) of a settlement is the starting point of such an investigation; which includes education level, age and gender structure, age dependency ratios, population flows to and from the city. Additionally, variables that define the quality of life comes forward as the foremost indicators of social resilience; i.e. ratio of youngs in the population, labour force participation of women, levels of education of the ones who migrates to the city. Higher values of these indicators define higher levels of social resilience.

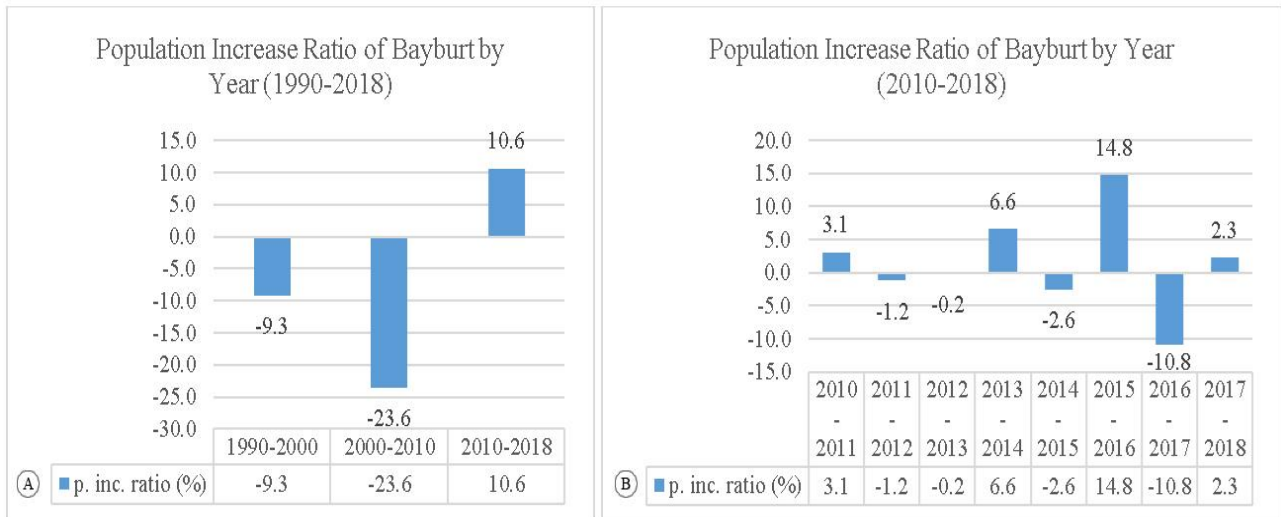
When the population change for Bayburt was examined in 1989 (Figure 5a), it is seen that the population and labor supply had shown a decreasing trend until 2010. However, after that time, serious fluctuations can be observed in the population (Figure 5b). The reason of this development is about the efforts of increasing municipal budget of Bayburt. People had changed their addresses to Bayburt although they are living in other cities. In this way, population of Bayburt seems high and budget coming from government will increase. In addition, people who want to use their votes in Bayburt during the 2015 general election had changed their addresses. It is difficult to determine the actual population of Bayburt due to the changing variables. Therefore, the fact that depending on the unknown population number and change ratios in the city, the labor supply potential cannot be calculated. Thus, the social fragility of the Bayburt increases and the continuity of this process will become a threat to the future.

**Table 2.** LQ Analysis (2017)

Branch of activities according to NACE Rev.2 Classification	Bayburt		Turkey		LQ
	Number of work place	N'of comp. insured person	Number of work place	N'of comp. insured person	
Forestry and Logging	8	703	3 362	39 705	<b>28.38</b>
Fisheries and Aquaculture	2	6	1 166	9 062	<b>1.06</b>
Manufacture of non-metallic products	22	280	14 160	228 354	<b>1.97</b>
Electricity, gas, steam and air conditioning supply	12	76	15 411	105 934	<b>1.15</b>
Constructions of Facilities Excepting Buildings	35	943	14 684	417 205	<b>3.62</b>
Accommodation	23	130	18 257	205 291	<b>1.02</b>
Food and Beverage Services	88	531	118 311	658 546	<b>1.29</b>
Veterinary Services	4	23	2 500	7 594	<b>4.85</b>
Security and investigation activities	21	276	21 364	310 499	<b>1.42</b>
Services to buildings and landscape activities	76	1 256	56 188	733 060	<b>2.75</b>
Office administrative, office support and other business support activities	15	313	50 579	419 318	<b>1.20</b>
Public administration and defence; compulsory social security	2	720	3 439	130 970	<b>8.81</b>
Education	61	475	33 985	536 294	<b>1.42</b>
Social Services	4	52	4 954	51 981	<b>1.60</b>
Sports, Leisure and Leisure Activities	9	62	8 098	46 982	<b>2.12</b>
Total	1 236	9 032	1 874 682	14 477 817	

(Source: Annual Statistics of Social Security Institution, 2017)



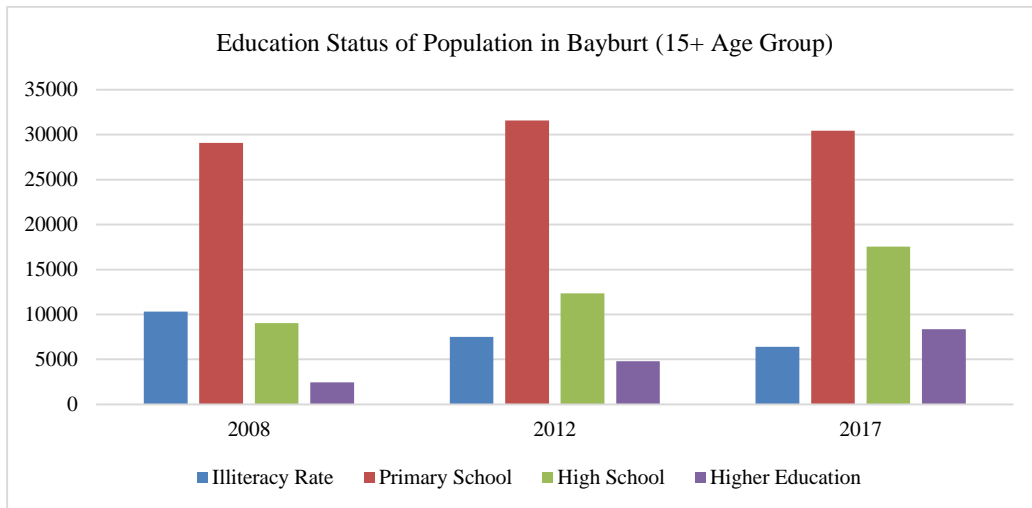


**Figure 5.** A) Population Increase Ratio of Bayburt by Year (1990-2018); B) Population Increase Ratio of Bayburt by Year (2010-2018) (Source: TUIK, 2019c, Regional Statistics-Population Census)

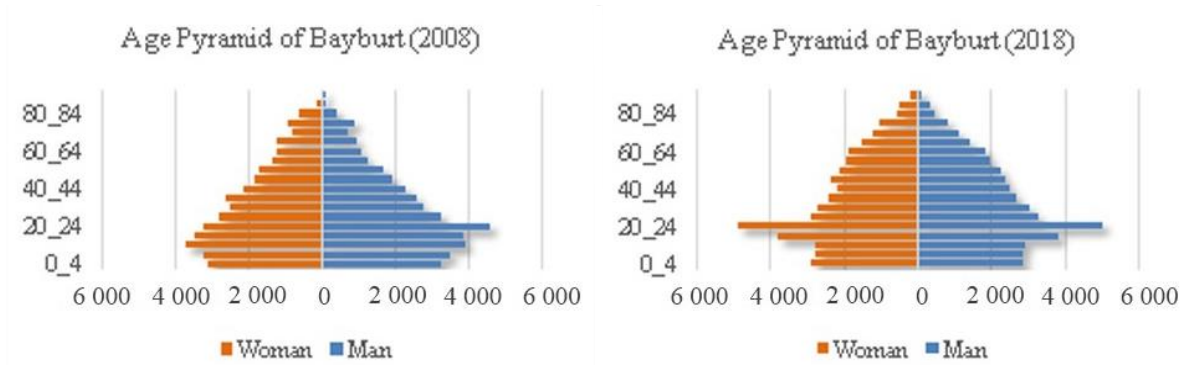
As much as the change of population is an important indicator for social resilience. Human capital and its change are important for the social resilience. The education level of a society is the determinant of supply for skilled labour; which is one of the most important variables to increase both social and economic resilience. Figure 6 indicates an increase in the education level (increase in the numbers of graduates from higher education and above). However, more than half of the population has primary school and lower education level. Bayburt as the city having low level of education in general is socially and economically fragile. As long as the development trend continues to increase the population with higher education degrees, the proportion of qualified population will increase and become more resistant to the future.

The age structure of a society demonstrates not only its social resilience but also the fragility points against contingencies. This indicator is important especially for the settlements trying to develop through intense industrial facilities; as it indicates the possible future labor supply; and thus possible fragilities. When the age distribution of the population of Bayburt is examined (Figure 7), it is seen that there is a conglomeration between the ages of 10 and 35 for 2008 and 2018. Between these years, the population has begun to grow older.

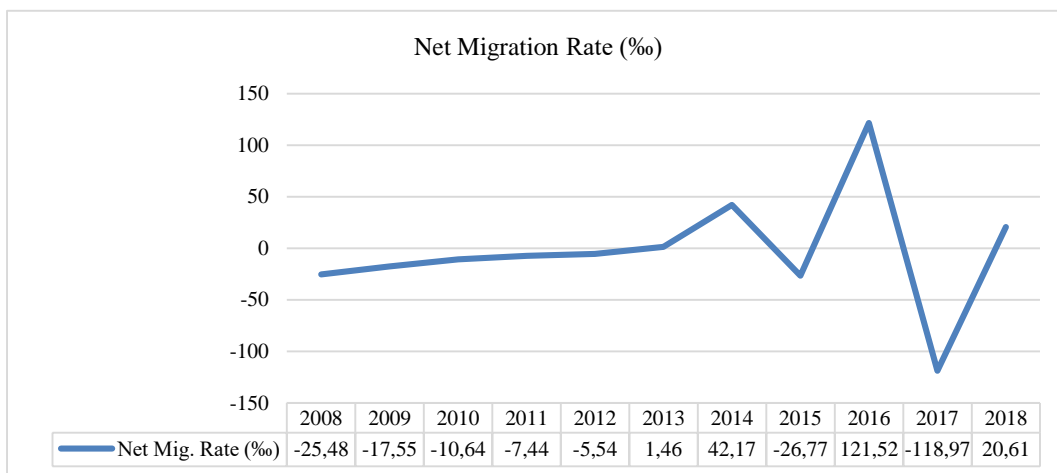
Population data show that Bayburt province is facing migration problem. When this situation, which can be evaluated as significant fragility of social structure, is examined in more detail (Figure 8), significant changes can be seen in the city after 2013. It is known that this population mobility does not express the real human mobility in Bayburt because the reason of the population change is about the aim of increasing municipal budget and the use of votes for general election. Predictions about the population change cannot be made for the future due to unknown actual migration rate. Therefore, measures against the threats cannot be taken. Such problems reduce social resilience by creating a significant vulnerabilities and weakening economic resilience due to the unpredictable future.



**Figure 6.** Education Status of Population (15+ Age Group), (Source: TUIK, 2019d, Regional Statistics; Education)

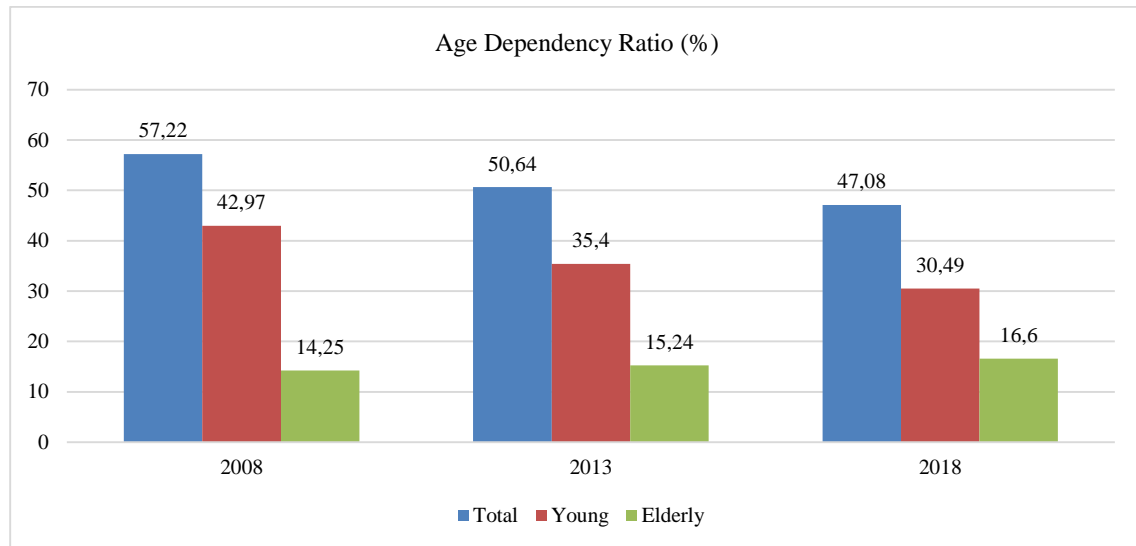


**Figure 7.** Age Pyramids of Bayburt (2008-2018) (Source: TUIK, 2019c)



**Figure 8.** Net Migration Rate by Years (Source: TUIK, 2019e)

Age dependency ratio gives information about aging population of urban population. Figure 9 demonstrates a decrease in the dependency ratio of young people between 2008 and 2018; while the dependency ratio of elderlies has increased within the same period. Thus, the ratio of elderly people who do not attend the workforce in Bayburt is increasing as the society is aging; which by time increases the fragility of the city.



**Figure 9.** Age Dependency Ratio (Source: TUIK, 2019f)

Table 3 demonstrates clues regarding the change of the social structure in Bayburt. Together with the above variables, the change in the population density shows that Bayburt is a growing city especially with 2000s. The change in the rate of net migration shows, the migration from the city is continuing and increasing. Also, migration from Bayburt is increased with the last decade; which is a negative development regarding the social resilience of the city. Moreover, the urbanization ratio and average household size indicates that Bayburt has changed its social structure from rural to urban, especially after 2008. However, the variables in Table 3 shows that Bayburt is very fragile regarding its social structure; which demonstrates a weak social resilience within existing dynamics.

**Table 3.** The annual percentage change in population indicators and welfare indicators

	Name of the Data	Bayburt		Change	Ann.Aver. % Change
		2008	2017		
POPULATION	Population Density (km <sup>2</sup> per capita <sup>-1</sup> )	20.2	21.5	1.3	0.7
	Urbanization Ratio (%)	48.8	61.7	12.9	2.9
	Rate of net migration (%)	2007-2008 -25.5	2016-2017 -119	-114.5	-63
	Average Household Size	2008 4.4	2017 3.4	-1	-2.5
	Dependency Ratio for 0-14 age (%)	2008 43	2017 30	-13	-3.4
QUALITY OF LIFE / WELFARE	Ownership of automobile (# 10 000 person <sup>-1</sup> )	2008 424	2017 797	373	9.8
	Housing Electric Consumption Per Capita (KWh)	2008 777	2017 1 260	483	6.9
	Housing Ownership (%)	2000 76.9	2011 71.3	-5.6	-0.7
	Net Schooling Ratio at Secondary Education (%)	2012 94.3	2017 93.4	-0.9	-0.2
	# of Mobile Telephony Subscriptions Per Capita	2008 0.7	2017 0.8	0.1	1.6

(Source: TUIK, 2019a, Province Indicators)

Finally, it is needed to extend the analysis on social resilience to include the variables regarding the quality of life. Table 3 indicates such an evaluation for Bayburt and puts forward that the quality of life in Bayburt has seriously increased with 2000s. Even if this increases the social resilience and positively influence the future scenarios of the city, the analysis show that this is realized not because of any development regarding the city itself, but general political and economic policies of the country (Dursun, 2015). Thus, it is possible to remark this development as an evidence of the fragile structure of the city, as it shows how dependent the city to the developments in the country but does not generate any development by its own resources.

## CONCLUSION

It is acknowledged that planning discipline should adopt resilience approach. Through a resilient planning perspective, planning should find new ways to increase the capacities of cities regarding possible shocks they may face. This study aims to use a resilience analysis for the investigation of Bayburt's urbanization experience, and questions the ecological, economic and social resilience of the city together with the capability of it to adapt.

Old urban plans and efforts to provide a planned development reveal that urbanization policies and practices of Bayburt creates fragilities. the city becomes vulnerable to the possible shocks, risks and threats because of the ecological risks created by such urbanization policies.

The economic analysis on Bayburt indicates the tendency to grow through service sector; which provides the capital accumulation. As it is stated in the Dursun's thesis (2015), the capital accumulated through service sector cannot be transferred to productive facilities, and thus the investors (capital holders) of the region tends to migrate to bigger cities just after they accumulate a significant capital; which is the explicit signal of economic development problems.

Social resilience analysis shows that the actual population living in the city cannot be estimated due the lack of detailed data and therefore it is difficult to predict the necessary urban needs and problems before urban shocks. At the same time, it is seen that the urban population has a tendency of aging; which increases dependency ratio of the elderly. The level education is relatively low in the city.

Therefore, the social structure of the city seems negative in terms of future scenarios. The qualified manpower is likely to migrate from the city; thus the manufactural industry of the city depends on unskilled labor. The possibility of Bayburt to be a resilient city; to endure a possible crisis and recover afterwards; reduces because of these characteristics.

Resilience analysis necessitates much more indicators having longer time periods in order to comprise more issues. However, the difficulty of finding each data for the same level of analysis (especially for cities) and their inconsistencies according to the change of Turkish statistical data processing methods through time limited our analysis. This analysis on economic, social and ecological resilience of Bayburt should be thought as a starter which should be supported with additional analysis that investigates the fragilities of the city.

## REFERENCES

- Abel ND, Cumming HM, Anderies JM, 2006. Collapse and Reorganization in Socioecological Systems: Questions, Some Ideas, and Policy Implications. *Ecology and Society*, 11 (1): 17-42, <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art17/>. (Date of access: 15 April 2019).
- Adger WN, 2000. Social and Ecological Resilience: Are They Related?. *Progress in Human Geography*, 24 (3): 347-364.
- Aguirre BE, 2006. Preliminary Paper 356: On the Concept of Resilience. Disaster Research Centre, University of Delaware, Newark-USA.

- Baud ISA, Hordjick MA, 2009. Dealing With Risks in Urban Governance: What We Can Learn From Resilience Thinking. The 4th International Conference of the International Forum on Urbanism The New Urban Question – Urbanism beyond Neo-Liberalism, 26-28 November 2009, Delft.
- Berkes F, Folke C, Berkes F, 1998. Linking Social and Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience. Cambridge University Press, Cambridge-UK.
- Dursun D, Dursun D, Kaya AB, 2020. Urban Resilience Assessment of Trabzon. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi / Iğdır Univ. J. Inst. Sci. & Tech.*, 10 (2): 1286-1297.
- Dursun D, 2018. The Concept of Resilience: A Critical Evaluation of Erzurum. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi / Iğdır Univ. J. Inst. Sci. & Tech.*, 8 (3): 295-304.
- Dursun D, Dursun D, Yavas M, 2017. Resilience Planning and Urbanization Experience of Erzurum. International Conference on Spatial Planning and Sustainable Development, 19-20 August 2017, Seoula.
- Dursun D, Yavaş M, 2016. Resilience Planning Approach and Urbanization Experience of Erzurum. 15. Regional Science / Regional Planning Congress, 3-4 December 2015, Trabzon.
- Dursun D, 2015. The Effects of Restructuring in the Property Development Sector on Urban Processes: A Case Study on Erzurum and Kayseri. METU The Program of Urban Policy Planning and Local Government, Doctor of Philosophy Thesis (Not Printed).
- Eraydın A, 2010. Resilience Thinking for Urban Analysis And Planning: An Exploratory Research On Istanbul. 24th AESOP Annual Conference, 7-10 July 2010, Finland.
- Eraydın A, Durmaz B, Erdem A, Yaman C, Yavuz B, 2011. The concept of Resilience: Ankara region case study. ODTÜ Bölge Planlama Yüksek Lisans Programı, Bölge Planlama Stüdyosu Çalışma Raporu (Not Printed).
- Folke C, Carpenter S, Elmqvist T, Gunderson LH, 2002. Resilience and Sustainable Development: Building Adaptive Capacity in a World of Transformations. Edita Norstedts Tryckeri AB, Stockholm-Sweden.
- Frantzeskaki N, 2016. Urban Resilience: A Concept for Co-Creating of the Future. Erasmus University, Rotterdam-Netherlands.
- Gunderson L, Holling CS, 2001. Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems. Island Press, Washington DC-USA.
- Hill EW, Wial H, Wolman H, 2008. Exploring Regional Economic Resilience, Working Paper 2008-04. University of California, USA.
- Maguire B, Hagan P, 2007. Disasters and Communities: Understanding Social Resilience. The Australian Journal of Emergency Management, 22(2): 16-20.
- Resilience Alliance, 2007. Urban Resilience Research Prospectus. CSIRO, Australia Arizona State University, USA Stockholm University, Sweden.
- TÜİK, 2019a. Province Indicators
- TÜİK, 2019b. Regional Statistics, GDP, [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr) (Date of access: 20 April 2019).
- TÜİK, 2019c. Regional Statistics-Population Census; ABPRS
- TÜİK, 2019d. Regional Statistics, Education
- TÜİK, 2019e. Regional Statistics, Migration
- TÜİK, 2019f. Regional Statistics, Demography
- Türkiye Bankalar Birliği, 2019. İstatistiki Raporlar, Bayburt, <https://www.tbb.org.tr/tr/bankacilik/banka-ve-sektor-bilgileri/istatistiki-raporlar/59> (Date of access: 20 April 2019).
- Walker B, Salt D, Reid W, 2006. Resilience Thinking: Sustaining Ecosystems and People in a Changing World. Island Press, USA.



**Arpa Üretim İşleme ve Pazarlama Yapısının Değerlendirilmesi**Rahmi TAŞCI<sup>1\*</sup>, Zeki BAYRAMOĞLU<sup>2</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmanın temel amacı, Konya ilinde bitkisel üretim faaliyetleri içinde arpa üretimine yer veren tarım işletmeleri, arpa alım satımı yapan tüccarlar, yem ve malt fabrikalarının yapısal özelliklerini ortaya çıkarmaktır. Bu amaca yönelik olarak anket uygulaması ve araştırmacının gözlemlerinden elde edilen veriler ile arpanın üretim, pazarlama ve işleme yapısı bütüncül olarak GZFT analizi yapılarak değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan GZFT analizi, bir faaliyetin güçlü ve zayıf yönlerini, fırsat ve tehditleri analiz eden bir stratejik planlama metodudur. Arpa için yapılan GZFT analizi sonucunda ön plana çıkan kriterler; arpanın güçlü yanları; yem, gıda, malt ve biyoenerji alanında kullanılabilir olması, zayıf yanları; üreticiler tarafından genellikle kendi hayvanlarının beslenmesinde kullanıldığı için çeşit algısı oluşmaması ve diğer bitkiler gibi önem verilmemesi, fırsatları; hayvancılık yatırımları arttıkça, arpaya olan talebin artacak olması ve tehditleri ise arpa üretim alanlarının yıldan yıla azalması şeklinde belirlenmiştir. Türkiye'nin artan nüfusuna paralel olarak, nüfusun öntümüzdeki yıllarda dengeli beslenebilmesi için ihtiyaç duyulacak hayvansal besin miktarı ve bu hayvansal besini temin etmek amacıyla mevcut hayvan sayısının da artması beklenmektedir. Bu hayvanları istenen düzeyde besleyebilmek için ihtiyaç duyulacak yem maddeleri ve karma yem miktarları göz önüne alındığında, özellikle yem hammaddesi olarak kullanılan arpanın, tarımsal üretim planlamasındaki öneminin göz ardı edilmemesi gerekir. Yeni geliştirilen arpa çeşitlerinin üreticilerden beklenen değeri görebilmesi ve arpanın istenilen satış fiyatına ulaşabilmesi için; arpa pazarlama zincirinde bulunan tüccar ve karma yem fabrikalarının arpa satın alırken, buğdayda olduğu gibi kalite kriterine göre fiyatlandırma yapabileceği bir alım sisteminin oluşturulması ve yeni geliştirilen arpa çeşitlerinin iklim ve toprak ihtiyaçlarına uygun bölgelere yayımının yapılması önerilir.

**Anahtar Kelimeler:** Arpa, GZFT analizi, Konya.

**Evaluation of Barley Production Processing and Marketing Structure**

**ABSTRACT:** The main purpose of this study is to reveal the structural properties of agricultural enterprises, barley traders, feed and malt factories, which include barley production in plant production activities in Konya. For this purpose, the production, marketing, and processing structure of the barley were evaluated by using SWOT analysis as a whole, with the survey application and the data obtained from the researcher's observations. The SWOT analysis used in the study is a strategic planning method that analyzes the strengths, weaknesses, opportunities, and threats of an activity. Considering the SWOT analysis results for barley; strengths of the barley; is available in the field of feed, food, malt, and bioenergy. Weaknesses of barley; Since it is generally used by the producers in feeding their own animals, there is no perception of variety and it is not given importance as much as other plants. Opportunities of barley; As livestock investments increase, the demand for barley will increase and the threats of barley are determined as the barley production areas decrease from year to year. In parallel to Turkey's growing population, the population in the coming years will be needed to be fed a balanced amount of animal foods, the number of animals that must be present to supply this animal food and the number of feedstuffs and mixed feed that will be needed to feed these animals at the desired level, the importance of barley, especially used as feed raw material, in agricultural production planning should not be overlooked. In order for the newly developed barley varieties to see the expected value from the producers and to reach the desired sales price of barley; Establishing a purchasing system where merchants and mixed feed factories in the barley marketing chain can make pricing according to the quality criteria, as in wheat, and it is recommended to publish the newly developed barley varieties to suitable regions for climate and soil needs.

**Key Words:** Barley, SWOT analysis, Konya.

<sup>1</sup>Rahmi TAŞCI (Orcid ID: 0000-0002-2520-2181), Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Bölümü, Ankara, Türkiye

<sup>2</sup>Zeki BAYRAMOĞLU (Orcid ID: 0000-0003-3258-3848), Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü, Konya, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Rahmi TAŞCI, e-mail: rahmi.tasci@tarimorman.gov.tr

## GİRİŞ

Buğday, çeltik ve mısırdan sonra dünya tahıl üretimi içerisinde dördüncü sırada gelen arpa; dünya ekonomisinin olduğu kadar, Türkiye'nin bitkisel üretimi, hayvan beslenmesi, tarıma dayalı sanayi, insan gıdası ve biyoyakıt alanlarında oldukça önemli yer tutan bir tarımsal üründür.

İnsanlık tarihinin en eski besinlerinden birisi olan arpa, aynı zamanda ekolojik sınırlılıkları çok esnek olmasından dolayı dünya genelinde yaygın olarak üreticiliği yapılan bir bitkidir. Arpanın üretim miktarı yıllara göre değişmekle birlikte, dünyada yıllık ortalama 130-150 milyon ton arasında arpa üretimi gerçekleşirken, 2018 yılında FAO verilerine göre dünyada arpa üretimi 141.4 milyon ton olmuştur (FAO, 2020). Dünya'da arpa üretim sıralamasında Avrupa Birliği (AB) ülkeleri, Rusya, Avustralya, Ukrayna, Kanada ve Türkiye, arpa ihracatında Fransa, Avustralya, Rusya, Arjantin arpa ithalatında ise Çin, İran, Suudi Arabistan ve Hollanda önde gelen ülkelerdir (FAO, 2020).

Türkiye'de tarla ürünleri içerisinde ekiliş alanı ve üretim miktarı açısından buğdaydan sonra ikinci sırada gelen arpa; Türkiye'nin hemen hemen tüm bölgelerinde üretilmekte olup, özellikle Konya, Ankara, Eskişehir ve Karaman'ı içine alan Orta Anadolu Bölgesi ile Şanlıurfa, Diyarbakır ve Mardin'i içine alan Güneydoğu Anadolu Bölgesi Türkiye'nin toplam arpa ekim alanlarının %60,41'ini karşıladığı görülmektedir (TUİK, 2020). Arpa ekim alanları, üretim miktarı ve verimi Türkiye'de yıllar itibariyle iklim şartları, hastalık, zararlı ve üretici davranışlarına bağlı olarak değişiklik göstermekte olup, arpa üretim miktarı yıllık ortalama 7-8 milyon ton arasında değişmektedir. Türkiye'de üretilen arpanın büyük çoğunluğu (%90) hayvan yemi olarak değerlendirilmekle (Anonim, 2015) birlikte; maltlık arpa üretimi, toplam arpa üretiminin %7-10'u arasında yer almaktadır. TUİK verilerine göre; Türkiye'de 2019 yılında 28.7 milyon dekada 7.6 milyon ton arpa üretimi gerçekleşmiş olup, Konya ili 3.4 milyon dekar ile Türkiye arpa ekiliş alanlarının yaklaşık %12'sini ve 1.1 milyon ton üretim ile de Türkiye arpa üretim miktarının %15'ini karşılamıştır (TUİK, 2020). Bu haliyle Konya ili arpa ekiliş ve üretim açısından Türkiye'nin en önde gelen ili durumunda olup, toprak ve iklim yapısının arpa üretimine müsait olması, yörede büyükbaş ve küçükbaş hayvancılığın önemli bir yetiştiricilik alanı olması, yem ve malt fabrikalarının yoğun olarak bu bölgede olması nedeniyle işletmelerin tarımsal faaliyetleri içerisinde arpa üretimini sürdürdükleri görülmektedir. Kılınç ve ark., (1992), arpa bitkisi dünyada ve Türkiye'de hayvan beslenmesinde yemlik olarak ve endüstride malt bira yapımında kullanılmak üzere başlıca iki amaç için yetiştirildiğini ve ıslah edildiğini bildirirlerken, Elçi ve ark., (1994), arpanın çoğunlukla kırma olarak veya karma yem bileşiminde hayvan beslenmesinde ve malt yapımında kullanıldığını, Taşcı ve Bayramoğlu (2017), Konya ilinde arpa üreten tarım işletmelerinin, ürettikleri arpanın %65.2'sini ticari olarak pazarlamak, %34.8'ini ise kendi hayvanlarının beslenmesinde kullanmak amacıyla ürettiklerini bildirmiştir.

Dünya nüfusunun hızla artmasına bağlı olarak gıda maddelerine olan ihtiyacın fazlalaşması, artan temel gıda maddesi ihtiyaçlarının da karşılanması bitkisel ve hayvansal ürünlerin arttırılması ile gerçekleşebilecektir. Tarımsal üretimde artış; ancak birim alandan veya hayvandan elde edilen ürünün arttırılması ile mümkündür. Türkiye'de bitkisel ürün kaynaklı gıda tüketimi, beslenme tarzımıza da uygun olarak yeterli bulunurken, hayvansal kökenli gıda tüketiminin yeterli olmadığı bilinmektedir.

Bütün dünyada olduğu gibi Türkiye'de de hayvancılık faaliyetleri; artan nüfusun yeterli ve dengeli beslenmesinde ve birçok alanda endüstri hammaddesi olarak kullanılması açısından önemli bir yer tutmaktadır. Bununla birlikte hayvancılık sektörü içinde birçok alt sektörü barındırması nedeniyle ülke ekonomisine olduğu kadar, ülkenin kırsal alanında yaşanan işsizliği azaltmak ve önlemek, köyden kente göçün önüne geçerek, kentlerde yaşanan çarpıklığı ve nüfus baskısını azaltmak gibi sosyal sorunlara da çözüm getirmektedir.

Türkiye’de yaklaşık 18 milyon adet büyükbaş, 50 milyon adet küçükbaş ve 350 milyon adet kanatlı hayvanı mevcuttur (TUİK, 2020). Hayvan varlıklarının artışı ve kültür ırklarının toplam hayvan varlığı içinde giderek fazlalaşması, hayvan besleme ve yem hammaddesinde miktar olarak artışa ve yem kalitesindeki değişiklik ihtiyacına yol açmaktadır. Aydoğan ve ark,(2011), Türkiye’de kendine yeterli tarımsal ürünlerden olan arpanın, hayvan yetiştiriciliğinde kaba ve karma yem açığının önemli bir bölümünü karşıladığını bildirmişlerdir.

Arpa; özellikle sulanamayan tarım alanlarında önemli bir bitkisel üretim faaliyeti olması, ezilerek ve kırılarak hayvan yemi olarak, malt ve karma yem fabrikalarında ise hammadde olarak kullanılması bakımında önemlidir. Bu çalışma ile Türkiye’nin en önemli arpa üretim ve işleme merkezi olan Konya ilinde arpanın üretim, pazarlama, hayvan beslenmesi ile yem ve malt sektöründe işleme süreçlerinde, arpa çeşitlerinin ve kalitesinin fiyatlandırmaya etkisinin ortaya konulması, arpa ekiliş alanlarının değişimi, arpaya alternatif ürünlere göre tercih durumu ve arpa üretiminin sürdürülebilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır. Çalışmanın; üreticilere, ıslahçılara, yayımcılara, tarıma dayalı sanayi kuruluşlarına ve karar alıcılara arpa üretim planlaması için yol gösterici çıktılar sağlaması beklenmektedir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Bu araştırmada; Konya ilinde arpa üretim ve değerlendirme alanında 4 farklı grup (arpa üreten tarım işletmeleri, arpa alım satımı yapan zahireciler-tüccarlar, yem ve malt fabrikaları) ile gerçekleştirilen anketlerden ve araştırmacının gözlemlerinden elde edilen veriler ile arpa sektörünün üretim, pazarlama ve işleme yapısı bütüncül olarak GZFT analizi yapılarak değerlendirilmiştir.

Bitkisel üretim deseni içerisinde arpa üretimine yer veren işletmelere ait popülasyon oluşturulurken Konya ilinin; Altınekin, Cihanbeyli, Çumra, Ereğli, Emirgazi, Ilgın, Kadınhanı, Karapınar, Karatay, Kulu, Sarayönü, Selçuklu, Tuzlukçu ve Yunak ilçelerinde arpa üretim faaliyetine yer veren tarım işletmeleri örneklemeye dahil edilmiştir. Bu ilçelerde arpa üretim faaliyetine yer veren işletme sayısı Konya ilinde arpa üretim faaliyetine yer veren toplam işletme sayısının %74.93’ünü ve arpa üretim alanları da Konya ili toplam arpa üretim alanlarının %90.24’ünü oluşturmaktadır. Konya ili arpa üretim alanları ve arpa üretimine yer veren işletme sayılarının ilçelere göre oransal dağılımı yapılarak, gruplara ait örnek işletme sayısının belirlenmesinde tabakalı tesadüfi örnekleme yöntemi kullanılmıştır.

Tabakalı tesadüfi örnekleme yöntemine göre anket yapılacak örnek sayısı aşağıdaki formül kullanılarak belirlenmiştir (Yamane, 1967).

$\Sigma (N_h \cdot S_h)^2$	n: Örnek sayısı, N: Populasyondaki işletme sayısı
$D^2 = d^2 / z^2$	$N_h$ : h’inci tabakadaki işletme sayısı, $S_h^2$ : h’inci tabakanın varyansı,
$n = N^2 \cdot D^2 + \Sigma N_h \cdot S_h^2$	d: Populasyon ortalamasından izin verilen hata payı, z: Hata oranına göre standart normal dağılım tablosundaki z değerini ifade etmektedir.

Hesaplanan örnek hacminin tabakalara göre dağıtılmasında  $N_h S_h \cdot n / \Sigma N_h S_h$  formülü kullanılmış ve anket yapılan işletme sayıları belirlenmiştir (Çizelge 1).

**Çizelge 1.** Anket yapılan işletme sayılarının tabakalara göre dağılımı

Tabakalar	Nh	Sh	Ort	C.V.	NhSh	Nh(Sh*Sh)	n
0-50	9602.	6.51	37.58	17.32	62499.98	406816.04	14
51-150	9814.	26.68	84.47	31.58	261839.4	6985928.81	57
150+	2410.	67.92	219.37	30.96	163696.4	11118890.50	36
Toplam	2182	101.11	341.42	79.87	488035.8	18511635.35	107

Konya Ticaret Borsasına kayıtlı tahıl ticareti yapan 281 adet tüccar ve zahireci mevcut olup bu işletmelerden arpa alım satımı yapan toplam iş yeri sayısının %20'si (57 tüccar ve zahireci) ile anket çalışması yapılmıştır (Güneş ve Arıkan, 1988). Konya ilinde arpayı hammadde olarak kullanan 41 adet karma yem fabrikası ve 1 adet malt üreten işletme bulunmakla birlikte bu yem fabrikalarının bir bölümü (4 adet) karma yem üretimi faaliyetinde bulunmayıp; kuş, kedi, köpek gibi evcil hayvan yemi üretiminde bulunduğu için 37 adet karma yem fabrikası ve 1 adet malt fabrikasının sahipleri veya teknik sorumluları ile anket çalışması gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışma kapsamında tüm arpa sektör paydaşlarının; arpa tedarik kanalları, arpa tedarikinde karşılaşılan sorunlar, arpa alım kriterleri, arpa çeşitlerinin ve kalitenin alıma ve fiyata etkisi, karma yem ve malt fabrikalarının arpa piyasası içindeki faaliyetlerinin incelenmesine yönelik sorular sorulmuş olup, araştırmanın genelinde; arpa üreten 107 tarım işletmesi, arpa alım satımı yapan 57 zahireci ve tüccar, 37 adet karma yem fabrikası ve 1 adet malt fabrikası ile; arpa üretiminden, pazarlama kanallarına ve işleme sanayisine kadar geçen değer zinciri aşamalarının her bir halkası için arpa özelinde GZFT analizi yapılarak değerlendirilmiştir.

SWOT (GZFT) analizi, bir ticari girişimde bir kurumun ya da bir projede, bir tekniğin, bir sürecin, bir durumun veya bir kişinin; güçlü (Strengths) ve zayıf (Weaknesses) yönlerini saptamakta, iç ve dış etkenlerden kaynaklanan fırsat (Opportunities) ve tehditleri (Threats) belirlemek için kullanılan stratejik bir teknik olup, bu teknik, bir ticari girişimin ya da projenin hedeflerini belirlemeyi ve amaca ulaşmak için olumlu ya da olumsuz olan iç ve dış faktörleri tanımlamayı amaçlamaktadır. Bu analiz metodu ilk defa 1960'larda Harvard Üniversitesi'nde akademisyenler Guth, Christensen, Andrews ve Learned tarafından geliştirilmiştir (Buldukoğlu, 2014).

GZFT analizi özellikle; sorun tanımlama ve çözüm oluşturma süreçlerinde, nicel verilerin yetersiz, bilgilerin kişilerin hafızalarında olduğu durum analizlerinde kolaylık sağlayan bir metot olup, GZFT analizi sonucunda işletmelerin şu kazanımları elde etmesi beklenebilir; güçlü yönleri fırsatlardan yararlanacak şekilde kullanılabilir, zayıf yönlerin farkına varılarak onları güçlü yönlere dönüştürecek stratejiler geliştirilebilir ve tehditler, güçlü yanlar ile bütünleştirilerek fırsatlara dönüştürülebilir (Uçar ve Doğru, 2005). GZFT analizi Türkiye'de ağırlıklı olarak peyzaj, eğitim, hukuk, ticaret, sağlık, turizm, lojistik, sigortacılık, inşaat ve finans alanlarında yapılmakla birlikte, Tarım ekonomisi alanında da yapılan çalışmalar (Erbil ve Taş, 2020; Özen, 2019; Ketenci ve Bayramoğlu, 2018, Bozok ve Karaman 2018; Unakıtan ve Başaran, 2018; Tapkı ve ark., 2016; Seki ve Biler, 2016; Yazıcı ve Gülgün, 2016; Sav ve Sayın, 2015; Bashimov, 2013; Savran ve Demirbaş, 2012; Taş, 2011; Toksoy ve ark., 2009; Yılmaz, 2009) bulunmaktadır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Arpanın GZFT Analizi

Bu çalışmada Konya ilinde; bitkisel üretim faaliyetleri içinde arpa üretimine yer veren üreticiler, arpa alım satımı yapan tüccarlar-zahireciler, malt ve yem fabrikaları ile gerçekleştirilen anketlerden ve

araştırmacının saha gözlemlerinden elde edilen nitel veriler ile yapılan GZFT analizi sonucunda ortaya çıkan bulgular Çizelge 2’de gösterilmiş ve dört ana başlıkta toplanarak aşağıda tartışılmıştır.

### **Arpa Üretim, İşleme ve Pazarlamasının Güçlü Yanları**

Tarıma dayalı sanayi kuruluşları içerisinde en büyük arpa alıcıları yem ve malt fabrikaları olmakla birlikte büyük ve küçükbaş hayvan yetiştiren (süt ve et besiciliği) işletmelerin büyük bir bölümü kendi ürettiği arpayı kendi işletmelerinde hayvan yemi olarak kullanmaktadır. Sayım ve ark., (2013), hayvan yemi olarak tüketilen tahıl cinsleri arasında yem değeri en üstün olanının arpa olduğunu bildirmişlerdir. Arpa; bu yönüyle hayvancılık işletmelerinin sürdürülebilmesi için en uygun ve en ucuz yem hammadde olarak üretilen bir bitki olmasının yanında, malt sektörü için önemli bir hammadde kaynağıdır. Öte yandan arpanın, hayvan beslenmesinde ve ikinci ürünün söz konusu olduğu bölgelerde erkenciliği nedeni ile tarlayı erken terk etmesi ve ikinci ürüne daha fazla zaman bırakması açısından, önemi gün geçtikçe artmaktadır (Kendal, 2012). Arpa çeşitli amaçlarla kullanılabilen sağlıklı bir tahıl olması ve birçok gıdada katkı olarak kullanılabilme özelliği nedeniyle geleceğin tahılı olarak nitelendirilmekte ve arpanın insan beslenmesinde kullanım olanaklarının artırılması için çalışmalar devam etmektedir (Köten ve ark., 2013). Son yıllarda Ar-Ge çalışmalarının sonucu olarak kavuzsuz arpa çeşitleri geliştirilerek arpanın insan gıdasında kullanılma imkanlarının da önü açılmıştır. Nitekim Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü tarafından gıda amaçlı kullanılmak üzere 2012 yılında Özen ve 2014 yılında Yalın isimli, 2020 yılında ise Adana Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından Güldeste isimli kavuzsuz arpa çeşitleri tescil ettirilerek üreticilerin kullanımına sunulmuştur (TTSM, 2020). Kurak iklim koşullarında kıraç şartlarda ve marjinal tarım arazilerinde yetiştirilme imkânı olan arpa; Türk çiftçisinin tarım kültüründe kadim bir bitki olup, Türkiye’de hem ıslah çalışmaları hem de tohumluk üretimi için gerekli teknik altyapı ve insan kaynağının olması arpanın güçlü yönlerini kuvvetlendirmektedir.

### **Arpa Üretim, İşleme ve Pazarlamasının Zayıf Yanları**

Türkiye’de buğdaydan sonra en büyük ekim alanına sahip hububat bitkisi olan arpa; üretimi, pazarlaması, işleme ve dağıtımı ile büyük bir istihdam alanı oluşturmakla birlikte, Türkiye’de arpa ekim alanları, hem yemlik hem de maltlık arpa için giderek azalış göstermektedir. Arpa alımı yapan tüccar ve karma yem fabrikalarının; arpanın fiyatına çok etki edecek kadar özellik aramaması, sadece hektolitre, temizlik ve rutubet kriterinin ön plana çıkması kalite ve çeşit değerlerinin henüz fiyata etki etmemesinden dolayı üreticilerin sadece yüksek verimli arpaları tercih etmesi ve böylece kalite değerlerinin önemsizleştirilmesi arpanın zayıf yönlerinin en başında yer almaktadır. Türkiye’de üretim izinli ve tescilli 100’den fazla arpa çeşidi olmasına rağmen (TTSM, 2020), arpa üreticileri, zahireciler-tüccarlar ve karma yem fabrikaları arasında sadece birkaç arpa çeşidinin bilindiği ve bu çeşitlerin yoğun olarak kullanıldığı, diğer çeşitlerin ise çoğunun tanınmadığı, üreticilerin büyük bir bölümü tarafından arpaların çeşit adının bilinmediği, genellikle sarı arpa, yatmayan arpa, iki sıralı, altı sıralı gibi isimler ile ifade edildiği belirlenmiştir. Bununla birlikte arpa üreticilerinin çoğunun hayvancılık faaliyeti yapmasına bağlı olarak, yem fabrikalarına arpa satan üreticilerin aynı zamanda fabrikanın yem müşterisi olduğu görülmektedir. Böylece yem fabrikasının her şartta arpasını satın alacağını bilen üreticilerin arpa üretiminde kalite ve çeşit kriterlerini göz ardı ettiği ve sadece verime odaklandığı belirlenmiştir. Bu durum arpa çeşitlerinin tanıtımı konusunda yayım eksikliğini ortaya çıkarmakla birlikte ıslah ve yetiştirme teknikleri konusunda çeşitlerin izleme ve takibini de zorlaştırmaktadır. Nitekim Turgut ve ark., (1997), geniş alanlarda üretilen ve büyük halk kitlelerinin önemli bir gelir kaynağı olan arpanın üretim ve veriminin artırılması için, üretim bölgelerinin ekolojik koşullarına uyum sağlayacak çeşitlerin ve uygun yetiştirme tekniklerinin bulunmasının öneminin fazla olduğunu belirtmişlerdir.



Türkiye’de toplam maltlık arpa üretimi, ihtiyaçtan çok daha fazla olmasına rağmen bazı dönemler uygun kalitede maltlık arpa bulunamaması sebebiyle bu miktarın dahi tedarik edilmesinde zorluklar yaşanmaktadır. Bazı yıllarda sektörün ihtiyacı olan kaliteli maltlık arpa bulunamaması sebebiyle açığın ithalat yoluyla kapatılmak zorunda kalınması sektörün yaşadığı en önemli sorunların başında gelmektedir. Arpa ekiminin genellikle marjinal tarım alanlarında yapıldığı ve sulanan tarım arazilerinde ekonomik olarak alternatif bitkiler ile rekabet edemediği bilinmekte ve bu durumun arpanın zayıf yönlerinden biri olduğu görülmektedir. Kendal, (2016), diğer tahıllara göre sınırlı su koşullarına daha dayanıklı olan arpa bitkisinin ülkemizdeki yetiştiriciliğinin %70-80’i genelde kurak ve yarı kurak alanlarda yapıldığını ve bu nedenle arpada tane verimi düşük olduğunu belirtirken, Er (2011), sulanır alanlarda ekim nöbetinde arpaya düzenli olarak yer verilmesi için diğer ürünlerle rekabet edebilecek düzeyde gelir getirebilecek kadar yüksek verimli çeşitlere ihtiyaç duyulduğunu bildirmiştir.

Hayvancılık faaliyeti olan işletmelerin arpa üretimini sürdürdükleri görülürken, hayvancılık faaliyeti olmayan işletmelerin ekonomik getirisinin azalmasına bağlı olarak arpa üretim alanlarını azaltmaları veya arpa üretimini tamamen sonlandırma ihtimali arpanın zayıf yönü olarak göze çarpmaktadır.

### Arpa Üretim, İşleme ve Pazarlaması İçin Fırsatlar

Türkiye’de küçükbaş ve büyükbaş hayvan popülasyonları kültür ırkına doğru yöneliş göstermektedir. Bu süreç protein ve enerji bakımından daha da zengin olan karma yem kullanımına olan talebi arttırırken, meraların ve kaliteli kaba yem miktarının da yetersiz kalması küçükbaş ve büyükbaş hayvan beslemesinde karma yem ihtiyacını giderek arttırmaktadır. Bununla birlikte kanatlı sektöründeki gelişmelere bağlı olarak da karma yem talebinde yükseliş beklenmektedir. Hayvan ırkı gelişimi, hayvan sayısı ve et ihtiyacı gibi faktörlerin yem sektörünü geliştirici ve yönlendirici etkileri bulunmaktadır. Hayvancılık yatırımlarının artması ve yem hammadde ihtiyacına en ekonomik şekilde ulaşılma gereksinimi arpaya olan talep için bir fırsat oluşturmaktadır. Koca ve ark., (2015), hayvansal ürünlerin daha düşük fiyatlara satılabilmesi için; üretimin artırılması ve hayvancılığın desteklenmesi gerektiğini hayvancılığın desteklenmesinde yapılabilecek en olumlu uygulamalardan birisinin hayvan yeminin artırılması ve buna bağlı olarak yem fiyatlarının düşürülmesinin, arpa üretiminin arttırılması ile mümkün olabileceğini bildirmiştir.

Arpayı hammadde olarak kullanan malt sanayisi; arpa alımlarında genellikle kalite kriterlerine göre fiyatlandırma yapmaktadır. Maltlık arpa üretiminde çeşit ve kalite algısında uygulanan bu alım kriterlerinin karma yem sektörüne de entegrasyonunun yapılması, fiyat oluşumunda arpa üreticileri ve sektör için bir fırsat olabilecektir. Türkiye’de arpa üretiminin çoğunlukla kuru şartlarda ve marjinal arazilerde yapılması ve arpa ekiliş alanlarındaki azalışa karşılık artan üretim miktarını, verimdeki artışla açıklamak mümkündür. İslah edilen yeni arpa çeşitlerinin ve teknolojinin kullanımının yaygınlaşması ve bu konuda Ar-Ge faaliyetlerinin sürdürülmesi arpanın geleceği için fırsat olarak değerlendirilebilir. Doğan ve ark., (2014), ülkemizin değişik araştırma kurumlarında arpada yeni çeşitleri geliştirmek amacıyla ıslah çalışmaları yapıldığını, yapılan bu ıslah çalışmalarının amacının üreticiye verimi ve kalitesi yüksek, hastalık ve zararlılara dayanıklı yeni çeşitler sağlamak olduğunu ve bu konuda teknik altyapı ve uzman personelin yeterli olduğunu bildirmiştir. Köten ve ark., (2013), arpanın özellikle beta-glukanlar, tokoller, pentozanlar, protein ve nişastaya dayanan fonksiyonel bileşenlerce zengin olmasından dolayı birçok farklı gıdada kullanılmasına imkân sağladığını bildirmiş, bununla birlikte kavuzsuz arpa çeşitlerinin geliştirilmesi ile arpanın insan gıdasında kullanılabilmesinin beslenme açısından yeni fırsatlar doğurabileceğini belirtmiştir. Süne zararından kaçınan buğday üreticilerinin ve makarnalık buğdayın dönme özelliğinden kaçınan makarnalık buğday üreticilerinin de arpa üretimine

yönelmesi de gelecekte arpa üretiminin artışına yönelik bir fırsat olarak görülebilir. Turhal ve Turhal (2013), buğdayın yetiştirilmesini sınırlayan etkenlerden en önemlisinin süne zararlısı olduğunu, Aalami ve ark., (2007), makarnalık buğdayın kalitesinin iklim özelliklerinden etkilendiğini, başaklanma ve çiçeklenme dönemlerinde gelen yağışların 'dönmeyi' arttırdığını, bu durumda makarnalık buğdayın kalitesini düşürdüğünü ve satış fiyatını azalttığını bildirmişlerdir.

### Arpa Üretim, İşleme ve Pazarlaması İçin Tehditler

Kıraç arazilere sahip üreticiler bu arazilere ekebilecekleri uygun bir bitki olarak arpa üretimini sürdürürlerken, sulama imkânı olduğunda ise üreticilerin arpa üretiminden vazgeçme düşüncesi ağır basmaktadır. Sirat ve Sezer (2014), yıllara göre arpa üretimindeki dalgalanmanın, bu bitkinin tarımının büyük ölçüde yağışa bağlı marjinal alanlarda yapıldığını ve su potansiyelinden yeterince yararlanılmadığını gösterdiğini bildirmişlerdir. Konya'da sulu alanlarda mısır üretiminin çok artmasına bağlı olarak; mısırın genellikle şekerpancarı, buğday, fasulye ve ayçiçeğinin ekim alanlarına girmesinin yanında, suluda arpa ekimini hemen hemen bitirmek üzere olduğu belirlenmiştir. Arpaya alternatif olan ayçiçeği ve mısır fiyatlarının durumu, bölgede arpanın ekiliş kararını etkilediği belirlenmiştir. Doğan ve Gürler (2015), diğer faktörler sabit kabul edildiğinde arpa reel fiyatlarında bir dönem önce ortaya çıkacak %1'lik artışın, cari yıldaki arpa arzını %0,61 oranında arttıracak olduğunu bildirmiştir. Arpa pazarlama zincirinde tüccar, zahireci, ezmece, kırmacı ve karma yem fabrikalarının arpa satın alırken, buğdayda olduğu gibi kalite kriterine göre fiyatlandırma yapmaması ve daha çok subjektif kriterlere göre fiyatlandırma yapmasına bağlı olarak üreticiler verimi en yüksek olan arpayı tercih etmektedirler. Üreticilerin bu düşünce ve davranışlarının yakın bir gelecekte de değişmeyeceği tahmin edilmektedir. Bolat (2016), yaptığı projeksiyon çalışmalarında arpayla ilgili gelecek tahminlerinde arpa ekim alanlarının ve üretimin azalacağını, buna bağlı olarak da fiyatların artacağı öngörmüş, ithalatın ihracattan daha fazla gerçekleşeceği, arpa dış ticaret dengesinin yıllar geçtikçe daha fazla açık vereceğini bildirmiştir. Er (2011), gerek kırma, gerekse karma yemlerin temel ögesi olan ve artan bir potansiyeli bulunan malt üretimi için de arpa üretiminin artması gerektiğini vurgulamıştır. Bunun yanı sıra arpa üretiminde öngörülen bu daralma ile birlikte; tüccar, borsa ve karma yem fabrikalarında zincirleme bir alım kriteri politikasına geçilememesi durumunda geliştirilen arpa çeşidi ve teknoloji yatırımlarının sahada karşılığının görülememesi gibi tehdit unsurlarının da ortaya çıkması öngörülmektedir.

### Çizelge 2. Arpa Üretim, İşleme ve Pazarlamasının GZFT Analizi

Güçlü Yanları	Zayıf Yanları
<p>Türk çiftçisinin tanıdığı bir ürün olması, tarihsel geçmişinin olması, uzun yıllardan beri ekiliyor olması, bilgi birikiminin olması (know how) ve üreticilerin yetiştirme tekniği konusunda bilgili olması</p> <p>Yem, gıda, malt ve biyoenerji alanında kullanılabilir olması ve hem bitkisel üretim hem de hayvansal üretim alanında istihdam sağlaması</p> <p>Hayvancılık yapan üreticilerin arpa yetiştirerek, kendi yem ve yem karışım hammaddesini ucuza sağlaması</p> <p>Kurak ve kıraç alanlarda üretime uygun olması ve tuza dayanıklı olması</p>	<p>Üreticiler tarafından genellikle kendi hayvanlarının beslenmesinde kullanıldığı için çeşit algısı oluşmaması ve diğer bitkiler gibi önem verilmemesi</p> <p>Arpa alımı yapan tüccar ve karma yem fabrikalarının; arpanın fiyatına çok etki edecek kadar özellik aramaması, sadece hektolitre, temizlik ve rutubet kriterinin ön plana çıkması, kalite ve çeşit değerlerinin henüz fiyata etki etmemesine bağlı olarak üreticilerin sadece yüksek verimli arparı tercih etmesi, kalite değerlerinin önemsizleştirilmesi</p>

**Çizelge 2.** Arpa Üretim, İşleme ve Pazarlamasının GZFT Analizi (devam ediyor)

<p>Hem kaba yem hem de karma yem hammaddesi olarak kullanılabilmesi</p> <p>Makinalı tarıma uygun olması, uzun süre bekletilmeye, depolamaya uygun olması ve pazarlamasının kolay olması</p> <p>Erken hasat edilmesi, yöreye göre ikinci ürün ekilişine imkân vermesi</p> <p>İslahı konusunda teknik bilgi birikimi ve altyapı imkanlarının mevcut olması</p> <p>TİGEM'in tohumluk üretme programında olduğu için üretici için tohumluk sıkıntısı yaşanmaması</p> <p>Kendine döllen bir bitki olduğu için, tohumlukta çeşit safiyeti açısından avantajlı olması</p> <p>Arpanın yabancı otlarla olan rekabet gücünün yüksek olması ve suni mera tesisinde yabancı ot mücadelesinde kullanılabilmesi</p> <p>Büyükbaş, küçükbaş, kanatlı ve kültür balıkçılığı beslenmesinde çok yönlü kullanılabilir olması</p> <p>Arpa danesinin enerjisinin yüksek olmasına bağlı olarak, kaba yem içerisine sadece arpa danesi bütün olarak katılabilmesi</p> <p>Yüksek oranda fermente olabilir nişastaya sahip olmasından dolayı, karma yem üretimi için avantajlı olması</p> <p>Tek başına beslemede asidosis oluşturma riskinin, diğer tahıllara göre düşük olması</p> <p>Karma yem üretiminde diğer tahıllara göre selülozca daha zengin olması</p>	<p>Çok fazla tescilli çeşit olmasına rağmen arpa yetiştirilen bölgelerde sadece dört veya beş çeşidin adının bilinmesi ve üreticilerin çoğu tarafından arpaların, genellikle sarı arpa, yatmayan arpa, iki sıralı, altı sıralı gibi isimler ile ifade edildiği için ıslah ve yetiştirme teknikleri konusunda izleme ve takibin zorlaşması bu konuda yayım eksikliğinin hissedilmesi,</p> <p>Son yıllarda arpa üretiminin en fazla %10-15'inin TMO tarafından alınması, bazı yıllar TMO'nun hiç arpa alımı yapmaması</p> <p>Fiyat istikrarının olmaması, maltlık ve yemlik arpa satışında önemli fiyat farkı olmaması, en kötü ve en iyi arpa diye tabir edilen arpalar arasındaki fiyat farkının %5'i geçmemesi</p> <p>Malt üretimi için, malt sanayisinin istediği kalitede yeterli arpa üretilmemesi ve maltlık arpa çeşit geliştirme araştırmalarının yeterli düzeyde olmaması, malt fabrika sayısının az olması ve belli bölgelerde bulunması nedeniyle maltlık arpa üretimini sınırlandırması ayrıca toplum içinde maltın sadece alkol hammaddesi olarak algılanmasından dolayı üreticilerin maltlık arpa üretimine sıcak bakmaması (kimya sektörü, gıda, bebek maması, gibi kullanım alanlarının bilinmemesi)</p> <p>Arpa ıslah çalışmalarının hayvan besleme ve yemleme çalışmaları ile entegre yürütülmemesi</p> <p>Arpa alımı yapan karma yem fabrikalarının bünyesinde nitelikli laboratuvarların olmaması, arpa alımlarının geleneksel yöntemler ve tecrübeye dayanılarak yapılması ve laboratuvar kurulumunun gereksiz bir yatırım olarak görülmesi</p> <p>Yatmaya karşı dayanıklı çeşitlerin az olması ve arpaların hasada yakın yatması, başak yapısı zayıf olduğu için hasat ve harman kaybının fazla olması ve kış soğuklarından daha fazla etkilenmesi</p>
<p><b>Fırsatlar</b></p>	<p><b>Tehditler</b></p>
<p>Hayvancılık yatırımları arttıkça, arpaya olan talebin artacak olması</p> <p>Marjinal tarım arazilerinde üretilme imkânının olması, su ihtiyacının az olmasından dolayı nadas alanlarının arpa ile değerlendirilebilir olması</p> <p>Kavuzsuz arpa çeşidinin geliştirilmesi ile birlikte gıda hammaddesi olarak kullanım oranının artacak olması</p> <p>Çevre ülkelere tohumluk ve mamul madde satış imkânlarının olması</p> <p>Buğdaydaki süne zararlısından kaçman ve makarnalık buğdaydaki "dönme" özelliğinden dolayı buğdayı terk eden üreticilerin arpa üretimine yönelmesi</p> <p>Yem bitkileri ile karışıma girerek, beraber ekilerek silaj olarak kullanılabilmesi</p> <p>Erkenciliği sayesinde ikinci ürün tarımına çok uygun olması</p> <p>Kurak sezonlarda kolaylıkla yetiştirilebilmesi, su talebinin az olması ve çevreyi koruması, tuza dayanıklılığı ve topraktan tuz kaldırması sayesinde, tuz problemi olan alanlardaki ekim nöbeti için çok önemli bir fırsat olması</p>	<p>Arpa üretim alanlarının yıldan yıla azalması</p> <p>Hayvancılık faaliyeti olmayan üreticilerin, kârlı bir üretim olarak görmedikleri arpa üretiminden çekilmeleri</p> <p>Arpa üreticisinin geleneksel üretimi benimsemesi ve genellikle yeni çeşit ve teknolojilere uzak durması</p> <p>Fiyat-besin madde içeriği denkleminde fiyatın yüksek kalmasına bağlı olarak, zaman zaman yem fabrikaların arpa kullanımını sınırlaması ve diğer tahıl gruplarına yönelmesi</p> <p>Özellikle sulu alanlarda yetiştirilen arpa yerine mısır ve ayçiçeği ekilmesine bağlı olarak, sulu alanlarda arpa üretiminin azalması</p> <p>Girdi fiyatlarının artmasına bağlı olarak üreticilerin arpa üretim kararından vazgeçmesi</p> <p>Hayvancılıktaki kârlılığın düşmesine ve bu alandaki yatırımların azalmasına bağlı olarak, arpa üretiminin azalma ihtimali</p> <p>Daha kârlı ürünler ile rekabet edememesi</p> <p>Hastalıkların artmasına bağlı olarak üretimin düşmesi</p> <p>Arpaların saplarının ince olmasına bağlı olarak; hasat dönemine yakın tarihlerde dolu ve yağışların gelmesi, arpaların yatmasına ve dane kaybına neden olması</p> <p>Erzurum ve Kars gibi soğuk lokasyonlarda arpanın kışlık olarak ekilememesi</p>

**Çizelge 2. Arpa Üretim, İşleme ve Pazarlamasının GZFT Analizi (devam ediyor)**

<p>Arpanın insan gıdası olarak talebinin artması; arpalı ekmeğin üretilmeye başlanması ve talep oluşması, kavuzsuz arpanın geliştirilmesi ve üretime kazandırılması ile arpa ununun; ekmeğe, erişte, makarna gibi gıda maddelerine farklı oranlarda karıştırılarak kullanılabilmesi, kahvaltılık tahıl karışımlarına, lapa ve çorba gibi diğer ürünlerde de tüketiminin söz konusu olması, kavuzsuz arpa ununun %30 oranında ekmeğe katılabilme imkânı ile fonksiyonel ekmeğe çeşitlerinde artış sağlanma ihtimali, malt olarak hem içki hem de gıda sanayisinde çok yönlü kullanılabilir olması, insan sağlığında, idrar söktürücü (çay şeklinde) olarak, çocuk mamalarında malt şeklinde ve kuruyemiş olarak kullanım imkanının olması, tam tahıl ekmeği ve diğer çeşit ekmeğin tüketiminin desteklenmesi</p> <p>Arpa (malt) posası besin maddece zengin iyi bir kaba yem kaynağı olarak değerlendirilebilme imkânının olması</p> <p>Rejenerasyon (<i>kendini yenileme</i>) kabiliyeti yüksek olduğu için yeşil ot olarak biçilebilmesi veya çok yıllık bitki gibi değerlendirilip hayvan otlatılabilmesi</p>	<p>İklim değişikliğine bağlı olarak; ilkbahar kuraklığının üretime olumsuz etki etmesi, bitki gelişiminin tamamlanamaması ile birlikte verimin düşmesi</p> <p>Ocak ve Şubat aylarında Türkiye’de arpa sıkıntısı çekilmesi</p> <p>Fiyat istikrarının olmaması</p> <p>Arpa alımlarının daha çok subjektif kriterlere göre yapılması, tüccar, borsa ve karma yem fabrikalarında zincirleme bir alım kriteri politikasına geçilememesi</p> <p>Ruminantların beslenmesinde yüksek miktarda arpa kullanıldığında asidosis riskinin oluşması</p>
---	---

**SONUÇ**

Arpa; Türkiye’nin hayvancılıkta kaba ve karma yem açığının önemli bir bölümünü karşılayan, malt sektörünün hammaddesi olarak kullanılan ve son yıllarda insan gıdasında değerlendirilme imkânı olan önemli bir bitkidir. Türkiye’de üretilen arpanın tamamına yakını iç piyasada tüketilmekte olup, Konya ilinde toprak ve iklim yapısının arpa üretimine uygun olması, büyükbaş ve küçükbaş hayvancılığın önemli bir yetiştiricilik alanı olması ve hayvancılık yatırımlarının giderek artması, yem ve malt fabrikalarının yoğun olarak bu bölgede konumlanması nedeniyle işletmeler tarımsal faaliyetleri içerisinde arpa üretimini sürdürmeye devam etmektedirler. Arpa, üreticilerin genellikle marjinal tarım arazilerini değerlendirmek amacıyla ettikleri bir bitki olduğundan, geleneksel üretimi benimsemiş işletmelerin yeni geliştirilen arpa çeşitleri ve üretim tekniklerine uzak durmasının bir sonucu olarak çeşit yaygınlığı ve teknoloji takibi diğer bitki üreticilerine göre daha zayıf olduğu görülmektedir. Bunun için arpa konusunda yayım eksikliğinin giderilmesi ve yeni geliştirilen çeşitlerin üreticiye ulaştırılma çalışmalarının artarak sürdürülmesi gereklidir. Arpayı gerek hayvan beslenmesinde kaba yem olarak kullanan gerekse ticari amaçla arpa üretimi yapan tarım işletmelerinin; ekecekleri arpa çeşidinde öncelikli olarak aradıkları özellik; arpanın yüksek verimli olmasıdır. Çünkü arpa sektöründe malt fabrikaları dışında kalan arpa alıcıları, fiyatlandırma kriteri olarak buğdayda olduğu gibi kalite kriterlerine göre bir barem uygulamamaktadır. Bu durumda üreticiler birim alandan en fazla verimi alacakları arpaları ekerek üretimlerini ekonomik hale getirmeye çalışmaktadırlar. Bunun için arpa üretiminde, üstün verim özelliklerine sahip, hastalık ve zararlılara dayanıklı ve çevresel streslere dirençli yeni çeşitlere ihtiyaç devam etmektedir. Sulu arazisi olan üreticilerin arpa üretimi yerine ekonomik yönden daha karlı alternatif bitki üretimini tercih edeceği göz önüne alındığında su koşullarına uyumlu arpa çeşitlerinin geliştirilmesi ve üreticilere ulaştırılması da büyük önem taşımaktadır. Arpa çeşitlerinin beklenen değer ve fiyatı görebilmesi için; arpa pazarlama zincirinde bulunan tüccar ve karma yem fabrikalarının arpa satın alırken; buğdayda olduğu gibi kalite kriterine göre fiyatlandırma yapabileceği bir alım sisteminin oluşturulması veya en azından malt fabrikalarının arpa alım kriterlerinin sektördeki diğer arpa alım yapan kuruluşlarda da uygulanması önerilir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmada; Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından desteklenen TAGEM/TEAD/15/A15/P02/001 numaralı “Arpa Üreten Sanayinin Talep Yapısının Üretici ve İşleme Bazında İncelenmesi, Konya İli Örneği” isimli projeden elde edilen verilerden yararlanılmıştır.

## KAYNAKLAR

- Aalami M. Leelavathi K. Rao U.J.S.P. 2007. Spaghetti making potential of Indian durum wheat varieties in relation to their protein, yellow pigment and enzyme contents. *Food Chemistry*, 100, 1243- 1248.
- Anonim, 2015. Ulusal Hububat Konseyi, arpa, yulaf, çavdar, tritikale raporu Erişim: <http://www.uhk.org.tr/tr/arpa-cavdar-yulaf-tritikale/> [Erişim tarihi 07.05.2020].
- Aydoğan S. Şahin M. Akçacık A.G. Ayrancı R. 2011. Konya koşullarına uygun yüksek verimli ve kaliteli arpa genotiplerinin belirlenmesi. *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(1), 10-16.
- Bashimov G. 2013. Türkmenistan Süt Sektörünün Mevcut Durumu: Fırsatlar ve Zorluklar, Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2 (2): 197-203.
- Bolat M. 2016. Bazı tarım ve gıda ürünlerinin piyasa değişkenlerine yönelik öngörüler, arpa piyasasında gelecek dönem öngörüsü GTHB TAGEM s 23-35 Ankara.
- Bozok D. Karaman R. 2018. Isparta Lavantasının Kırsal Turizm Kapsamında SWOT Analizi Yöntemiyle Değerlendirilmesi: Kuyucak Köyü Örneği. *International Journal of Social and Economic Sciences (IJSES)*, 8 (2), 27-33.
- Buldukoğlu S. 2014. Sağlık Turizminin Türkiye’deki Yeri ve Önemi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Ufuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Doğan H. Gürler A. 2015. Türkiye tarım havzaları üretim ve destekleme modeli kapsamında yeşilirmak tarım havzasında yetiştirilen tarım ürünlerinin arz duyarlılığı. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(3), 231-243.
- Doğan Y. Kendal E. Karahan T. Çiftçi V. 2014. Diyarbakır koşullarında bazı arpa genotiplerinde verim ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2014(2), 31-40.
- Elçi Ş. Kolsarıcı Ö. Geçit H.H. 1994. Tarla Bitkileri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 1385, Ankara, 17 – 47.
- Er C. 2011. Çeşit aday arpa genotipinin farklı koşullarda tarımsal özellikleri, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.
- Erbil E. Taş T. 2020. Yağlı Tohumlu Bitkiler Tarımının ve Yağ Sektörünün SWOT Analizi ile Değerlendirilmesi: GAP Bölgesi Örneği Geleceğin Dünyasında Bilimsel ve Mesleki Çalışmalar 20.
- FAO, 2020. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü FAOSTAT. Erişim: <http://www.fao.org/faostat/en/#data> [Erişim tarihi 07.05.2020].
- Güneş T. Arıkan R. 1988. Tarım Ekonomisi İstatistiği, Tarım Ekonomisi İstatistiği Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları:1049, Ders Kitabı:305, 175.
- Kendal E. 2012. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde iklim değişikliğinin arpa yetiştiriciliği üzerine etkisi. Uluslararası Gıda Tarım ve Gastronomi Kongresi. 15-19 Şubat, Antalya, 68-70.
- Kendal E. 2016. GGE Biplot analysis of multienvironment yield trials in barley (*Hordeum vulgare* L.) Cultivars. *Ekin Journal of Crop Breeding and Genetics* 2(1):90-99.
- Ketenci K. Bayramoğlu, Z. (2018) Türkiye’de Ceviz Üretimine Rekabet Analizi, *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* Cilt 5, Sayı 3. Sayfa 339-347.
- Kılınç M. Kırtok Y. Yağbasanlar T. 1992. Çukurova Koşullarına Uygun Arpa Çeşitlerinin Geliştirilmesi Üzerine Araştırmalar II. Arpa-Malt Semineri, 25-27 Mayıs 1992, 205-218 s., Konya.
- Koca Y. O. Ereku O. Sabancı S. Zeybek A. Yiğit A. 2015. Akdeniz kuşağında yetiştirilen arpa (*Hordeum vulgare* L.) çeşitlerinde verim unsurları ve tane kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 2015; 12(1) : 9 – 15.



- Köten M. Ünsal A.S. Atlı A. 2013. Arpanın insan gıdası olarak değerlendirilmesi. *Türk-Tarım Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*. 1(2), 51-55.
- Özen A. 2019. Çankırı ilinin su ürünleri sektör analizi, sorunlar ve çözüm önerileri, *GÜFBED/GUSTIJ* (2019) 9 (4): 808-815 Gümüşhane.
- Sav O. Sayın C. 2015. Sebze tohumculuk sektörünün SWOT analizi ile incelenmesi: Antalya ili örneği. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi*, Cilt 1 Sayı 1.
- Savran M K. Demirbaş N. 2012. Türk Zeytinyağı Sektöründe Kalite Sorununun SWOT Analiziyle Değerlendirilmesi, *Zeytin Bilimi Dergisi* 3 (1), 11-18.
- Sayım S. Akar T. Ergün N. Aydoğan S. 2013. Ülkemizde arpa ıslahı çalışmaları ve tohumculuğu. *TÜRKTOB*, 2(8): 14-19.
- Seki İ. Biler T. 2016. Büyükbaş Hayvan İşletmelerine Yönelik SWOT Analizi: Biga Örneği. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 4,51-59.
- Sirat A. Sezer İ. 2014. Samsun ilinde arpa üretim potansiyeli. *GÜFBED/GUSTIJ* (2014), 4(2), 183-192.
- Tapkı N. Emeksiz F. Dağıstan E. 2016. Hatay ili meyve fidanı üreticisi işletmelerin GZFT analizi ile değerlendirilmesi, *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(9), syf. 734-738.
- Taş B. 2011. Tarım alanlarının planlaması sürecinde SWOT analizi kullanımına bir örnek: Sandıklı ilçesi, *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 9 (2): 189-207.
- Taşcı R. Bayramoğlu Z. 2017. Arpa çeşitlerinin üretim, pazarlama ve işleme açısından önemi. *Turkish Journal of Agriculture: Food Science and Technology*, 5(8), 923-934.
- Toksoy D. Yenigün M. Şen G. 2009. Orman köylerindeki tarımsal kalkınma kooperatiflerinin SWOT analizi ile değerlendirilmesi (Maçka İlçesi Örneği), *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2009, 9 (1): 12-18.
- TTSM, 2020. Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü Erişim: <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Menu/30/Kayit-Listeleri> [Erişim tarihi 17.06.2020].
- TUİK, 2020. Türkiye İstatistik Kurumu Erişim: [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1001](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001) [Erişim tarihi 07.05.2020].
- Turgut İ. Konak C. Zeybek A. Acartürk E. Yılmaz R. 1997. Büyük Menderes Havzası sulu koşullarına uyumlu buğday çeşitlerinin belirlenmesi üzerine araştırmalar. *Türkiye II. Tarla Bitkileri Kongresi*, 22-25 Eylül 1997, 520-527 Samsun.
- Turhal K. Turhal Ü.Ç. 2014. Yapay sinir ağları ile süne zararlısının buğday danesi üzerindeki etkilerinin belirlenmesi. *Trakya University Journal of Natural Sciences*, 15(1), 25-30.
- Uçar D. Doğru A. 2005. CBS projelerinin stratejik planlaması ve SWOT analizinin yeri, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası*.
- Unakıtan G. Başaran B. 2018. Genç çiftçi projesinin başarısı için bir öneri: genç çiftçi kooperatifleri. *Balkan ve Yakın Doğu Sosyal Bilimler Dergisi*. 04 (02).
- Yamane T.1967. *Elementary sampling theory*, printice hall inc, englewood cliffs.
- Yazıcı K. Gülgün B. 2016. TR83 illerinde süs bitkileri sektörünün mevcut durumu ve geliştirilmesi üzerine bir araştırma. *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*, 3(1), 18-24.
- Yılmaz İ. 2009. Avrupa Birliği'ne uyum sürecinde Türk kesme çiçek sektörünün SWOT (GTZF) analizi, *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, Cilt, 22, Sayı: (1), 103–112.

**Türkiye'nin Biyoekonomi Politikalarının Tarımsal Açından Değerlendirilmesi**Hasan ARISOY<sup>1\*</sup>, Yücel AVCI<sup>2</sup>

**ÖZET:** Artan nüfus, tükenen doğal kaynaklar, küresel iklim değişikliği gibi nedenler, dünyanın mevcut tüketim düzeyinin artık sürdürülebilir olmadığını göstermektedir. Biyoekonomi; biyolojik kaynakları (tarım, gıda, ormancılık, balıkçılık, diğer biyo-temelli endüstriler) üreten, yöneten ve yayan her türlü endüstri ve ekonomik sektörü kapsamaktadır. Günümüz dünyasının tarım eksenli biyoekonomisi, sürdürülebilir kalkınma için yeni bir paradigma olarak değerlendirilebilir. Bu çalışma ile biyoekonomi kavramının ortaya çıkışı, dünyada öne çıkan biyoekonomi politikaları ve Türkiye'de bu alandaki gelişmelerin tarımsal açıdan değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün raporuna göre, 2050 yılında insanların besin ihtiyacının yeteri kadar karşılanması için gıda gereksiniminin %70 artacağı, küresel su gereksiniminin %55 artacağı, dünya nüfusunun %40'ının su sorunu yaşayacağı vurgulanmaktadır. Tüm gelişmiş ülkeler bu tehlikenin farkında oldukları için biyoekonomi temelli politikalar ve kalkınma stratejileri üretmektedirler. Dünyada kırktan fazla ülke biyoekonomi stratejisini belirlemiştir. Türkiye'de de bu konuda atılan bazı adımlar vardır. Örneğin Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü bünyesinde bir yol haritası belirlenmiştir. Ancak henüz bir biyoekonomi stratejisi yoktur. Türkiye'nin de en kısa zamanda biyoekonomi stratejisini belirlemesi ve dünyadaki bu paradigma değişimine ayak uydurması gerekmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Biyoekonomi, tarım, paradigma, sürdürülebilirlik, Türkiye

**The Evaluation of Turkey's Bioeconomic Policies from the Agricultural Point of View**

**ABSTRACT:** Causes such as increasing population, depleted natural resources, global climate change shows that the current consumption level of the world is no longer sustainable. The bioeconomy; It covers all kinds of industry and economic sectors that produce, manage and emit biological resources (agriculture, food, forest, fisheries and other bio-based industries). The agriculture-based bioeconomy of today's world can be considered as a new paradigm for sustainable development. With this study, the emergence of the bioeconomy concept, prominent bioeconomic policies in the world and developments in this area in Turkey, are aimed to be evaluated from the agricultural point of view. According to the FAO report, to meet people's nutritional needs adequately, it is emphasized that in 2050 the need for food will increase by %70, the global water requirement will increase by 55%, and 40% of the world population will experience water problems. Since all developed countries are aware of this danger, they produce bioeconomic based policies and development strategies. More than forty countries in the world have determined their bioeconomic strategy. There are some steps taken in this regard in Turkey. For example, a road map has been determined within the General Directorate of Agricultural Research and Policies. However, there is no bioeconomic strategy yet. Turkey also needs to determine the bioeconomy strategy and must adapt to this paradigm shift in the world.

**Keywords:** Bioeconomy, agriculture, paradigm, sustainability, Turkey

<sup>1</sup>Hasan ARISOY (Orcid ID: 0000-0002-5956-6055), Yücel AVCI (Orcid ID: 0000-0002-5162-9031), Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Konya, Türkiye.

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Hasan ARISOY, arisoy@selcuk.edu.tr

## GİRİŞ

İnsanlık, dünya kaynaklarını hızla tüketme eğilimindedir. Özellikle bu durum, 1990'lerden başlayan küreselleşme olgusu ile hız kazanmıştır. Aşırı tüketim alışkanlığı, doğal kaynakların azalması, küresel iklim değişikliği gibi sorunlar sürdürülebilirlik, gıda güvencesi ve gıda güvenilirliği kavramlarını gündemde tutmaktadır. Bu kavramlar da doğrudan tarım sektörü ile ilişkilidir. Nitekim tarımsal faaliyetin temel girdi-çıktıları olan su, enerji ve gıda yakın gelecekte savaş nedenleri olabilecek stratejik öneme sahip temel güvenlik sorunları olarak değerlendirilmektedir.

Dünya ekonomisindeki ve ticaret hacmindeki büyüme ve bireysel gelir artışı devam etmektedir. Ortalama yaşam süresi ve kalitesinin artmasını sağlayan sağlık hizmetlerine, gıdaya, hayvan yemine, temiz suya, enerjiye, barınmaya ve giyim malzemeleri için gerekli tüm doğal kaynaklara da talep artışı olacaktır. Doğal kaynaklarda sınıra ulaşma, son dönemlerde yoğun bir şekilde hissedilmeye başlanmış, iklim değişikliği gibi gelişmelerin de etkisi ile dünyada yer alan ekosistemlerin sürdürülebilirliği oldukça güçleşmiştir (Arslanhan, 2012).

Birleşmiş Milletler (BM) raporuna göre, 2050 yılında dünya nüfusunun 9.3 milyara ulaşacağı ve bu nüfusun %16'sının 65 yaşın üzerinde olacağı beklenmektedir. Aynı rapora göre, 2050 yılında insanların besin ihtiyacının yeteri kadar karşılanması için gıda gereksiniminin %70 artacağı, dünya nüfusunun %40'ının su sorunu yaşayacağı vurgulanmaktadır (UN, 2011). Uluslararası Gıda Politikaları Araştırma Enstitüsü'nün (IFPRI) yayınladığı raporda ise 2050 yılında dünya kırmızı et tüketim miktarının %80 ve tahıl tüketim miktarının %52 artacağı beklenmektedir. Ayrıca mevcut et tüketiminin 250 milyon tondan 500 milyon tona çıkacağı tahmin edilmiştir. Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) raporunda ise küresel anlamda gıda politikalarında bir değişiklik olmadığı takdirde küresel su gereksiniminin %55, tarımda kullanılan su miktarının ise %70-90 arasında artacağı beklenmektedir (Sheppard ve ark., 2011).

Dünyadaki bu gelişmeler sürdürülebilir bir tarımsal faaliyetin gerekliliğini işaret etmektedir. Sürdürülebilir ve ekolojik dengeyi gözetilen bir üretim modeli için son yıllarda *biyoekonomi* kavramı üzerinde önemle durulmaktadır. Biyoekonomi terimi ilk kez Juan Enriquez ve Rodrigo Martinez tarafından 1997'de Amerikan Bilimsel Gelişme Birliği'nin bir seminerinde tanımlanmıştır. Bu ilk tanıma göre biyoekonomi; biyoteknoloji (genetik ve moleküler düzeydeki mekanizmalar ve işlemler) odaklı bilimsel ve araştırma faaliyetlerinden türemeye tüm iktisadi faaliyetlere işaret etmektedir (Kalaycı, 2012). Biyoekonomi; biyolojik kaynakları (tarım, gıda, ormancılık, balıkçılık, diğer biyo-temelli endüstriler) üreten, yöneten ve yayan her türlü endüstri ve ekonomik sektörü kapsamaktadır (CREPE, 2011). Biyoekonominin söz konusu edildiği yerde *sürdürülebilirlik* anahtar bir kavram halini almaktadır (Redclift, 1999; Gustafsson ve ark., 2011; Begley, 2012; Herudle, 2012; Kalaycı, 2012). Leach ve ark. (2007) günümüz dünyasındaki değişime vurgu yaparak tarım da dahil tüm sektörlerin etkileşim halinde olduğunu belirtmiştir. Hall (2012) insan gıdasını, hayvan yemini, biyoyakıtı ve diğer ham maddeleri yeterince arz edebilmek için tüm faaliyetlerin daha sürdürülebilir ve daha üretken tarım sistemlerini odak alması gereğine vurgu yapmıştır. Avrupa'da çevresel sorunlar üzerine ortak araştırma yapan bir ajans olan CREPE'ye (2011) göre biyoekonomi temelli bilgi bağlamında çiftçiler biyolojik kaynaklar, iktisadi ilişkiler ve bilgi üçlüsünden oluşan anahtar araçlarla *sürdürülebilir tarıma* odaklanacaklardır.

Günümüz dünyasının tarım eksenli biyoekonomisi, sürdürülebilir kalkınma için yeni bir paradigma olarak değerlendirilebilir (Kalaycı, 2012). Bu çalışma ile biyoekonomi kavramının ortaya çıkışı, dünyada öne çıkan biyoekonomi politikaları ve Türkiye'de bu alandaki gelişmelerin tarımsal açıdan değerlendirilmesinin yapılması amaçlanmıştır.

## DÜNYADA BİYOEKONOMİ ALANINDAKİ GELİŞMELER

Yirmi birinci yüzyılın başından itibaren, ülkelerin büyüme stratejilerindeki değişim, dünya ekonomisindeki yapısal dönüşüm ve küresel problemlerdeki değişimin etkilerinin belirginleştiği farklı bir dönemden geçilmektedir. Bilgiye dayalı sektörlerin öne çıktığı yeni ekonomik yaklaşımlar, artan nüfus, yaşlılık, yeni hastalıklar, doğal kaynaklara olan talep artışı gibi eğilimlerin de etkisiyle ciddi sosyal, ekonomik ve çevresel problemler ile karşı karşıya kalmıştır. Nüfus ve gelir seviyesi eğilimlerinin en fazla tarım gibi birincil sektörlerde kullanılan biyoteknoloji için önemli olması beklenirken, demografik değişimin sağlıkta ve biyoteknolojide, iklimsel ve çevresel değişimlerin endüstriyel biyoteknolojide etkili olması beklenmektedir (Arslanhan Memiş ve Aslankut, 2013).

Gıda, yem, endüstriyel sektörler ve enerji üretiminde biyolojik kaynakların ve atıkların kullanımına dayanan ekonomik faaliyetler olarak tanımlanan biyoekonomi (EC, 2012), tüm dünyada yükselen bir ivme olarak gösterilmektedir. Aynı zamanda ekonominin sürdürülebilir kalkınma kavramıyla bütünleşmesi olarak değerlendirilebilir (Schmidt ve ark., 2012). Sürdürülebilir üretim ile biyolojik kaynaklardan elde edilen ürün ve girdilerin ekonomiye kazandırılması anlamına gelen biyoekonomi, özellikle tarım, gıda, sağlık, endüstriyel ürünler ve enerji sektörüne önemli katkı sağlamaktadır (Kilit, 2014). Jonhson (2010), biyoekonomi için, toplumun yenilenemez kaynaklara olan bağımlılığını önemli ölçüde azaltacak şekilde, karbon ve enerjinin yaşamsal kaynaklarına erişilmesinin yolu demıştır. Jonhson'a göre, tarım sektörü, biyo tabanlı ürünlerin üretimi için biyolojik yenilenebilir kaynakları elde ederek bu olası dönüşümü sağlayacaktır.

Deng'e (2010) göre, biyoekonomi, üretim modellerini 4f (food, feed, fuel, fiber) yani gıda, yem, yakıt, lif için değiştirecek ve bu modelleri yeni tarımsal kalkınma görünümüne dönüştürecektir. Bu bağlamda, Mathews'e (2009) göre, petroekonomiden biyoekonomiye bir gidiş vardır, zira tarımsal taleplerle bütünleşen ve fosil yakıtlara ciddi bir seçenek oluşturan biyoenerji üretimi söz konusudur. Duffy (2012) ise, tarımın biyoekonomiye doğru radikal bir değişim içinde olduğunu ve biyoekonominin şimdilik, özellikle mısır ve soya fasulyesi gibi yenilenebilir kaynaklardan üretilen ilksel yakıtları içerdiğini belirtmektedir (Kalaycı, 2012).

Avustralya'nın ulusal bilim ajansı olan CSIRO (2011), biyoekonominin çerçevesini, aşağıdaki unsurlara dayanarak kurmaktadır (Kalaycı, 2012).

- i-Biyogüvenlik ve biyoçeşitlilik eksenli "sürdürülebilirlik";
- ii-Çöp, ormancılık, su yosunu, katı atık, vb. işleme ile çeşitli şekillerde elde edilen "biyokütle";
- iii-Hem gıda hem de gıda dışı ürünlerin içinde hammadde dönüşümünün yapıldığı "biyorafineriler";
- iv- Modern biyoteknoloji araçlarının ve gelişen biyoaktif alanların kullanımı; geleneksel yöntemler yoluyla yerel ve bölgesel olarak gıda güvenliği ile teslim "gıda çıktıkları";
- v-Düşük enerji ve madde yayılımının gelişmesi.. "gıda-dışı ürünler".

Biyoeconomik değeri ve önemini belirten en somut örnek, bitkisel ve hayvansal gıdaların kaynağını meydana getirmesidir. Milyonlarca yıl süren evrim sürecinde insanlar, avcı ve toplayıcı olarak hayvan ve balıkları avlayıp gıda ihtiyaçlarının bir kısmını elde etmişlerdir. Ayrıca yabani olan meyve ve sebzeleri de toplayıp yaşamlarına devam etmişlerdir. Yabani biçimden zirai üretim ile değişik türler geliştirilerek, çağdaş ziraatta yüksek verime sahip bitkilerin kullanımıyla biyoçeşitliliğin sağladığı yarar maksimum hale getirilmiştir. Bu olgu biyolojik kaynakların gıda maddesi ve gen kaynağı olarak önemini ne derece yüksek olduğunu göstermektedir (Demir, 2009).

Biyoeconomik anlamında yaptığı önemli bir katkı da, ilaç hammaddesi olarak kullanım potansiyelinin olmasıdır. Küresel biçimde insan, sağlıklı bir şekilde yaşamak amacıyla bitkilerden

sağlanan ilaçlara ihtiyaç duyar ve/veya kullanır. Günümüz Avrupa'sında satışı yapılan ilaçların %25'i bitkilerden sağlanan efedrin, ergogatin gibi aktif hammaddeleri içermektedir (Erdem, 2004) ve 20-70 bin arasında bitki, tıp alanında ya da ilaç hammaddesi olarak kullanılmaktadır. Tıp alanında tıbbi amaçlar için kullanımı sağlanan ticari bitkilerin piyasadaki değerinin yılda 5 milyar \$ olduğu saptanmıştır (Pearce ve Puroshothaman 1993; Simpson ve ark., 1996). Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) yetişen 5 000 bitki arasından 16 tanesinin potansiyel medikal alanda kullanım değeri olduğu ve her bir bitki değerinin 203 milyar \$ ve 16 bitkinin toplam değerinin 3 248 milyar \$ olduğunun tespiti yapılmıştır. Ayrıca ABD'de 40 farklı bitkinin reçete değerinin 11.7 milyar \$ olduğu ve bu 40 bitkinin her birinin ekonomik değerinin yaklaşık 290 milyon \$ olduğu ve bu her bitkinin yaşam seviyesine katkı değerinin 6 milyar \$ olduğu düşünülmektedir (Kumar, 2004). Bu veriler ile biyoçeşitlilik incelendiğinde medikal kaynaklar, doğrudan ilacın etken maddesi veya inaktif katkı maddeleri olarak piyasada önemli ölçüde ekonomik bir değer unsurudur (Demir, 2009). Dünya'da tanımlanan bitki ve hayvan türlerinin sayısı 1 740 330'dur. Doğal orman ekosistemleri açısından zengin olan Türkiye'de bu rakam yaklaşık 76 539'dur (TOB, 2012).

Dünyada 2050 yılında fosillerden oluşturulan enerji kaynaklarının önemli ölçüde tükeneceği düşünülmektedir. Bu durum, yenilenebilir biyolojik kaynakların kullanım ve idaresini gözden geçirme ihtiyacı doğurmuştur. Özellikle Avrupa ekonomisi büyük ölçüde fosil kaynaklara bağımlıdır ve bunun tükenmesi, petrol sonrası yeni bir döneme geçiş yapılacağını göstermektedir. Smolker (2008)'e göre insanoğlu fosil yakıt enerjisini bitki biyokütle enerjisi ile ikame edemezse (ki buna mahkûm) mevcut durumun devamı için enerji tüketimi kısılmak zorundadır. Biyoekonomi, tarım eksenli sürdürülebilir kalkınma için yeni bir paradigmadır ve tarımın geleceği azalan enerjiye karşı nasıl davranacağımızın etkisi altında şekillenecektir.

McDonald'a (2010) göre geleneksel tarım ekonomisi, gıda ve yem üreticileri ve orta sınıfa hitap ederken; geleceğin tarım ekonomisi ise biyoekonomi ekseninde gıda ve yem üretimini devam ettiren biyoürünlere ağırlık verecek. Biyoekonomi, mevcut ve yeni teknolojiler ve süreçler yoluyla yenilenebilir kaynaklardan imal edilmiş biyoürünleri kapsar. Bu ürünler "biyo yakıtlar" (etanol, bütanol, biyodizel), "biyo enerji" (biyogaz, ısı, güç), "biyo malzemeler" (biyoplastik, biyokimyasal, biyolif), "biyo ilaçlar" ve "biyo kozmetikler" (fonksiyonel gıda, nutrasötikler, biyoaktif bileşenler) şeklindedir.

Tarım sektörü; gıdadan tekstile, kimya ve enerjiden sağlık ve ilaca kadar pek çok alt sektörü etkileyen kapsamlı bir iktisadi alandır. O nedenle canlı organizmalar ve DNA (genom-genetik) ile ilgilidir. Hem çevreyi kullanır hem de ona biçim verir. Tarım sektörü bitki genetiği ve biyoteknolojinin sunduğu yeni fırsatlardan (paradigma kaymasının sonucu olarak) payına düşenden daha fazlasını almaktadır (EC, 2004).

Mendel Biotechnology (2009) adlı kuruluşa göre, tarım, enerji ve biyoteknolojinin yakınsaması, iktisadi kalkınma ihtiyacı duyan pek çok kırsal alanda biyoekonomiye geçiş için temel hazırlamaktadır. Buna göre, sadece yenilenebilir yakıt alanından elde edilen iktisadi çıktı 2012'de 5.5 milyar \$'dır. Bu rakamın 2022'de 37 milyar \$'a çıkması öngörülmektedir.

Ayrıca Iglesias (2005), biyoekonominin; tarım, gıda, ormancılık, balıkçılık vb. biyolojik kaynakları üreten, yöneten ve kullanan tüm sanayileri ve iktisadi sektörleri içermekte olduğunu, Sheppard, ve ark. (2011) bir küresel gelecek vizyonu ve tarım için planlama ve ucuz gıdaya erişmek için de daha yüksek verimlilik yoluyla gelişmiş ve gelişen ülkelerin GSYH'sinde tarımın artan rolünü öne çıkartarak, bu rolün beklenen "yeşil devrimi" destekleyen etkili bir yaklaşım olduğunu vurgulamışlardır.



Bu çerçevede Verschoor ve ark., (2011), Tarımsal Biyoekonominin (Agro-Bioeconomy) yarattığı bazı fırsatları sıralamışlardır. Bu fırsatlar;

i-hayvan sağlığı ile ilgili ürünler, büyük çaplı hastalık risklerini azaltacaktır,

ii-potansiyel tehdit olan hayvan hastalıklarına odaklanma, hayvancılık sektöründe yüksek büyümeyi uyandırabilir,

iii-uygulanamaz patentler, tarımda iktisadi ürünlerin elde edilmesi yönünde sonuçlanabilir,

iv-ürün kalitesi standartlarına yönelik teknolojiler, biyo-küresel piyasalara erişimi arttırmada üstünlük sağlayabilir,

v-aşı ve ilaç gibi kamu malı projelerinde çok uluslu markaların paylaşımı sağlanabilir.

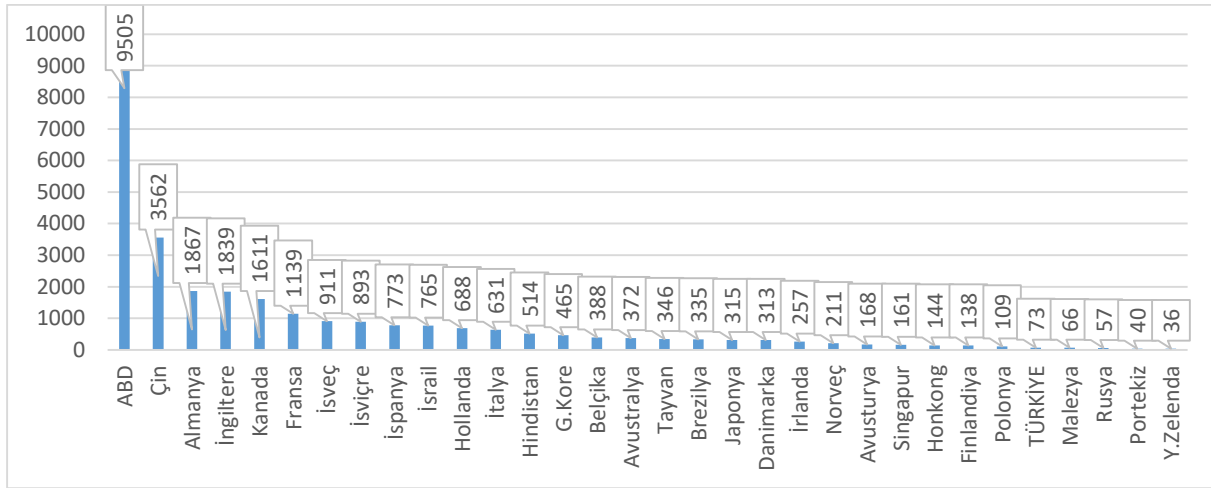
Tarım sektöründeki biyoekonomik uygulamalar genellikle biyoteknolojik gelişmeler ekseninde şekillenmiştir. Özellikle virüs ve bakteriler üzerinde yapılan biyoteknolojik çalışmalar ile besin değeri yüksek, daha sağlıklı ve yüksek kalitede gıda üretilerek işletme karlılıklarının artması sağlanmıştır. Ayrıca tarımsal üretimde kullanılan mücadele ilacı, gübre ve diğer girdiler için yapılan masrafların en aza indirilmesinde biyoteknolojik uygulamaların katkısı bulunmaktadır (Bayramoğlu ve ark., 2018).

Biyoteknoloji, dünyanın karşılaştığı pek çok sağlık, ekosistem ve doğal kaynakların sürdürülebilmesine ait problemlere teknolojik çözümler bulmakta ve farklı sanayilerdeki kullanımıyla verimliliğin artmasına katkıda bulunmaktadır. Küresel biyoteknoloji piyasası 2000 yılından 2009 yılına kadar yaklaşık 10 kat büyümüştür (OECD, 2009).

Çeşitli ülkeler, ekonomik genişleme ve global rekabet gücü kazanmada biyoteknolojiyi fırsat olarak görmektedir. Biyoteknoloji dalının önderi ABD'dir. Son zamanlarda Hindistan, Çin, Güney Kore, İsrail, İrlanda, Singapur gibi ülkelerde hızlı bir gelişme gözlenmektedir. Bu bahsedilen ülkelerde, kaliteli işgücünün geliştirilmesi yönünde özel eğitim programları fazlaştırılmıştır. Yasal düzenlemeler basitleştirici biçimde düzenlenmiştir. Bu ülkeler biyoteknoloji stratejik sektör olarak belirleyerek "girişim sermayesi fonları ve biyoteknoloji özellikli programlar" gibi finansal yöntemler oluşturmuşlardır (Arslanhan Memiş ve Aslankut, 2013).

Özellikle 21.yüzyıl ile başlayan hem ekonomilerin yapısı ve büyüme stratejilerindeki farklılaşmayla birlikte bilgi esaslı sektörlerin öne çıktığı yeni ekonomiler, nüfusun artışı, yaşlanma, hastalıklardaki değişim, doğal kaynaklara talebin artması gibi popüler ihtiyaçlara bağlı olarak Çin, ABD, Hindistan ve Avrupa ülkelerinin GSYİH içerisindeki biyoteknoloji gelir paylarının artacağı gözlemlenmektedir. Biyoekonominin küresel rekabet anlamında önemini gören ülkeler AR-GE ve inovasyon sahalarını ilerletmeye ilişkin pek çok girişimcilik örneği oluşturmuşlardır. ABD'nin biyoteknoloji geliri 2010 yılında GSYİH'nın %2'sini aşmış, Malezya ve Çin'de %2.5 düzeyine ulaşmıştır. ABD 2020 hedefini %20, Malezya %10, Çin %5-8 seviyelerinde belirlemiştir (Arslanhan Memiş ve Aslankut, 2013).

OECD (2009) raporuna göre ABD ve AB'de 3 300 faal biyoteknoloji firması, ayrıca 2 075 AB'de, 2 744 de ABD'de kısmi biyoteknoloji şirketi vardır (Kalaycı, 2012). Dünyada biyoekonomi ve biyoteknoloji alanında yaşanan gelişmeler neticesinde bu alanda faaliyet gösteren firmaların sayıları da artmıştır. Dünyada BIOTECH GATE veri tabanına kayıtlı olan biyoteknoloji firma sayısı 2019 yılı itibarıyla 53 654'e ulaşmıştır. Bu alanda ilk sırada 9 505 firma ile ABD yer almaktadır (BIOTECH GATE, 2019). (Şekil 1).



Şekil 1. Dünyada biyoteknoloji firma sayısı (BIOTECH GATE, 2019)

OECD (2009) raporuna göre, OECD bölgesinde biyoteknoloji alanındaki AR-GE harcamalarının büyük bölümünü sağlık konusu oluşturmaktadır. Aynı rapora göre, 2030 yılında biyoteknoloji brüt katma değerinde tarımın payının %36 olacağını tahmin edilmektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. OECD ülkelerinde geleceğin biyoteknoloji pazarı ve AR-GE harcamaları (OECD, 2009)

	OECD ülkelerinde geleceğin biyoteknoloji pazarına yapılan AR-GE harcamalarının payı (%) (2003)	OECD ülkelerinde 2030 yılındaki biyoteknoloji brüt katma değeri içerisinde tahmini sektör payları (%) (2030)
Sağlık	87	25
Tarım	4	36
Sanayi	2	39
Diğer	7	-
Toplam	100	100

Biyoteknolojinin tarım alanında, ekilebilir alanların artırılması, tarımsal üretimde yoğun olarak kullanılan su gibi sınırlı kaynakların etkin kullanımının sağlanması, çevreye uyumlu bir şekilde bitki zararlılarının kontrol altına alınarak kimyasal kullanımının azaltılması gibi uygulamaları vardır. Dünyada, büyük ölçüde az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerden kaynaklı nüfus artışı yaşanmaktadır. Bu durum, dünyanın gıda yetersizliği problemi ile karşı karşıya kalacağı endişesine neden olmaktadır. Biyoteknoloji uygulamalarının tarımda yeni bir dönem başlatarak içeriği geliştirilen ürünlerin besin yetersizliğine çare olabileceği düşünülmektedir (Arslanhan Memiş ve Aslankut, 2013).

Modern biyoteknoloji süreçlerine tabi olan tarım ürünleri üretiminin, küresel ekonomiye katkısı da her geçen gün artmaktadır. Genetiği değiştirilmiş tarım ürünlerinden, 2010 yılında ABD’de elde edilen gelir 110 milyar \$ olup bu alandaki toplam küresel gelirin yaklaşık yarısını oluşturmaktadır. Son yıllardaki biyoteknoloji kökenli tarımsal gelirin büyük kısmı üç üründen elde edilmektedir. Bu ürünler; mısır, soya ve pamuk olup son zamanlarda şeker pancarında da artış gözlenmektedir (Arslanhan Memiş ve Aslankut, 2013).

Biyoekonomiye dayalı geliştirilen stratejiler, ekonomi anlamında büyümeyi gerçekleştirirken kompleks olan ve birbiriyle bağlı olan sorunların çözümüne fırsatlar sunmaktadır. Böylelikle tüketici gereksinimlerini ve sanayilerin taleplerini karşılayan ve iklim değişikliği problemlerine çözüm bulan, kaynakların daha etkili kullanıldığı bir topluma geçiş yapılması için önem arz eden bir adım atılmıştır. Biyoekonominin ayrıştırılabilmesi ve ölçülebilir veri haline getirilmesi zor olmasına rağmen, son yıllarda yapılan bazı çalışmalarda büyüklüğe ilişkin veriler yer almaktadır. Avrupa’da “The European

Bioeconomy in 2030" raporuna göre biyoekonominin toplam AB GSYH'si içindeki payı %17, toplam istihdam içindeki payı %9'dur (Arslanhan Memiş ve Aslankut, 2013). AB biyoekonomisi yaklaşık olarak 2 trilyon € ciroya ve 22 milyondan daha fazla istihdama sahiptir (Kalaycı, 2012).

Biyoekonomi alanındaki ilk resmi belge (The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda) OECD tarafından yayınlanmıştır (OECD, 2009). Belge daha çok biyolojik süreçlerde teknolojinin kullanımının sosyo ekonomik yapıya olan katkılarını ortaya koymaya çalışmıştır. İkinci belge (Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe) ise Avrupa komisyonu tarafından 2012 yılında yayınlanmıştır. Bu raporda Avrupa'nın sürdürülebilir büyümesi için biyoekonomi yenilikçi bir yaklaşım olarak belirlenmiş ve Avrupa için biyoekonomi stratejisi ortaya konmuştur (European Commission, 2012). Üçüncü belge (National Bioeconomy Blueprint) de Amerika tarafından 2012 yılında açıklanmıştır. Bu belgede dünyanın yenilikçi bir ekonomik yaklaşım içerisinde olduğu belirtilmiş ve Amerika'nın biyoekonomi potansiyelini gerçekleştirmeye yardımcı olacak stratejik hedefler ortaya konmuştur (White House, 2012).

Dünyada biyoekonomi alanında küresel bir işbirliği gereği doğmuştur. Bu nedenle günümüze kadar çeşitli uluslararası organizasyonlar kurulmuştur (Çizelge 2). Kırktan fazla ülkede biyoekonomi stratejisi belirlenmiştir. Uluslararası Biyoekonomi Forumu (IBF) küresel bir iş birliğini sağlamak ana amacıyla 2017 yılında Avrupa Komisyonu ve Kanada'nın başkanlık ettiği toplantıda kurulmuştur. Toplantıya her kıtadan çeşitli ülkeler katılmıştır. Kanada, ABD, Arjantin, Güney Afrika, Hindistan, Çin ve Yeni Zelanda IBF'ye üye sıfatı ile katılmıştır. Avustralya ve Güney Kore gözlemci olarak katılmıştır. Avrupa üye devletleri de genel kurulda Tarımsal Araştırma Daimi Komitesi (SCAR) delegesi aracılığıyla temsil edilmiştir. Genel kurulda yer alan diğer gözlemciler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ve BIOEAST girişimidir. IBF, biyoekonominin öneminin uluslararası düzeyde artırılmasını sağlamak ve bu alandaki uluslararası Ar-Ge işbirliğini yapılandırma konusunda fırsat olarak görülmektedir. IBF'nin yapısı biyoekonomi ile ilgili özel konulara odaklanan geçici çalışma gruplarına dayanmaktadır. Çalışma gruplarına katılım, genel kurulda oturan kurumlardan biri tarafından aday gösterilmesi şartıyla, her türlü uzmana açıktır.

BIOEAST – Merkez ve Doğu Avrupa ülkelerinin kurmuş olduğu bir girişimdir. Biyoekonomide bilgi temelli tarım, su ürünleri ve ormancılık yapılması ve deneyimleri paylaşmak için kurulmuştur. BIOEAST Girişimi sayesinde, Orta ve Doğu Avrupa (CEE) ülkeleri, 2030 için kapsayıcı büyümelerini arttırmaya ve özellikle kırsal alanlarda yeni katma değerli işler yaratmaya yardımcı olmak için bilgi ve işbirliğine dayalı biyoekonomi vizyonu belirlemişlerdir.

İskandinav Biyoekonomi Konseyi'nin (Nordic Co-operation) ana görevi, sürdürülebilir biyoekonomiyi teşvik etmek için seçeneklerin ve pratik önlemlerin ana hatlarını çizerek teklifler hazırlamaktır. İskandinav ülkeleri 2017 yılında biyoekonomi stratejilerini oluşturmuşlardır.

Tarımsal Araştırmalar Daimi Komitesi (SCAR) AB Konseyi Tüzüğü ile 1974 yılında kurulmuştur. Ancak 2004'te daha aktif şekilde çalışmalara başlamıştır. Avrupa'daki tarımsal araştırmaların koordinasyonuna ilişkin tavsiyeler vermektedir. Öngörü çalışmaları, araştırmalar için ihtiyaç duyulan analizler, çalışma grupları vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir. Bu çalışma gruplarından birisi de Biyoekonomi Çalışma Grubudur.

**Çizelge 2.** Biyoekonomi alanında faaliyet gösteren uluslararası organizasyonlar (IBF, BIOEAST, Nordic Co-operation, 2019)

ORGANİZASYON	ÜYELER
International Bioeconomy Forum (IBF) (Uluslararası Biyoekonomi Forumu)	Avrupa Komisyonu, Kanada, Yeni Zelanda, ABD, Arjantin, Çin, Hindistan, Güney Afrika
BIOEAST – Central and Eastern European initiative for knowledge-based agriculture, aquaculture and forestry in the bioeconomy (Biyoekonomide bilgiye dayalı tarım, su ürünleri ve ormancılık için Orta ve Doğu Avrupa girişimi)	Çekya, Macaristan, Polonya ve Slovakya tarafından kurulan organizasyona daha sonra Bulgaristan, Hırvatistan, Letonya, Litvanya, Estonya, Romanya, Slovenya katılmıştır.
Nordic Bioeconomy Council (Nordic Co-operation) (İskandinav Biyoekonomi Konseyi)	Danimarka, Finlandiya, İzlanda, Norveç, İsveç, Faroe Adaları, Grönland
Standing Committee on Agricultural Research (SCAR) (Tarımsal Araştırmalar Daimi Komitesi)	AB-28 üye ülkeler, aday ülkeler ve Türkiye, işbirliği yapılan ülkeler

Ayrıca iki yılda bir Alman Biyoekonomi Konseyi tarafından organize edilen “Küresel Biyoekonomi Zirvesi” (Global Bioeconomy Summit) toplanmaktadır. Özel sektör girişimiyle dünyanın farklı yerlerinde her yıl “Küresel Döngüsel Ekonomi Konferansı” (Global Circular Economy Conference) düzenlenmektedir.

## TÜRKİYE'NİN BİYOEKONOMİ POLİTİKALARI

Tarım ve su ürünleri sektörlerinde büyük potansiyeli olan Türkiye, biyoekonomi, biyoçeşitlilik ve biyoteknoloji platformlarında önemli bir rol almaya adaydır. Ancak Türkiye’de bu konular son birkaç yılda gündeme gelmiştir. Tarımsal Araştırmalar Daimi Komitesi (SCAR)’nin Biyokütle çalışma grubundan 2012 yılında davet geldikten sonra Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) konunun Türkiye açısından önemini ortaya koyma adına 20 Haziran 2013 tarihinde Biyoekonomi Çalıştayı düzenlemiştir. Çalıştayda; Biyoekonomi yönlendirme kurulunun kurulması, paydaş kurum ve kuruluşların ve rollerinin belirlenmesi, ülkesel biyoekonomi stratejisinin oluşturulması için çalışma grubu kurulması, envanter çalışmalarının başlatılması, Türkiye'nin tematik önceliklerinin belirlenmesi, strateji hazırlanması ve izlenmesi konusunda görüş birliğine varılmıştır (Kilci, 2019).

Çalıştayda alınan kararlar sonuç raporunda özetlenmiştir (Yılmaz, 2014) ;

- Sektörel bazda güçlü ve zayıf yönlerin tespiti ile fırsat ve tehditlerin belirlenmesi,
- Biyoekonomi paydaşları arasında sürdürülebilir işbirliğine gidilmesi,
- Biyolojik kaynakların sürdürülebilir kullanımı ve üretimi,
- Ar-Ge, kurumsal kapasite, ileri teknolojiler geliştirme
- Örgütlenme ve pazarlama faaliyetlerinin desteklenmesi,
- Biyokütleden katma değeri yüksek yeni ürünlerin geliştirilmesi
- Konu ile ilgili mevzuatın gözden geçirilmesi, eksikliklerin tamamlanması,
- Paydaş kuruluşlar arasındaki mevzuat uyumunun sağlanması
- Paydaşların insan kaynakları potansiyelinin geliştirilmesi amacıyla eğitim, yayım ve yayın faaliyetlerine önem verilmesi
- AB'deki çalışmaları izlemek ve katılmak, Ulusal ve uluslararası girişimlere katkı verilmesi.

Türkiye’de son yıllarda biyoteknolojide akademik çalışmalar yoğunlaşmış, üniversitelerde açılan Moleküler Biyoloji ve Genetik bölümlerinin sayısı artmıştır. Türkiye’nin biyoekonomi alanındaki bilgi açığını kapatacak bir diğer girişim 2018 yılında Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü bünyesinde “Biyoekonomi Tezsiz Yüksek Lisans Programı”nın açılmasıdır. Aynı zamanda özel sektörde de bir hareketlenme olmuş, teknoparklarda girişimciler tarafından kurulan biyoteknoloji firma sayısında da artış yaşanmıştır. Ancak Türkiye’de 2019 yılı itibariyle 73 olan biyoteknoloji firma sayısı birçok ülkenin gerisinde kalmıştır (Şekil 1).

TAGEM, biyoekonomi konusunda 2019 yılının yol haritasını belirlemiştir. Bu kapsamda TAGEM, Üniversite, TÜBİTAK gibi kurum temsilcilerinden oluşan “Biyoekonomi Strateji Belgesi Hazırlama Grubu” adı altında bir çalışma grubu oluşturulmuştur. Tarım ve Orman Bakanlığı bünyesinde konu ile ilgili farkındalık oluşturma faaliyetleri devam etmektedir. Biyoekonomi stratejisi hazırlayan ülkelerin incelenmesi, ülke ziyaretleri ve uzmanların davet edilmesi planlanmıştır. Konu ile ilgili Bakanlıklar, üniversiteler ve özel sektörün bilgilendirilmesi, farkındalık çalışmalarının yapılması da belirlenen yol haritası ile planlanmıştır.

## SONUÇ

İçinde bulunduğumuz dönem ve şartlar yeni teknolojik alt yapıları ile yeni büyüme stratejilerini zorunlu kılmaktadır. Nüfus artışı, verimli arazilerin yok olması, endüstri ve seri üretimin doğada yarattığı tahribata bağlı olarak gelişmiş ülkeler yeni arayışlar içine girmişlerdir. Bu arayışının ortaya çıkardığı 21. Yüzyılın en önemli paradigmalardan biri “biyoekonomi” kavramıdır.

Gelişmiş ülkelerde artan verimlilik tarımsal teknolojinin bir sonucu olup teknolojinin kullanımı ile daha ekonomik ve nitelikli ürünler üretilmektedir. Teknoloji ağırlıklı üretim bir tercih olmaktan ziyade bir zorunluluk halini almıştır.

Türkiye’de tarım işletmelerinde teknoloji kullanım seviyesi, tarım dışı sektörlerle göre düşüktür. Bununla beraber tarım işletmelerinin üretim dışında şirket işlevlerinin oluşumu da yetersiz ve eksiktir. Bu durum Türkiye’de ekonomik optimum üretim eşiklerinin Dünya’daki ortalamadan daha az olmasına sebebiyet vermekte ve üretim yapanların rekabet gücünü zayıflatmaktadır.

Türkiye’de biyoekonomik üretim ve biyoteknolojiye ilişkin özel kuruluşlar ve devlet aracılığı ile sınırlı girişimler olsa da yeterli seviyeye gelmemiştir.

Öncelikle yapılması gerekenler şöyle sıralanabilir:

- Uluslararası çalıştaylar düzenlenerek mevcut birikimlerden yararlanılabilir.
- İç pazara dönük olarak tarımsal teknoloji için gerekli alt yapı çalışmalarına hız vererek bu alanda yerli üretim desteklenmelidir.
- Endemik bitki bakımından zengin olan Türkiye, bu zenginliğini geleceğe taşıyacak yasal düzenlemelerin alt zeminini oluşturmalı ve biyoçeşitlilik korunmalıdır.
- Bitkisel ve hayvansal kaynaklı tüm tarımsal faaliyetlerde devletin aktif bir kontrol ve denetim mekanizması olmalıdır
- AR-GE, inovasyon ve yerli patent alımı konularında, dünyadaki gelişmeleri takip ederek hedefler konulmalı ve hedefler doğrultusunda çalışmalar yapılmalıdır.

**Son söz olarak;** henüz bir biyoekonomi stratejisi olmayan Türkiye’nin en kısa zamanda biyoekonomi stratejisini belirlemesi ve dünyadaki bu paradigma değişimine ayak uydurması gerekmektedir.



**KAYNAKLAR**

- Arslanhan Memiş S, Aslankut B, 2013. Biyoteknoloji Sektörel İnovasyon Sistemi - Kavramlar Dünyadan Örnekler Türkiye’de Durum ve Çıkarımlar. Bölüm 1, Kısım 3: Biyoekonomi, Editör: Mahmut KİPER, TTGV, Ankara, 2013.
- Arslanhan S, 2012. Biyoekonomiye Doğru: Türkiye Bu Sürecin Neresinde?. TEPAV Politika Notu. <http://www.tepav.org.tr>.
- Bayramoğlu Z, Ağızhan K, Tekin M, 2018. Türkiye’de Biyoekonomi Girişimciliğinin Tarımdaki Önemi. KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi, 21(Özel Sayı): 227-236, 2018.
- Begley C, 2012. "The Emerging Bio Based Economy and Reflections on the Journey of Commercialisation from Technical Concept to Launched Products", CSIRO, [http://www.bioenergy.org.nz/documents/Workshops/7June2012/The-global-evolution-ofthebioeconomy\\_CameronBegley\\_CSIRO.pdf](http://www.bioenergy.org.nz/documents/Workshops/7June2012/The-global-evolution-ofthebioeconomy_CameronBegley_CSIRO.pdf)
- BIOTECH GATE, 2019. BIOTECH GATE Global Database. Erişim adresi: [www.biotechgate.com](http://www.biotechgate.com)
- CREPE, 2011. Cooperative Research on Environmental Problems in Europe, "Agricultural Innovation: Sustaining What Agriculture? For What European Bio-Economy? Project-wide final report", FP7 Science in Society Programme, February.
- CSIRO, 2011. The Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, "The bioeconomy", 1 July, <http://www.csiro.au/OrganisationStructure/Divisions/Ecosystem-Sciences/The-Bioeconomy.aspx>
- Demir A, 2009. Ekonomik açıdan biyolojik çeşitliliğin önemi. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Yıl:8 Sayı:15 Bahar 2009/1 s.55-68.
- Deng X, 2010. Development of the Concept 'Bioeconomy'. [http://www.bioeconomy.cn/data/2010/1210/article\\_295.html](http://www.bioeconomy.cn/data/2010/1210/article_295.html)
- Duffy M, 2012. How The Bioeconomy Could Change Land Ownership and Values. Iowa State University, <http://www2.econ.iastate.edu/faculty/duffy/documents/HowBioenergyChangeLand.pdf>
- EC, 2004. European Commission Directorate-General for Research, Plan Genomics and Biotechnology for sustainable and competitive agriculture, Luxembourg: the European Communities, 2004 [http://europa.eu.int/comm/research/rtdinfo/index\\_en.html](http://europa.eu.int/comm/research/rtdinfo/index_en.html)
- Erdem E H, 2004. Biyolojik Çeşitliliğin Ekonomik Değerinin Belirlenmesi; Yabani Orkide Örneği, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- European Commission, 2012. Innovating for sustainable growth: a bioeconomy for Europe.
- Gustafsson M, Stoor R, Tsvetkova A, 2011. Sustainable Bio-economy: Potential, Challenges and Opportunities in Finland", PBI Research Institute, March, [www.sitra.fi/maamerkit](http://www.sitra.fi/maamerkit)
- Hall T, 2012. Food security, sustainable agriculture, marine and maritime resources & the bioeconomy. Head of Unit European Commission DG Research and Innovation, Horizon 2020, [http://operaresearch.eu/files/repository/20120329134403\\_TimothyHall.pdf](http://operaresearch.eu/files/repository/20120329134403_TimothyHall.pdf)
- Herudle C, Anex R, Brown R, Cruse R, Fales S, Takle G, 2012. Defining a Future Bioeconomy for the Nation: Bio-Renewable Resources and Complex Systems. [www.agron.iastate.edu/.../White%20pap%2](http://www.agron.iastate.edu/.../White%20pap%2).
- Iglesias M, 2005. Rural development in a Knowledge-based bioeconomy. Directorate Biotechnology, Agriculture and Food European Commission - DG Research Rural, Brussels, November. [http://www.slidefinder.net/k/knowledge\\_based\\_bio\\_economy\\_kbbe/33081721](http://www.slidefinder.net/k/knowledge_based_bio_economy_kbbe/33081721)
- Johnson L, 2010. The Bioeconomy-A Revolution in American Agriculture. Iowa State University Center for Crops Utilization Research, <http://www.ksla.se/wpcontent/uploads/2012/01/The-Bioeconomy-Revolution-in-American-Agriculture.pdf>
- Kalaycı İ, 2012. 2023 Perspektifinde Türkiye ekonomisinde öncü sektörler: Türkiye tarım sektöründe yapısal dönüşüm politikaları (1923-2023): sürdürülebilir tarımsal biyoekonomi ekseninde uygulanabilir öneriler, İktisadî Araştırmalar Vakfı, 1.Baskı.
- Kilci M, 2019. Dünyada ve Türkiye’de Biyoekonomi Politikaları. Selçuk Üniversitesi Biyoekonomi Tezsiz Yüksek Lisans Programı Seminer Notu (Yayınlanmamış), 20 Ocak 2019.
- Kilit G, 2014. AB Biyoekonomi Stratejisi. İKV Yayını, Şubat, 2014. <https://www.ikv.org.tr/images/files/AB%20Biyoekonomi%20Stratejisi.pdf>
- Kumar P, 2004. Valuation of Medicinal Plants for Pharmaceutical Uses. Current Science, 86 (7); 930-937.
- Leach M, Bloom G, Ely A, 2007. Understanding Governance: pathways to sustainability. STEPS Working Paper, No: 2, Brighton: STEPS Centre.

- Mathews J A, 2009. From the petroeconomy to the bioeconomy: Integrating bioenergy production with agricultural demands. BJS, Vol 3/6, Nov-Dec, <http://www.bjs.eo.uk/details/article/679697/From-the-petroeconomy-to-the-bioeconomy-Integrating-bioenergy-production-with-ag.html>
- McDonald I, 2010. Agricultural/Forestry Opportunities in the Bioeconomy with Biomass Applied Research Coordinator, Ontario Ministry of Agriculture, food and Rural Affairs, <http://www.indianag.on.ca/5.Ian%20McDonald,%20MAF%20RA%20Agricultural%20Forestry%20opportunities%20.pdf>
- Mendel Biotechnology, 2009. Opportunities in the New Bioeconomy, [http://www.mendelbio.com/bioenergy/opportunities\\_in\\_the\\_new\\_bioeconomy.pdf](http://www.mendelbio.com/bioenergy/opportunities_in_the_new_bioeconomy.pdf)
- OECD, 2009. The bioeconomy to 2030. Designing a policy agenda. Organization for Economic Co-operation and Development, [http://biotech2030.ru/wpcontent/uploads/docs/int/The%20Bioeconomy%20to%202030\\_OECD.pdf](http://biotech2030.ru/wpcontent/uploads/docs/int/The%20Bioeconomy%20to%202030_OECD.pdf).
- Pearce D, Puroshothaman S, 1993. Protecting Biological Diversity: The Economic Value of Pharmaceutical Plants. UK, Centre for Social and Economic Research on the Global Environment University Collage London and University of East Anglia.
- Redclift M, 1999. Pathways to sustainability: issues, policies and theories in Environmental politics, M.Waller and S.Young (Eds.), London and New York: Routledge, 66-77.
- Schmidt O, Padel S, Levidow L, 2012. The Bio-Economy Concept and Knowledge Base in a Public Goods and Farmer Perspective, Bio-based applied economics, 1 (1), 47-63.
- Simpson R D, Sedjo A R, Reid W J, 1996. Valuing Biodiversity for Use in Pharmaceutical Research. The Journal of Political Economy, Vol 104 (1);163-185.
- Sheppard AW, Gillespie I, Hirsch M, Begley C, 2011. Biosecurity and sustainability within the growing global bioeconomy, Current Opinion in Environmental Sustainability, 3 (1-2): 4-10.
- Smolker R, 2008. The New Bioeconomy and the Future of Agriculture. Dialogue: Development, 51, Dec., pp.519-526, [https://secure.palgrave-journals.com/development/.../dev\\_200867a.htm](https://secure.palgrave-journals.com/development/.../dev_200867a.htm)
- TOB, 2012. Biyolojik Çeşitliliği İzleme ve Değerlendirme Raporu. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2012.
- UN, 2011. Population Division of the Department of Economic and Social Affairs Statistics, <http://www.un.org>
- Verschoor A, Magnuson P, Jeenah M, 2011. Role of agricultural research in building a bioeconomy: An economic perspective, 6-9 September, [http://www.abic.ca/abic2011\\_Final/images/stories/2laart-jan\\_verschoor.pdf](http://www.abic.ca/abic2011_Final/images/stories/2laart-jan_verschoor.pdf)
- Yılmaz S, 2013. Biyoekonomi Çalıştayı Sonuç Raporu. 20 Haziran 2013 Ankara.
- White House, 2012. National Bioeconomy Blueprint. Executive Summary, Nisan 2012, Washington, DC.

## Iğdır İli Sebze Üretim Verileri ve Ekonomik Önemi

Köksal KARADAŞ<sup>1\*</sup>

**ÖZET:** Dengeli beslenme için gerekli olan vitamin ve minerallerin önemli miktarını içerisinde bulunduran sebzelerin yeterli çeşit ve miktarda tüketimi sağlıklı yaşamın sürdürülmesi bakımından oldukça önemlidir. Sebzeler, sindirim sisteminin sağlıklı çalışması, kilo verme, hastalıklara karşı koruma ve kalp dostu olmaları gibi birçok açıdan faydalıdır. 2018 yılı Dünya sebze üretiminin (1 089 milyon ton) %50.42'si Çin'de (549 milyon ton), %11.78'i Hindistan'da (128 milyon ton) üretilirken Dünya sebze üretiminde dördüncü sırada yer alan Türkiye'de ise %2.17'si (24 milyon ton) üretilmektedir. Bu çalışmada Iğdır il ve ilçelerinde 2008-2019 yılları arasında sebze üretim miktarı, fiyatındaki değişiklikler ile il ekonomisine katkı düzeyi araştırılmıştır. 2019 yılı Türkiye sebze üretim miktarının (31 089 644 ton) %0.28'i (88 701 ton), üretim değerinin ise (9 034 milyon \$) %0.22'si (19.8 milyon \$) Iğdır'da gerçekleşmiştir. 2019 yılı Iğdır İli sebze üretim miktarının %6.28'i (5 568 ton) Aralık İlçesinde, %18.74'ü (16 626 ton) Karakoyunlu İlçesi'nde, %72.52'si (64 327 ton) Merkez ilçede ve %0.62'si ise (555 ton) Tuzluca ilçesinde üretilmiştir. Iğdır'da 2008-2019 yılları arasında sebze üretim miktarı %4.23 oranında, üretim değeri ise %51.83 oranında azalmıştır. Sebze üretim miktar ve fiyatlarındaki düşüş, sebze üretiminin gerek üreticilere ve gerekse bölge ekonomisine katkısını olumsuz etkilemektedir. Bölge tarım üreticisinin gelir düzeyinin artırılması için Iğdır İli sebze üretim miktar ve değer artış olanaklarının araştırılması gerekmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Sebze, Ekonomik önem, Üretim, Iğdır

### Vegetable Production Data and Its Economic Importance in Iğdır Province

**ABSTRACT:** Consumption of sufficient variety and amount of vegetables, which contain a significant amount of vitamins and minerals necessary for a balanced diet, is very important for maintaining a healthy life. Vegetables are useful in many ways such as maintaining a healthy digestive system, losing weight, protecting body against diseases and being heart-friendly. 50.42% of world vegetable production in 2018 was yielded in China(549 million tons) and 11.78% in India (128 million tons) while 2.17% (24 million tonnes) in Turkey, ranking fourth in the world. In this study, the amount of vegetable production, the changes in the price and the level of contribution to the provincial economy were investigated in Iğdır provinces and districts between 2008-2019. In 2019, 0.28% (88 701 tonnes) of total vegetable production in Turkey (31 089 644 tons) and 0,22% (\$ 19.8 million) of total production value (\$ 9 034 million) was generated in Iğdir. 6.28% (5 568 tons) of vegetable production in Iğdır Province in 2019 was produced in Aralık District, 18.74% (16 626 tons) in Karakoyunlu District, 72.52% (64 327 tons) in Central district, and 0.62% (555 ton) in Tuzluca District. Between 2008-2019, vegetable production amount decreased by 4.23% and production value decreased by 51.83% in Iğdır. The decrease in vegetable production amounts and prices negatively affects the contribution of vegetable production to both producers and the regional economy. In order to increase the income level of the agricultural producer of the region, it is necessary to investigate solutions for increasing the amount and value of vegetable production in Iğdır Province.

**Key words:** Vegetable, economic importance, production, Iğdır

Köksal KARADAŞ (Orcid ID: 0000-0003-0370-1454), Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Iğdır, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Köksal KARADAŞ, e-mail: kkaradas2002@gmail.com

Geliş tarihi / Received: 10-04-2020

Kabul tarihi / Accepted: 14-07-2020

## GİRİŞ

İnsan sağlığını etkileyen en önemli faktörlerden biri de yeterli ve dengeli beslenmedir. Yeterli besin alınmaması, vücut direncini azaltmakla birlikte insanların kolaylıkla hastalanmalarına sebep olabilmektedir. Dengeli beslenme için vitamin ve mineraller oldukça önemli olup A, E ve C vitaminleri ile mineral, diyet lifi ve antioksidanlar bakımından çok zengin besin kaynaklarından olan meyve ve sebze tüketimi önem arz etmektedir (Yahia ve ark., 2004; Ceyhun Sezgin, 2013).

Beta-karoten yanında B<sub>6</sub>, K ve E vitamini, folik asit ve niasin içeriği sebze ve meyvelerde bol miktarda bulunmaktadır (Ceyhun-Sezgin, 2014). Sebze ve meyveler, ihtiva ettikleri kimyasal maddelerle yaşlılık döneminde risk oluşturabilecek sağlık sorunları ve hastalıklara karşı koruyucu özellik taşımaktadırlar (Brown, 1999). Sebzeler; sindirim sisteminin sağlıklı çalışması, kilo vermede yardımcı olması, iltihap ve ödem oluşumunu azaltmaları, kalp dostu olmaları ve cildin yaşlanmaya karşı korunması ve daha birçok yönden insan sağlığı için önemlidirler (Uzundikme ve Çakıroğlu, 2007). Meyve ve sebzelerin kanser, kalp damar rahatsızlığı gibi bulaşıcı olmayan hastalıkların tedavisinde yardımcı olması için günlük tüketilmesi ( $>400$  g gün<sup>-1</sup>) önerilir (Tosun, 2009).

Diğer taraftan meyve ve sebzeler sağlık sektörüne ilave olarak tarım ürünleri sektöründe de ekonomik anlamda oldukça önemli bir yere sahiptir. Meyve ve sebze üretiminde birim alandan elde edilen gelirin, diğer tarım ürün gruplarına göre daha fazla olmasından dolayı ülke ekonomilerine diğer tarım ürünlerine oranla daha fazla katkı sağlamaktadır. Ayrıca, meyve ve sebze üretimi bir yandan sanayiye hammadde girdisi sağlarken diğer yandan da ihracat yoluyla ülkelere döviz kazandırmaktadır.

Dünya sebze üretimi 2018 yılı itibarı ile 1 088 839 427 ton olarak gerçekleşmiş olup ilk sırayı %50.42 ile (548 993 011 ton) Çin alırken Türkiye %2.22'lik (24 137 627 ton) payla dördüncü sırada yer almaktadır (FAO, 2018). FAO verilerinde Türkiye'de üretilen bütün sebzeler yer almadığı için 2018 yılı TÜİK verileri ile farklılık göstermektedir.

**Çizelge 1.** Dünya sebze üretimi 2018 yılı

Ülke	Üretim (Ton)	%
Çin	548 993 011	50.42
Hindistan	128 243 182	11.78
Amerika	31 740 872	2.92
Türkiye	24 137 627	2.22
Rusya	16 386 264	1.50
Nijerya	163 17 032	1.50
Vietnam	16 173 812	1.49
Meksika	15 572 765	1.43
Mısır	15 071 393	1.38
İran	13 711 071	1.26
Dünya Toplamı	1 088 839 427	100

Türkiye sebze ekim alanı 2008 yılında 8 643 132 da olup 2012 yılı dışında sürekli azalırken 2019 yılında %4 azalışla 82 787 709 da olarak gerçekleşmiştir. 2008 yılında 27 218 319 ton olarak gerçekleşen Türkiye sebze üretim miktarı 2019 yılında %14 artışla 31 089 644 ton olarak gerçekleşmiş olup (TÜİK, 2019a) üretim değeri ise 9 033 685 291 \$ olarak gerçekleşmiştir.

Çizelge 2. Yıllar itibarı ile Türkiye sebze ekim alanı ve üretimi artış, azalış oranları

Yıllar	Ekim alanı (Dekar)	Artış-Azalış Oranı (%)	Üretim Miktarı (Ton)	Artış –Azalış Oranı (%)
2008	8 643 132	-	27 218 319	-
2009	8 418 144	-0.026	26 780 395	-0.016
2010	8 362 199	-0.033	25 997 195	-0.045
2011	8 514 624	-0.015	27 547 462	0.012
2012	8 719 927	0.009	27 820 207	0.022
2013	8 559 860	-0.010	28 448 218	0.045
2014	8 453 110	-0.022	28 487 476	0.047
2015	8 485 429	-0.018	29 552 290	0.086
2016	8 474 592	-0.020	30 266 897	0.112
2017	8 396 392	-0.029	30 869 967	0.134
2018	8 206 680	-0.051	30 032 827	0.103
2019	8 278 709	-0.042	31 089 644	0.142

2019 yılı itibarı ile sebze ekim alanı ve üretiminde öne çıkan iller incelendiğinde Antalya, Bursa, İzmir ve Ankara %23'lük payla ilk dört sırayı alırken Iğdır %0.42'lik payla 49. sırada yer almaktadır. Üretim miktarı olarak ilk dört sırayı %36'lık payla Antalya, Bursa, Mersin ve İzmir almakta olup Iğdır %0.28'lik payla ekim alanında olduğu gibi 49. sırada bulunmaktadır (TÜİK, 2019a).

Çizelge 3. Türkiye sebze ekim alanı ve üretim miktarında öne çıkan illeri (2019 yılı)

İller	Ekim alanı (Dekar)	Toplam alan içindeki payı (%)	İller	Üretim Miktarı (Ton)	Toplam üretim içindeki payı (%)
Antalya	556 015	6.72	Antalya	4 647 653	14.95
Bursa	473 829	5.72	Bursa	2 369 255	7.62
İzmir	445 462	5.38	Mersin	2 357 381	7.58
Ankara	419 315	5.06	İzmir	1 847 138	5.94
Kayseri	359 568	4.34	Adana	1 762 334	5.67
Mersin	356 408	4.31	Manisa	1 477 502	4.75
Adana	337 342	4.07	Ankara	1 347 703	4.33
Manisa	331 614	4.01	Konya	1 174 761	3.78
Konya	282 260	3.41	Muğla	1 090 802	3.51
Balıkesir	270 884	3.27	Çanakkale	977 602	3.14
Iğdır	34 675	0.42	Iğdır	88 701	0.28

Akbay ve ark, (2005) sebze ve meyve üretiminin geliştirilmesi için işletme ölçeğinin miras gibi durumlarla toprakların bölünmesine izin verilmeden büyütülmesi gerektiğini, uluslararası pazarlarda söz sahibi olabilmek için sözleşmeli tarım uygulamaları, özellikle Avrupa Birliği tarafından istenilen organik yaş sebze ve meyve ürünleri üretimi teşvik edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Ozan ve Aşkın, (2006) örtü altı sebze yetiştiriciliği yapılan alanlarda sebzelerde çok sayıda fungal hastalık ortaya çıktığını ve önemli ekonomik zararlar meydana geldiğini bildirmişlerdir. Akpınar ve ark, (2009) Türkiye'de yaş meyve sebze pazarlama sisteminde organize perakendeciliğin etkinliğinin artırılması ile tüketici yöneliminin gerçekleşebileceğini ifade etmişlerdir. Kasım ve Kasım, (2007) meyve ve sebzelerde, gelişmiş ülkelerde %25 ve gelişmekte olan ülkelerde %50 oranında olan hasat sonrası kayıpların önlenmesinde yoğun olarak fungusitler kullanıldığını, ancak fungusit kalıntılarının insan sağlığı ve özellikle de çocuklar üzerinde olumsuz etkileri bulunduğunu bildirmişlerdir. Bu sebeple



araştırmacıların, hasat sonrası hastalıkların kontrol edilmesinde kimyasal pestisitlere alternatif yöntemler üzerinde çalıştıklarını, bu yöntemlerden ultraviyole-C ışınlaması (UV-C, 200-280 nm dalga boyu) hasat sonrası çürümelere kontrolünde olumlu sonuçlar verdiğini, özellikle 254 nm dalga boyundaki ultraviyole uygulamaları hafif stres tepkisi oluşturarak ürünün hasat sonrası dayanımını arttırdığını bildirmişlerdir. Niyaz ve Demirbaş, (2011) Türkiye'nin meyve yetiştiriciliğine erkenciliğin sağlanabilmesi, tarımsal işgücü ücretlerinin diğer bazı ülkelere göre daha düşük olması ve büyük pazar konumundaki ülkelere yakın olması gibi üretim ve ihracat açısından önemli fırsatlara sahip olduğunu belirtmişlerdir. Ceyhun Sezgin, (2014) meyve ve sebzelerin enerji içeriklerinin düşük, mineral madde ve vitamin içeriklerinin yüksek olması nedeniyle beslenme ve insan sağlığı bakımından önemli gıdalar olduğunu, yeterli seviyede sebze ve meyve tüketimi ile kanser, kalp ve damar hastalıkları, hipertansiyon, sindirim sistemi hastalıkları başta olmak üzere birçok kronik hastalık riskinin azaldığını, bağışıklık sisteminin güçlendiğini ve yaşlanmanın gecikmesinin sağlandığını belirtmiştir. Sebze üretimi, kalite ve çeşit geliştirilmesi konularında yapılan birçok çalışma gibi (Dinçer ve Topuz, 2006; Çapanoğlu ve Boyacıoğlu, 2009; Dursun ve Ekinci 2010; Öğüt, 2014; Pazır ve Turan, 2017), Sarıkamış, (2017) insan beslenmesinde önemli bir yer tutan sebze türlerinin yetiştiriciliğinde, çeşit geliştirmede ve tohumculuk faaliyetlerinde biyoteknolojinin sunduğu olanaklardan yararlandığını ve biyoteknolojinin sebze yetiştiriciliğinde en yaygın kullanım alanının yeni çeşit geliştirme veya mevcut çeşitleri geliştirmeye yönelik ıslah çalışmaları olduğunu bildirmişlerdir.

Bu çalışmanın amacı 2008-2019 yılları arasında Iğdır ilinde üretilen farklı türde sebzelerin, ekim alanları, verim düzeyleri ile il ekonomisine katkılarını ortaya koymaktır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmanın ana materyalini, ikincil veriler oluşturmaktadır. Konu ile ilgili bilimsel araştırmalar, Tarım ve Orman Bakanlığı faaliyet yayınları, FAO, TÜİK vb. kaynaklardan faydalanılmıştır. Sebze üretim değeri hesaplanırken her yılki TÜİK sebze fiyatları aynı yılın dolar kuruna göre ton fiyatı olarak hesaplanmıştır. Örneğin 2019 yılı TÜİK verilerine göre TL kg<sup>-1</sup>olarak sebze fiyatları ıspanak:2.28, kavun:1.17, karpuz:0.70, taze fasulye:3.66, patlıcan:2.01, biber:2.81, hıyar:1.95 ve domates:1.35 olarak belirlenmiştir (TÜİK, 2019b). 2019 yılı sebze fiyatları \$ ton<sup>-1</sup> olarak ıspanak:402, kavun:206, karpuz:123, taze fasulye:645, patlıcan:354, biber:495, hıyar:343 ve domates:238 olarak hesaplanmıştır. Yıllar itibarı ile dolar kuru hesaplanırken Merkez Bankası verilerine göre TL olarak 2019 yılı 5.670, 2018 yılı 4.815, 2017 yılı 3.643, 2016 yılı 3.018, 2015 yılı 2.720, 2014 yılı 2.188 TL, 2013 yılı 1.901, 2012 yılı 1.792, 2011 yılı 1.670, 2010 yılı 1.500, 2009 yılı 1.547 ve 2008 1.293 olarak değerlendirilmiştir (TCMB, 2019).

Iğdır ve ilçelerinde lahanaya, marul, kabak, soğan, turp ve bamya sebzeleri üretilmekle birlikte bu sebzelerin üretim miktarları 8-200 ton arasında olup il ekonomisine katkıları düşük düzeyde kalmaktadır. Bu sebepten 1 000 ton üzerinde üretim yapılan sebzelerin 2008-2019 yılları arasındaki üretim miktarları ve il ekonomisine katkıları incelenmiş olup öncelikle Iğdır ilçeleri üretim miktarları ve değerleri belirlenmeye çalışılmıştır. Ekonomik değere sahip olup il ekonomisine katkısı hesaplanan sebzeler ıspanak, kavun, karpuz, taze fasulye, patlıcan, biber, hıyar ve domates türleridir.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Sebze fiyatları genel olarak 2008 yılından 2012-2013 yıllarına kadar artarken bu dönemden 2018 yılına kadar düzenli olarak azalmış olup 2019 yılında bazı sebzelerde artış gözlenirken 2008-2019 yılları arasındaki sebze ton fiyat azalması %45-65 arasında değişmektedir (Çizelge 4) (TCMB, 2019; TÜİK, 2019b). Sebze fiyatlarının düşmesinin nedeni dolar kuru karşısında TL'nin değer kaybetmesi olarak düşünülebileceği gibi ayrıca araştırılması gereken bir konu olarak da görülebilir.

Çizelge 4. Yıllar itibarı ile sebze fiyatlarındaki değişim (\$ ton<sup>-1</sup>)

Yıllar	Ispanak	Kavun	Karpuz	Fasulye	Patlıcan	Biber	Hıyar	Domates
2008	812	461	263	1 243	581	773	642	433
2009	679	393	275	949	543	640	598	410
2010	851	478	423	1 222	577	774	700	664
2011	732	418	269	1 275	626	829	654	459
2012	735	371	220	1 122	604	813	703	446
2013	664	371	225	1 059	544	718	623	407
2014	522	325	206	993	524	636	566	364
2015	551	269	160	868	477	587	501	311
2016	471	276	181	833	416	514	450	287
2017	413	228	140	790	387	492	421	256
2018	334	217	136	629	319	377	353	269
2019	402	207	123	646	355	495	344	238
%azalma	50	45	47	52	61	64	54	55

### İğdır İlçelerinde Sebze Üretim Miktar ve Değerleri

2008 yılında Aralık ilçesinde 3 400 ton sebze üretilirken bu miktar 2019 yılında 5 568 tona yükselmiştir. 2008-2019 yılları arasında aynı ilçede 59 705 ton sebze üretimi yapılmıştır. 2019 yılı İğdır ili sebze üretim miktarının (88 701 ton) %6.28'i (5 568 ton) Aralık İlçesinde gerçekleşmiştir (Çizelge 5). 2019-2018-2017 yılları patlıcan üretim miktarı 2016 yılına göre 818 tondan 104 tona düşmüştür. Patlıcan üretimindeki %87'lik azalmanın nedenlerinin ayrıca araştırılması gerekmektedir.

Çizelge 5. Aralık İlçesi sebze üretim miktarı (ton)

Yıllar	Kavun	Karpuz	Fasulye	Patlıcan	Biber	Hıyar	Domates	Toplam
2008	500	1 500	0	400	0	600	400	3 400
2009	500	1 500	0	1 400	0	600	2 400	6 400
2010	360	1 595	36	2 200	30	575	2 200	6 996
2011	700	2 338	20	463	30	300	463	4 314
2012	540	1 875	20	488	48	200	488	3 659
2013	540	1 875	20	500	48	200	500	3 683
2014	540	1 750	20	636	48	200	636	3 830
2015	540	1 878	20	759	56	300	759	4 312
2016	540	1 875	20	818	56	340	818	4 467
2017	720	3 400	30	104	64	400	961	6 536
2018	720	3 400	30	104	64	400	963	6 540
2019	720	3 400	30	104	64	400	950	5 568
Toplam	6 920	26 386	246	7 976	508	4 515	11 538	59 705

Çizelge 6. Aralık İlçesi sebze üretim değeri (1 000 \$)

Yıllar	Kavun	Karpuz	Fasulye	Patlıcan	Biber	Hıyar	Domates	Toplam
2008	231	395	0	232	0	385	173	1 416
2009	197	413	0	760	0	359	984	2 713
2010	172	675	44	1 269	21	403	1 461	4 045
2011	293	629	26	290	22	196	213	1 669
2012	200	413	22	295	32	141	218	1 321
2013	200	422	21	272	29	125	204	1 273
2014	176	361	20	333	24	113	232	1 259
2015	145	300	17	362	27	150	236	1 237
2016	149	339	17	340	24	153	235	1 257
2017	164	476	24	37	26	168	246	1 476
2018	156	462	19	37	23	141	259	1 367
2019	149	418	19	37	32	137	226	1 018
Toplam	2 232	5 303	229	4 264	260	2 471	4 687	20 051

Aralık İlçesi sebze üretim değeri 2008 yılına göre 2010 ve 2011 yıllarında kısmen artmasına karşın 2017 yılına kadar sürekli azalmış ve genel olarak 2017-2019 yıllarında en düşük değerlere sahip olmuştur. 2008 yılında değeri 1 416 000 \$ olan Aralık İlçesi sebze üretim miktarı, 2019 yılında %28 azalışla 1 018 000 \$'a düşmüştür (Çizelge 6). İğdır İli 2019 yılı sebze üretim değerinin (19 851 000 \$) %5,13'ü (1 018 000 \$) Aralık ilçesinde gerçekleşmiştir (TCMB, 2019; TÜİK, 2019b).

Karakoyunlu ilçesinde 2008 yılında 27 500 ton sebze üretilirken bu miktar 2019 yılında %39.5 azalışla 16 626 tona düşmüştür. 2008 yılında fasulye ve patlıcan üretimindeki ani düşüşün nedenlerinin ayrıca araştırılması gerekmektedir. 2019 yılı İğdır ili sebze üretiminin (88 701 ton) %18.74'ü (16 626 ton) Karakoyunlu İlçesi'nde üretilmiştir.

Çizelge 7. Karakoyunlu İlçesi sebze üretim miktarı (ton)

Yıllar	Kavun	Karpuz	Fasulye	Patlıcan	Biber	Hıyar	Domates	Toplam
2008	15 000	1 800	2 000	0	200	1 500	7 000	27 500
2009	417	1 800	0	0	200	880	7 000	10 297
2010	220	390	7	0	60	242	1 075	1 994
2011	400	1 000	52	30	100	500	4 480	6 562
2012	2 000	4 500	78	150	115	2 500	7 256	16 599
2013	2 300	4 500	65	130	125	2 125	8 092	17 337
2014	2 400	3 900	72	125	124	2 398	7 080	16 099
2015	1 400	1 502	91	125	124	1 000	5 267	9 509
2016	2 900	3 036	104	113	185	1 375	8 478	16 191
2017	2 500	3 090	111	131	315	1 613	8 577	16 337
2018	2 600	3 150	122	144	328	1 775	8 086	16 205
2019	2 400	4 500	122	144	210	1 750	7 500	16 626
Toplam	34 537	33 168	2 824	1 092	2 086	17 658	79 891	171 256

2008 yılında Karakoyunlu İlçesi'nde 14 003 000 \$ değerinde sebze üretilirken 2019 yılında %73.78 azalışla 3 672 000 \$ düzeyine düşmüştür (TCMB, 2019; TÜİK, 2019b).

Çizelge 8. Karakoyunlu İlçesi sebze üretim değeri (1 000 \$)

Yıllar	Kavun	Karpuz	Fasulye	Patlıcan	Biber	Hıyar	Domates	Toplam
2008	6 915	473	2 486	0	135	963	3 031	14 003
2009	164	495	0	0	118	526	2 870	4 173
2010	105	165	9	0	43	169	714	1 205
2011	167	269	66	19	75	327	2 056	2 979
2012	742	990	88	91	76	1 758	3 236	6 981
2013	853	1 013	69	71	75	1 324	3 293	6 698
2014	780	803	71	66	61	1 357	2 577	5 715
2015	377	240	79	60	59	501	1 638	2 954
2016	800	550	87	47	80	619	2 433	4 616
2017	570	433	88	51	126	679	2 196	4 143
2018	564	428	77	46	116	627	2 175	4 033
2019	495	556	79	51	104	602	1 786	3 672
Toplam	12 532	6 415	3 199	502	1 068	9 452	28 005	61 172

İğdır İli 2019 yılı sebze üretim değerinin (19 851 000 \$) %18.50'si (3 672 000 \$) Karakoyunlu ilçesinde gerçekleşmiştir.

Merkez İlçe'de 2008 yılında 60 000 ton sebze üretilirken bu miktar 2019 yılında %7.21 artışla 64 327 tona yükselmiştir. Merkez İlçe 2019 yılı İğdır ili sebze üretiminin (88 701 ton) %72.52'sini (64 327 ton) karşılamıştır (Çizelge 9).

Merkez İlçe'de 2008 yılı sebze üretim değeri 25 584 000 \$ olarak gerçekleşirken 2019 yılında bu tutar %41.35 azalarak 15 004 000 \$ düzeyine gerilemiştir. Merkez İlçe İğdır İlinde en fazla sebze üretim

değerine sahip ilçe konumundadır. İğdır İli 2019 yılı sebze üretim değerinin (19 851 000 \$) %75.58'si (15 004 000 \$) Merkez ilçede gerçekleşmiştir (TCMB, 2019; TÜİK, 2019b).

**Çizelge 9.** Merkez İlçe sebze üretim miktarı (ton)

Yıllar	Ispanak	Kavun	Karpuz	Fasulye	Patlıcan	Biber	Hıyar	Domates	Toplam
2008	420	4 040	15 000	215	252	246	7 710	32 117	60 000
2009	500	5 400	15 900	280	336	270	7 848	48 407	78 941
2010	600	6 400	18 000	390	1 740	335	6 348	34 972	68 785
2011	1 066	14 564	13 446	4 003	2 129	694	5 026	30 119	71 047
2012	1 200	18 000	15 000	4 200	2 600	845	7 026	30 284	79 155
2013	1 600	20 000	13 750	4 796	3 900	1 159	7 078	36 005	88 288
2014	1 500	24 000	24 000	6 750	3 080	1 475	7 706	39 677	108 188
2015	1 500	24 200	24 182	6 900	3 220	1 505	9 191	40 359	111 057
2016	1 600	26 000	22 500	7 475	3 750	2 145	8 341	49 324	121 135
2017	900	23 250	21 700	1 275	3 150	1 634	3 704	19 762	75 375
2018	825	14 550	17 400	1 600	2 250	1 905	4 140	15 609	58 279
2019	720	13 800	15 000	1 674	3 000	1 125	3 840	25 168	64 327
Toplam	11 711	194 204	215 878	39 558	29 407	13 338	77 958	401 803	984 577

**Çizelge10.** Merkez İlçe sebze üretim değeri (1 000 \$)

Yıllar	Ispanak	Kavun	Karpuz	Fasulye	Patlıcan	Biber	Hıyar	Domates	Toplam
2008	341	1 862	3 945	267	146	166	4 950	13 907	25 584
2009	340	2 122	4 373	266	182	159	4 693	19 847	31 982
2010	511	3 059	7 614	477	1 004	239	4 444	23 221	40 569
2011	780	6 088	3 617	5 104	1 333	518	3 287	13 825	34 552
2012	882	6 678	3 300	4 712	1 570	559	4 939	13 507	36 147
2013	1 062	7 420	3 094	5 079	2 122	694	4 410	14 654	38 535
2014	783	7 800	4 944	6 703	1 614	727	4 362	14 442	41 375
2015	827	6 510	3 869	5 989	1 536	719	4 605	12 552	36 607
2016	754	7 176	4 073	6 227	1 560	924	3 753	14 156	38 623
2017	372	5 301	3 038	1 007	1 219	655	1 559	5 059	18 210
2018	276	3 157	2 366	1 006	718	674	1 461	4 199	13 857
2019	290	2 848	1 852	1 081	1 063	558	1 321	5 992	15 004
Toplam	7 218	60 021	46 085	37 918	14 067	6 592	43 784	155 361	371 045

Tuzluca İlçesi'nde 2008 yılında 520 ton sebze üretilirken bu miktar 2019 yılında %6.73 artışla 555 tona yükselmiştir. Tuzluca İlçesi'nde kavun, karpuz ve domates üretimim az da olsa artarken diğer sebzelerin üretim miktarları azalmıştır. Tuzluca İlçesi'nde 2019 yılı İğdır ili sebze üretiminin (88 701 ton) %0.62'sini (555 ton) karşılamıştır (Çizelge 11) (TÜİK, 2019a).

**Çizelge 11.** Tuzluca İlçesi sebze üretim miktarı (ton)

Yıllar	Kavun	Karpuz	Fasulye	Patlıcan	Biber	Hıyar	Domates	Toplam
2008	210	210	6	2	7	29	56	520
2009	300	300	6	2	7	29	56	700
2010	300	100	8	7	10	30	75	530
2011	300	100	29	9	11	30	75	554
2012	300	100	30	10	12	30	73	555
2013	300	50	30	10	12	30	75	507
2014	180	60	25	20	12	30	86	413
2015	324	100	25	25	18	120	152	764
2016	405	40	28	25	18	105	143	764
2017	369	60	40	20	21	98	114	722
2018	180	80	50	25	24	90	105	554
2019	171	86	55	24	22	83	114	555
Toplam	3 339	1 286	332	179	174	704	1 124	7 138

Tuzluca İlçesi'nde 2008 yılı sebze üretim değeri 208 000 \$ olarak gerçekleşirken 2019 yılında bu tutar %24.52 azalarak 157 000 \$ düzeyine gerilemiştir. Tuzluca İlçesi İğdır İlinde en az sebze üretim değerine sahip ilçesi konumundadır. İğdır İli 2019 yılı sebze üretim değerinin (19 851 000 \$) %0.79'u Tuzluca ilçesinde gerçekleşmiştir (TCMB, 2019; TÜİK, 2019b).

Çizelge 12. Tuzluca İlçesi sebze üretim değeri (1 000 \$)

Yıllar	Kavun	Karpuz	Fasulye	Patlıcan	Biber	Hıyar	Domates	Toplam
2008	97	55	7	1	5	19	24	208
2009	118	83	6	1	4	17	23	252
2010	143	42	10	4	7	21	50	277
2011	125	27	37	6	8	20	34	257
2012	111	22	34	6	8	21	33	235
2013	111	11	32	5	7	19	31	216
2014	59	12	25	10	6	17	31	160
2015	87	16	22	12	9	60	47	253
2016	112	7	23	10	8	47	41	248
2017	84	8	32	8	8	41	29	210
2018	39	11	31	8	8	32	28	157
2019	35	11	36	9	11	29	27	157
Toplam	1 121	305	295	80	89	343	398	2 630

### İğdır İli Toplam Sebze Üretim Miktar ve Değerleri

Düzenli olmamakla birlikte İğdır'da 2008-2019 yılları arasında üretilen sebze miktarının bazı yıllar arttığı bazı yıllar ise azaldığı gözlenmiştir. 2008 yılında 91 024 ton olan İğdır İli sebze üretim miktarı 2019 yılında %4.23 azalışla 88 701 tona düşmüştür. Metot kısmında açıklandığı üzere 200 ton altında üretilen sebzeler çalışmaya dâhil edilmediği için Çizelge 13'te 2019 yılı İğdır toplam sebze üretim miktarı 87 176 ton olarak görülmektedir.

Çizelge13. İğdır Toplam sebze üretim miktarı (ton)

Yıllar	Ispanak	Kavun	Karpuz	Fasulye	Patlıcan	Biber	Hıyar	Domates	Toplam
2008	424	19 750	18 510	2 221	254	453	9 839	39 573	91 024
2009	500	6 617	19 500	286	338	477	9 357	57 863	94 938
2010	600	7 280	20 085	441	1 789	435	7 195	38 322	76 147
2011	1 066	15 964	16 884	4 104	2 222	835	5 856	35 137	82 068
2012	1 200	20 840	21 475	4 328	2 812	1 020	9 756	38 101	99 532
2013	1 600	23 140	20 175	4 911	4 092	1 344	9 433	44 672	109 367
2014	1 500	27 120	29 710	6 867	3 277	1 659	10 334	47 479	127 946
2015	1 500	26 464	27 662	7 036	3 435	1 703	10 611	46 537	124 948
2016	1 600	29 845	27 451	7 627	3 953	2 404	10 161	58 763	141 804
2017	900	26 839	28 250	1 456	3 405	2 034	5 815	29 414	98 113
2018	825	18 050	24 030	1 802	2 523	2 321	6 405	24 763	80 719
2019	720	17 091	22 986	1 881	3 272	1 421	6 073	33 732	87 176
Toplam	12 435	239 000	276 718	42 960	31 372	16 106	100 835	494 356	1 213 782

Çizelge 14. İğdır İli toplam sebze üretiminin değeri (1 000 \$)

Yıllar	Ispanak	Kavun	Karpuz	Fasulye	Patlıcan	Biber	Hıyar	Domates	Toplam
2008	341	9 063	4 868	2 760	379	306	6 317	17 135	41 211
2009	340	2 566	5 364	272	943	281	5 595	23 724	39 120
2010	511	3 378	8 496	540	2 277	310	5 037	25 446	46 096
2011	780	6 575	4 542	5 233	1 648	623	3 830	16 128	39 457
2012	882	7 642	4 725	4 856	1 962	675	6 859	16 994	44 684
2013	1 062	8 484	4 540	5 201	2 470	805	5 878	18 182	46 722
2014	783	8 768	6 120	6 819	2 023	818	5 849	17 282	48 509
2015	827	7 048	4 425	6 107	1 970	814	5 316	14 473	41 051
2016	754	8 132	4 969	6 354	1 957	1 036	4 572	16 865	44 744
2017	372	6 043	3 955	1 151	1 650	815	2 447	7 530	24 039
2018	276	3 888	3 267	1 133	1 079	821	2 261	6 661	19 414
2019	290	3 503	2 837	1 215	1 160	705	2 089	8 031	19 851
Toplam	7 218	75 090	58 108	41 641	19 518	8 009	56 050	188 451	454 898

İğdır İli sebze üretiminin 2008-2019 yılları arasındaki 12 yıllık süre içerisindeki üretim değeri değişimi değerlendirildiğinde 2008 yılında 41 211 000 \$ olan İğdır İli sebze üretim değeri 2014 yılında 48 509 000 \$ düzeyine yükselirken bu yıldan sonra sürekli azalarak 2019 yılında 19 851 000 \$ seviyesine



düşmüştür. 2008-2019 yılları arasında İğdir İli sebze üretim miktarı %4.23 azalırken aynı yıllar üretim değeri %51.83 azalmıştır. Bu durumun dolar cinsinden sebze fiyatlarının yıllar itibarı ile azalmasının bir sonucu olduğu gözlenmektedir.

## SONUÇ

Sebzeler sağlıklı yaşam için gerekli vitamin ve mineralleri içermesi, çeşitli hastalıkların tedavisi, sanayiye hammadde sağlaması, istihdam ve ülke ekonomisine katkı sağlaması bakımından birçok öneme sahiptir. Dünyada en fazla sebze üretimi Çin'de gerçekleştirilirken Türkiye dünya sebze üretiminde dördüncü sırada yer almaktadır. Türkiye sebze üretimi 2008-2019 yılları arasında %14 artarken aynı yıllar \$ cinsinden sebze fiyatları %45-65 arasında azalmıştır. Türkiye'de en fazla sebze üreten il Antalya (%14.95) olup İğdir 49. sırada (%0.28) yer almaktadır. 2019 yılında İğdir'da üretilen sebze miktarının (88 701 ton) %6.25'i (5 568 ton) ve değerinin (19 851 000 \$) %5.13'ü (1 018 000 \$) Aralık İlçesi'nde gerçekleştirilirken miktar ve değer olarak diğer ilçeler Karakoyunlu İlçesi; %18.74 (16 626 ton) ve %18.50 (3 672 000 \$), Merkez İlçe %72.52'sini (64 327 ton) ve %75.58'si (15 004 000 \$), Tuzluca İlçesi; %0.62'sini (555 ton) ve %0.79'u (157 000 \$) olarak gerçekleşmiştir. 2008-2019 yılları arasında İğdir ili sebze üretim miktarı %4.23 oranında ve üretim değeri ise %51.83 oranında azalmıştır. Bölgede daha fazla alanda sebze üretiminin yapılması ve ürünlerin değer fiyattan satılmalarına yönelik tedbirlerin alınması bölge üreticisinin gelir düzeyinin artırılması bakımından önerilebilir. Örneğin tüketiciler ürün alırken kalite ve hijyene dikkat ettiklerinden Yüzbaşıoğlu (2018), üreticilerin daha yüksek fiyata ürün satabilmeleri için daha kaliteli ürün üretmeleri ve hijyene dikkat etmeleri önerilebilir. Ayrıca Sebzelerin raf ömrünün uzatılarak kısa sürede bozulmalarına engel olabilmek için ambalajlama, kontrollü atmosfer depolama, modifiye atmosferde depolama ve 1-metilsiklopropan (1-MCP) uygulaması gibi değişik depolama tekniklerinin kullanılması önerilebilir.

## KAYNAKLAR

- Akbay C, Candemir S, Orhan E, 2005. Türkiye'de Yaş Meyve ve Sebze Ürünleri Üretim ve Pazarlaması. KSÜ. Fen ve Mühendislik Dergisi, 8(2): 96-107.
- Akpınar MG, Özkan B, Oral MA, Kızılay H, 2009. Tüketicilerin Yaş Meyve Sebze Tedarik Kanalı Seçimi: Modern (Süper-Hipermarket) Perakendeciler. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 22(2): 211-221.
- Brown JE, 1999. Nutrition Now. 2nd Edition, West/Wadsworth, s.142. Belmont.
- Ceyhun Sezgin AE, 2013. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Her Yönüyle Gıda Kitabı, Sidaş Medya Ltd.Şti. 3. Baskı. Syf:85-120. Ankara.
- Ceyhun Sezgin A, 2014. Meyve, Sebze ve Sağlığımız. Journal of Tourism and Gastronomy Studies 2: 46-51.
- Çapanoğlu E, Boyacıoğlu D, 2009. Meyve ve Sebzelerin Flavonoid İçeriği Üzerine İşlemenin Etkisi. Akademik Gıda 7(6): 41-46.
- Dinçer C, Topuz A, 2006. Meyve ve Sebzelerin Muhafazasında İyonize Radyasyon Kullanımı. Türkiye 9. Gıda Kongresi; 24-26 Mayıs 2006, Bolu.
- Dursun A, Ekinci M, 2010. Erzurum İlinin Organik Sebzecilik Bakımından Önemi ve Potansiyeli. Türkiye IV. Organik Tarım Sempozyumu, 28 Haziran - 1 Temmuz 2010, Erzurum.
- FAO, 2018. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Crops. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (Erişim tarihi 15.12.2019)
- Kasım MU, Kasım R, 2007. Sebze ve Meyvelerde Hasat Sonrası Kayıpların Önlenmesinde Alternatif Bir Uygulama: UV-C. Tarım Bilimleri Dergisi, 13(4): 413-419.

- Niyaz ÖC, Demirbaş N, 2011. Türkiye Yaş Meyve Üretim ve İhracatının Son 10 Yıllık Dönemin Değerlendirilmesi. Tarım Ekonomisi Dergisi, 17(1): 37-45.
- Ozan S, Aşkın A, 2006. Orta Anadolu Bölgesi Örtü Altı Sebze Alanlarında Görülen Fungal Hastalıklar Üzerine Çalışmalar. Bitki Koruma Bülteni, 46: 65-75.
- Öğüt S, 2014. Doğal Antioksidanların Önemi. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 11(1): 25-30.
- Pazır F, Turan F, 2017. Meyve Ve Sebzelerde Karşılaşılabilen Bazı Pestisit Kalıntılarının Uzaklaştırılmasında Kullanılan Çeşitli Yöntemler. Journal of Food and Health Science, 3(3): 109-116.
- Sarıkamış G, 2017. Sebze Çeşitlerinin Geliştirilmesinde Biyoteknoloji. TÜRKTOB Dergisi, 24: 15-17.
- TCMB, 2019. Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası Döviz Kurları. [http://www.tcmb.gov.tr/kurlar/kurlar\\_tr.html](http://www.tcmb.gov.tr/kurlar/kurlar_tr.html) (Erişim tarihi 02.03.2020)
- Tosun E, 2009. Hastalık Tedavisinde Kullanılan Bazı Meyve Ve Sebzelerin Dokularında Eser Element ve Mineral Tayini. T.C. İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, Malatya.
- TÜİK, 2019a. Türkiye İstatistik Kurumu. Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (Erişim tarihi 12.02.2020)
- TÜİK 2019b. Türkiye İstatistik Kurumu. Tarımsal Fiyat ve Ekonomik Hesaplar. [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1004](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1004) (Erişim tarihi 03.02.2020)
- Uzundikme F, Çakıroğlu FP, 2007. Yaşlılıkta Sebze - Meyve Tüketimi. Ankara Üniversitesi Basımevi. Ankara.
- Yahia EM, Barry-Ryan C, Dris R, 2004. Treatments and Techniques to Minimise The Postharvest Losses of Perishable Food Crops. Production Practices and Quality Assessment of Food Crops, Postharvest Treatment and Technology, 4: 95-133.
- Yüzbaşıoğlu R, 2018. Bireylerin Organik Sebze-Meyve Tüketimini Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi (Tokat İli Merkezi Örneği). Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 5(4): 433-439.

**Üreticilerin Tarımsal Üretim Amaçlarının Bulanık Eşli Karşılaştırma Yöntemi ile Analizi**Emine İKİKAT TÜMER<sup>1\*</sup>, Avni BİRİNCİ<sup>2</sup>

**ÖZET:** Çalışmada üreticilerin tarımsal üretim yapma amaçlarının sıralanması ve bu amaçları etkileyen üretici özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, TRA I Bölgesinde Oransal örnekleme yöntemi kullanılarak belirlenen 122 üreticiyle anket yapılmıştır. Elde edilen verilerin analizinde amaç sıralaması için Bulanık Eşli Karşılaştırma yöntemi kullanılmıştır. Analiz sonucunda araştırma bölgesindeki üreticiler sırasıyla “Borçları azaltmak”, “Ailenin ihtiyacını karşılamak”, “Araziyi korumak”, “Maksimum kar sağlamak”, “İşletmeyi gelecek nesle aktarmak”, “İşletmeyi büyütmek” ve “En az riskle üretim yapmak” amaçlarına yer vermektedirler. Bu sonuca göre üreticiler tarımsal üretimin her aşamasında riski göze almaktadırlar. Araştırma yöresindeki üreticilere sunulan amaçların önceliklerini etkileyen faktörleri belirlemek için Tobit Modeli kullanılmıştır. Model sonucuna göre “Borçları azaltmak” amacını eğitim ve tarıma ayrılan bütçe negatif yönde etkilemektedir. Yöredeki üreticilerin işletmelerini büyütme ve tarımsal üretime ayırdıkları bütçeyi artırmaları için üreticiler desteklenebilirler.

**Anahtar kelimeler:** Amaç, üretici, Bulanık Eşli Karşılaştırma, Tobit, TRA I Bölgesi.

**Analysis of Agricultural Production Objectives of Producers by Fuzzy Pair-wise Comparison Method**

**ABSTRACT:** The aim of the study is to rank the agricultural production objectives of the producers and to determine the producers' characteristics that affect these objectives. For this purpose, a survey was conducted with 122 producers in the TRA I region determined by using proportional sampling method. Fuzzy Pair-wise Comparison method was used for objective ranking in the analysis of the obtained data. As a result of the analysis, the objectives in the research area were identified as “reduce debt”, “meet the needs of the family”, “protect the land”, “maximum profits”, “business transfer to the next generation”, “grow the business” and “the lowest risk production” respectively. According to this result, producers take risks at every stage of agricultural production. The Tobit model was used to determine the factors affecting the priorities of the objectives presented to producers in the research area. According to the Model result, education and the budget allocated to agriculture have a negative impact on the purpose of “reducing debts”. Producers in the region can be supported to grow their businesses, specialize in agricultural production and increase the budget allocated to agricultural production.

**Keywords:** Objective, producer, Fuzzy Pair-wise Comparison, Tobit, TRA I region.

<sup>1</sup> Emine İKİKAT TÜMER (Orcid ID: 0000-0001-6336-3026), Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

<sup>2</sup> Avni BİRİNCİ (Orcid ID: 0000-0003-0370-1454), Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Erzurum, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Emine İKİKAT TÜMER, e-mail: etumer@ksu.edu.tr

Bu çalışma Emine İKİKAT TÜMER'in Doktora tezinden üretilmiştir.

## GİRİŞ

Dünyada tarım sektörü, nüfusun beslenmesinin yanı sıra ülke ekonomisine sağladığı katkılar nedeniyle stratejik önemini korumaktadır. Türkiye’de bu stratejik önemini koruyan tarım sektörü, üreticilerin kente göçü, yaşlanması ve tarım dışında iş arayışlarına girme kırsal alanda nüfusun azalması, gibi sorunlarla karşı karşıyadır. Bu sorunlar ülkede tarımın sürdürülebilirliğini tehlikeye atmaktadır.

Bir ülkede tarımın gelişmesi, gıda güvenliği ve sürdürülebilirliğinin sağlanması o ülkedeki tarım politikaları kadar üretici kararlarına da bağlıdır. Tarımsal üretim sel, fırtına hortum, kuraklık, don gibi doğal, ürün ve girdi fiyatları gibi ekonomik, göç, salgın hastalıklar gibi sosyal faktörlerin etkisi altında yapılmaktadır. Bunların yanı sıra üreticiler politik, psikolojik gibi birçok faktörden de etkilenmekte ve bu faktörlerin etkisi altında karar vermektedirler (Sav ve Sayın, 2018).

Tarımsal üretimin karmaşık yapısı, üretimin her aşamasında farklı risk ve belirsizlikler altında karar verilmesini gerektirmektedir (Günden, 2005; Günden ve Miran 2008). Üretici uzun, kısa ya da çok kısa dönemde kararları alırken hızlı, planlı davranmalı ve amaçlarını sıralayarak öncelikli amacını belirlemelidir. Amaç belirlemenin faydaları; üreticilerin ekonomik davranış tahmini, üretim desenini belirleme, karar verme ve tarım politikalarının oluşturulmasına katkı sağlama olarak ifade edilebilir (Van Kooten et al., 1986).

Üreticilerin temel amacı kar maksimizasyonu ya da masraf minimizasyonu olsa da üreticiler ailenin ihtiyacını karşılama, refah seviyesini yükseltme, işletmenin sürdürülebilirliğini sağlama, işletmelerini gelecek nesillere devretmeyi de amaçlamaktadırlar. Birden fazla amaçla birlikte karar vermek zorunda kalan üretici amaçlarını en önemliden önemsiz doğru sıralamak durumundadır (Van Kooten et al. 1986; Basarir and Gillespie, 2003). Amaç sıralama insanoğlunun hayatının her aşamasında olduğu gibi üretim aşamasında da büyük öneme sahiptir.

Literatürde amaç hiyerarşisinin belirlenmesi, amaçların önceliğine göre sıralanmasında Bulanık Eşli karşılaştırma yöntemi sıklıkla kullanılmaktadır. İzmir ili Torbalı ilçesi (Günden ve Miran, 2007), Erzurum ilinde (İkikat Tümer vd., 2012) ve Kahramanmaraş ilinde çiftçilerin amaç hiyerarşisinin belirlenmesinde (Ünal, 2017), İzmir ilinde Süt Sığırcılığı Yetiştiricilerinin Destekleme Politikalarına Yönelik Tercih Hiyerarşisinin (Çınar ve Uzman, 2016), Erzurum ilinde Damızlık Sığır yetiştiricileri Birliğine (DSYB) üye çiftçilerin amaçlarının karşılaştırılması (İkikat Tümer, 2016), Amasya ilinde çiftçilerin DSYB’nden sağladıkları hizmetlerin önceliklerinin karşılaştırılması (Özudoğru, 2010), çiftçilerin kooperatiften nakit kredi kullanma amaçlarının sıralanmasında (Everest, 2015) Bulanık Eşli Karşılaştırma yöntemi kullanılmıştır.

Çalışmanın amacı üreticilerin tarımsal üretim yapma amaçlarının sıralanması ve bu amaçları etkileyen üretici özelliklerinin belirlenmesidir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Materyal

Araştırmanın ana materyali Erzurum, Erzincan ve Bayburt illerinden oluşan TRA I Bölgesi üreticilerden anket yoluyla toplanmıştır. Anket sayısı Oransal Örnekleme Yöntemi (Newbold, 1995) kullanılarak anket yapılacak örnek işletme sayısı 122 (Formül 1) olarak tespit edilmiştir.

$$n = \frac{N * p * (1 - p)}{(N - 1) * \sigma_p^2 + p * (1 - p)} \quad (1)$$

$$n = \frac{61832 * 0.5 * 0.5}{61831 * 0.00205 + 0.5 * 0.5} \cong 122$$

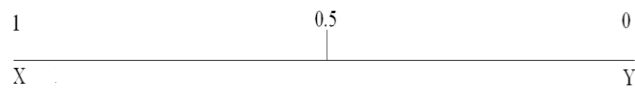
Formülde; n:Örnek büyüklüğü, N:Popülasyondaki işletme sayısı,  $\sigma_p^2$ :Oranın varyansı, r:Ortalamadan izin verilen hata payı (%7.5),  $Z_{\alpha/2}$ :z cetvel değeri (1.645), p:Üreticilerin olası oranını (%50) ifade etmektedir. Anket sayısı Erzurum için 52, Erzincan için 36 ve Bayburt için 34 olarak hesaplanmıştır. Toplamda 15 ilçe ve 30 köyde 122 anket yapılmış ve analizlerde kullanılmıştır.

## Yöntem

### Bulanık Eşli Karşılaştırma (BEK) (FuzzyPair-wiseComparison)

Bulanık küme  $[0,1]$  kapalı aralığında yer alır ve kümenin bir elemanı 0 ile 1 arasında sonsuz sayıda değer alabilmektedir (Zadeh 1965).

Çalışmada üreticilere yedi amaç sunulmuş ve bunları ikili karşılaştırmaları istenmiştir. Üreticiler amaçları  $K = \frac{n*(n-1)}{2}$  formülüne (n amaç sayısı) göre 21 karşılaştırma yapmaları istenmiştir. Veri toplama aşamasında aşağıdaki ölçek kullanılmış ve üreticilerin çizgi üzerinde X yada Y amacına yakınlığına göre işaret koymaları istenmiştir. Y'ye göre X'in tercih derecesi,  $R_{XY}$ , belirlenen işarettten X'e olan uzaklığı ifade eder.  $R_{XY} = 1$  veya  $R_{XY} = 0$  keskin tercihleri gösterir.



Her bir eşli karşılaştırma için,  $R_{ij}$  ( $i \neq j$ ) elde edilmektedir. Burada  $i$  ye göre  $j$ 'nin tercih derecesinin ölçümü ise  $R_{ij} = 1 - R_{ji}$  formülü ile hesaplanmaktadır. Elde edilen ölçümlerle bulanık tercih matrisi oluşturulur.

$$R_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{eğeri} = j \forall i, j = 1, \dots, n \\ r_{ij}, & \text{eğeri} \neq j \forall i, j = 1, \dots, n \end{cases}$$

$$R = \begin{pmatrix} 0 & r_{12} & r_{13} & \dots & \dots & \dots & r_{1j} \\ r_{21} & 0 & r_{23} & \dots & \dots & \dots & r_{2j} \\ r_{31} & r_{32} & 0 & \dots & \dots & \dots & r_{3j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 & r_{i-1j} \\ r_{j1} & r_{j2} & \dots & \dots & \dots & r_{ji-1} & 0 \end{pmatrix}$$

Matriste her bir element bir amacın diğerine ne ölçüde tercih edildiğini ifade etmektedir. Her bir amacın tercih yoğunluğunu ölçmede Formül 2 kullanılır. Formülden elde edilen değer 1'e ne kadar yakınsa o amacın tercih yoğunluğunun yüksek olduğunu gösterir.

$$I_j = 1 - \left[ \sum_{i=1}^n R_{ij}^2 / (n-1) \right]^{1/2} \quad (2)$$

Elde edilen  $I_j$  sonuçlarına göre amaçlar en önemliden en az önemliye doğru sıralanabilmektedir.

Önceki çalışmalardan (BasarirandGillespie 2003; BasarirandGillespie 2007; Günden ve Miran 2008) ve araştırma yöresinde yapılan daha önceki araştırmalardan (İkikat Tümer vd., 2012) faydalanılarak bu çalışmada üreticilerin tarımsal üretimde yedi amacı dikkate aldığı varsayılmıştır. Bu amaçlar “En az riskle üretim yapmak”, “İşletmeyi büyütme, ailenin ihtiyacını karşılamak”, “İşletmeyi gelecek nesle aktarmak”, “Borçları azaltmak”, “Maksimum kar sağlamak” ve “Araziyi korumak” şeklinde sıralanabilir. BEK analizinin yapılmasında **PAN 2** istatistik paket programı kullanılmıştır.



### Friedman testi

İki yönlü varyans analizinin parametrik olmayan alternatifidir. Tekrarlamalı ölçümlerde bireyde üç ve daha fazla sayıda işlem yapıldığında işlemler arası farklılıkları ortaya koymak için yapılan bir testtir (Kalaycı, 2009; Shields, 2019). Bu çalışmada Friedman testinin  $H_0$  hipotezi “üreticilerin amaçlara verdikleri öncelikler arasında fark yoktur” şeklindedir.

### Kendall's W testi

Tek yönlü varyans analizine iyi bir alternatif olan testtir. Bu çalışmada üreticilerin yedi amaç yaptığı sıralamalar arasındaki uyumu ölçer. Kendall's uyum katsayısı 0 ile +1 arasında değer alır ve 1 değerine yaklaştıkça uyumun gücünün arttığı ifade edilir (Kalaycı, 2009; Shields, 2019).

### Tobit Model

Bağımlı değişkeni sınırlı olan regresyon modellerinde parametre tahmin yöntemlerini karşılaştırmaktır. Bu model, Tobit Model ya da Sansürlü Regresyon Modeli olarak adlandırılmaktadır.

$y_i^* = \beta x_i + u_i, i=1, \dots, T$  şeklindeki regresyon modelinde,

$$y_i \begin{cases} y_i^*, & \beta x_i + u_i > 0 \\ 0, & \beta x_i + u_i \leq 0 \text{ ise} \end{cases}$$

$u_i \cong N(0, \sigma^2)$  ifadesi Tobit modeli vermektedir (Gujarati 2006).

Araştırmada tüm amaçlar için bir Tobit model kurulmuştur. Tobit modelde bağımlı değişkenler Bulanık Eşli Karşılaştırma yöntemiyle karşılaştırılan amaçların ağırlık değerleridir ve her bir amaç için elde edilen indeks değerleri  $[0,1]$  kapalı aralığında değişmektedir. Modelde “En az riskle üretim yapmak”, “İşletmeyi büyütmek”, “Ailenin ihtiyacını karşılamak”, “İşletmeyi gelecek nesle aktarmak”, “Borçları azaltmak”, “Maksimum kar sağlamak” ve “Araziyi korumak” amaçlarının her biri bağımlı değişken olarak alınmıştır. Modelde risk grubu, eğitim, tarımda çalışan nüfus, tecrübe, sosyal güvence, tarımsal gelir, tarıma ayrılan bütçe, tarım dışı işte çalışma, arazi varlığı, büyükbaş hayvan varlığı, işletme dışı yatırım, şans oyunları oynama ve Tarım ve Orman Bakanlığı il/ilçe müdürlüğü personeli ile görüşme sıklığı bağımsız değişken olarak kullanılmıştır.

### BULGULAR VE TARTIŞMA

Anket yapılan üreticilerin %56.6'sı tedbirli ve daha az riskli yatırımları tercih eden kişiler olup risk sevmeyen grupta yer almaktadırlar. Çiftçilerin %22.1'i beklenen gelirleri en yüksek oluncaya kadar risk alan, kararlı, riski yönetme kabiliyeti olan, ekonomik açıdan en ideal davranan kişiler olup riske nötr grupta bulunmaktadır. Bölgede riskli yatırımları seven, maceracı çiftçilerin oranı %21.3 olup risk seven grupta yer almaktadırlar (İkikat Tümer ve Birinci 2013).

Ankete katılan üreticiler ortalama 6.52 yıl eğitim almış, kendileri dışında tarımda çalışan aile birey sayısı ortalama 0.71 kişidir ve ortalama 27.53 yıl tecrübeye sahiptirler. Üreticilerin %83'ünün sosyal güvencesi bulunmakta ve %43'tarım dışı işte çalışmaktadırlar. Tarımsal üretimden ortalama 13322.13 TL/yıl gelir elde etmekte ve tarımsal üretime ortalama 9109.02 TL/yıl bütçe ayırmaktadırlar. Ankete katılanların ortalama arazi varlığı 98.76 da ve ortalama büyükbaş hayvan varlığı 14.69 baş olarak hesaplanmıştır. Üreticilerin %28'inin işletme dışında yatırımları bulunmakta ve %11'i şans oyunu oynamaktadır. Tarım ve Orman Bakanlığı il/ilçe müdürlüğü personeli ile görüşme sıklığı ise orta düzeydedir (Çizelge 1).

**Çizelge 1.** Modelde kullanılan değişkenler

	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. sapma
Eğitim	0.00	15.00	6.52	2.90
Tarımda çalışan nüfus	0.00	1.00	0.71	0.45
Tecrübe	4.00	65.00	27.53	14.00
Sosyal güvence	0.00	1.00	0.83	0.38
Tarım dışı işte çalışma durumu	0.00	1.00	0.43	0.50
Tarımdan elde edilen gelir	800.00	75000.00	13322.13	12614.90
Tarıma ayrılan bütçe	800.00	60000.00	9109.02	9201.34
Arazi varlığı	0.00	920.00	98.76	165.49
Büyükbaş hayvan varlığı (baş)	0.00	85.00	14.69	17.03
İşletme dışı yatırım	0.00	1.00	0.28	0.45
Şans oyunu oynama durumu	0.00	1.00	0.11	0.31
Tarım il ve ilçe müdürlükleriyle görüşme sıklığı	1.00	5.00	2.58	1.34

Ankete katılan üreticiler sunulan yedi amacı ikili olarak karşılaştırmışlardır. BEK yöntemiyle amaçların ağırlıkları hesaplanmış ve amaçlar, ortalama ağırlıklarına göre sıralanmıştır. Araştırma bölgesindeki üreticiler üretimin tüm aşamalarında öncelikle “Borçları azaltmak”, sonra “Ailenin ihtiyacını karşılamak”, “Araziyi korumak”, “Maksimum kar sağlamak”, “İşletmeyi gelecek nesle aktarmak”, “İşletmeyi büyütmek” ve “En az riskle üretim yapmak” amaçlarına yer vermektedirler. Bu sonuca göre üreticilerin tarımsal üretim yaparken riski göze aldıkları söylenebilir (Çizelge 2).

Üreticilerin tarımsal üretim yapma amaçları arasında fark olup olmadığı Friedman testi ile analiz edilmiş ve Friedman testi istatistiki açıdan ( $p < 0.01$ ) anlamlı bulunmuştur. Friedman testi sonucuna göre üreticiler, sunulan amaçlardan en az birini diğerlerine tercih etmişlerdir. Kendall’s W değerine (0.3) göre üreticiler arasındaki uyumun zayıf olduğunu söylemek mümkündür (Çizelge 2). Louisiana’da üreticilerin “yüksek kayıp ve düşük kardan kaçınmak” (Basarirand Gillespie 2003), İzmir ili Torbalı ilçesinde “mevcut araziyi korumak” (Günden ve Miran 2008) ve Erzurum ilinde “Borçları azaltmak” amacına en fazla önem verildiği tespit edilmiştir (İkikat Tümer vd. 2012).

**Çizelge 2.** Üreticilerin tarımsal üretim amaçlarının ağırlıkları

	Minimum	Ortalama	Maksimum	Std. sapma
Borçları azaltmak	0.153	0.575	0.900	0.172
Ailenin ihtiyacını karşılamak	0.174	0.573	0.900	0.162
Araziyi korumak	0.177	0.471	0.900	0.144
Maksimum kar sağlamak	0.100	0.396	0.900	0.138
İşletmeyi gelecek nesle aktarmak	0.100	0.377	0.859	0.154
İşletmeyi büyütmek	0.130	0.345	0.900	0.148
En az riskle üretim yapmak	0.100	0.342	0.900	0.206

\*Friedman testi  $p < 0.01$  için istatistiki açıdan anlamlıdır. Kendall’s W=0.3

Araştırma bölgesinde Bayburt’taki üreticiler “Ailenin ihtiyacını karşılamak”, Erzurum’dakiler “Borçları azaltmak”, Erzincan’dakiler ise her iki amaca en fazla önemi vermektedirler. Risk sevmeyen üreticiler “Ailenin ihtiyacını karşılamak” ve “Borçları azaltmak”, riske nötr olanlar “Ailenin ihtiyacını karşılamak” ve risk sevenler ise “Borçları azaltmak” amacına en fazla önemi vermektedirler. 20 yıldan daha az tecrübeye sahip olan üreticiler “Ailenin ihtiyacını karşılamak”, 20-39 yıl arasında tecrübeye sahip olanlar “Borçları azaltmak”, 40 yıldan daha fazla tecrübeye sahip olanlar ise “Ailenin ihtiyacını karşılamak” ve “Borçları azaltmak” amacına en fazla önemi vermektedirler. Arazi büyüklüğü 5 dekar dan daha az, 20-99 dekar ile 500 dekar ve daha fazla olan üreticiler “Ailenin ihtiyacını karşılamak”, 5-19 dekar ile 100-199 dekar arasında araziye sahip olanlar “Borçları azaltmak” amacına en fazla önemi vermektedirler (Çizelge 3).

İzmir ili Torbalı ilçesinde 0-90 dekar, 91-139 dekar ve 236 dekardan fazla arazisi olan üreticiler “mevcut araziye koruma” amacına, arazi büyüklüğü 140-236 dekar olan üreticilerin “mevcut araziye koruma” ve “borç ödeme” amacına en fazla önemi verdiklerini tespit etmişlerdir (Günden ve Miran, 2008).

**Çizelge 3.** İllere göre üreticilerin tarımsal üretim amaçlarının ağırlıkları

		En az riskle	İşletmeyi	Ailenin	İşletmeyi	Borçları	Maksimum	Araziyi
		üretim yapmak	büyütmek	ihtiyacını karşılamak	gelecek nesle aktarmak	azaltmak	kar sağlamak	korumak
İller	Bayburt	0.37	0.33	0.60	0.42	0.56	0.38	0.44
	Erzincan	0.38	0.35	0.56	0.38	0.56	0.40	0.47
	Erzurum	0.30	0.35	0.56	0.34	0.59	0.40	0.49
Risk grupları	Risk sevmeyen	0.37	0.35	0.57	0.38	0.57	0.39	0.47
	Riske nötr	0.28	0.37	0.61	0.36	0.56	0.38	0.50
	Risk seven	0.32	0.31	0.54	0.40	0.62	0.43	0.45
Tecrübe	<20	0.32	0.33	0.59	0.39	0.54	0.39	0.47
	20-39	0.31	0.33	0.57	0.38	0.60	0.39	0.48
	40 +	0.43	0.39	0.55	0.35	0.55	0.41	0.46
Arazi varlığı (da)	0	0.54	0.34	0.60	0.37	0.49	0.31	0.40
	1-4	0.49	0.28	0.59	0.36	0.54	0.35	0.54
	5-9	0.45	0.28	0.52	0.37	0.62	0.35	0.55
	10-19	0.40	0.32	0.55	0.42	0.61	0.37	0.44
	20-49	0.32	0.35	0.66	0.38	0.53	0.41	0.41
	50-99	0.28	0.33	0.60	0.36	0.56	0.43	0.48
	100-199	0.29	0.36	0.51	0.35	0.63	0.42	0.49
	200-499	0.27	0.43	0.43	0.39	0.65	0.35	0.54
	500 +	0.36	0.48	0.59	0.42	0.46	0.42	0.52

### Üreticilerin tarımsal üretim yapma amaçlarına etkili olan faktörlerin analizi

Araştırma yöresindeki üreticilere sunulan yedi amacın önceliklerini etkileyen faktörleri belirlenmek için Tobit Modeli kullanılmıştır.

“En az riskli üretimi gerçekleştirmek” amacı için tahmin edilen Tobit Modele göre; üreticilerin dahil olduğu risk grubu, tarımda çalışan nüfus, sosyal güvence, tarımsal gelir, tarım dışı iş, işletme büyüklüğü ve şans oyunları oynama anlamlı olup negatif yönde bir etkiye sahiptir. “En az riskli üretimi gerçekleştirmek” amacı için tahmin edilen aynı modele göre; eğitim, tecrübe, tarıma ayrılan bütçe, büyükbaş hayvan varlığı ve işletme dışı yatırım anlamlı olup, pozitif yönde bir etkiye sahiptir ( Çizelge 4). Üreticiler risk aldıkça en az riskli üretimi gerçekleştirme isteği %4 azalmaktadır. Bu durum istatistiki açıdan ( $p \leq 0.05$ ) önemlidir. Aile bireylerinden tarımsal faaliyette bulunanların sayısı arttıkça risksiz üretim yapma isteği de azalmaktadır. Üretici ailesinde tarımsal üretimde çalışanların sayısı 1 birey arttıkça üreticilerin en az riskli üretimi gerçekleştirme isteği %2 azalmaktadır. Sosyal güvencesi olan üreticiler olmayanlara göre, bugünü ve geleceği güvence altına aldığını düşünerek en az riskle üretim yapmayı daha az istemektedir. Sosyal güvencesi olan üreticilerin en az riskli üretimi gerçekleştirme isteği diğerlerine göre %8.65 azalmaktadır. Tarımsal üretimden elde edilen gelir arttıkça, üreticilerin

kendine olan güveni artmakta ve en az riskle üretim yapma istekleri azalmaktadır. Üreticilerin tarımsal üretimden elde ettikleri gelir 1 TL arttığında en az riskli üretimi gerçekleştirme isteği %10 azalmaktadır. Tarım dışında bir işte çalışanların bu işten elde ettikleri gelir arttıkça, en az riskle üretimi gerçekleştirme isteklerinin azaldığı görülmektedir. Tarım dışı işten elde edilen gelir 1 TL arttığında en az riskli üretimi gerçekleştirme isteği diğerlerine göre %6 azalmaktadır. Üreticilerin sahip oldukları arazi arttıkça, tarımsal üretimi en az riskle gerçekleştirme istekleri azalmaktadır. Sahip olunan arazi miktarı 1 dekar arttığında en az riskli üretimi gerçekleştirme isteği %4 azalmaktadır. Şans oyunu oynayanların oynamayanlara göre en az riskli üretim yapma isteği de azalmaktadır. Şans oyunu oynamayan üreticilerin en az riskli üretimi gerçekleştirme isteği diğerlerine göre %92 artmaktadır. (“Araziyi korumak” amacı için tahmin edilen Tobit Modele göre; sosyal güvence ve tarım dışı iş anlamı olup pozitif yönde bir etkiye sahiptir (Çizelge 4). Sosyal güvencesi olan bir başka ifadeyle bugünü ve geleceği garanti altına alan üreticiler gelecek nesilleri de düşünerek, diğerlerine göre daha fazla araziyi korumayı arzulamaktadırlar. Sosyal güvencesi olan üreticilerin araziyi koruma isteği diğerlerine göre %7 artmaktadır. Tarım dışı işte çalışanlar diğerlerine göre arazinin değerini daha iyi bilmekte ve arazinin doğal yapısı ve bitki besin elementleri gibi değerlerini daha fazla koruma arzusundadırlar. Tarım dışında bir işte çalışanların araziyi koruma isteği diğerlerine göre %5 artmaktadır.

Üreticiler sahip oldukları eğitim düzeyi arttıkça, bugünü ve geleceği garanti altına almak istemekte ve en az riskli üretim yapma istekleri artmaktadır. Üreticilerin eğitim seviyesi arttığında en az riskli üretimi gerçekleştirme isteği %2 artmaktadır. Tarımsal üretimde geçirilen zaman arttıkça üreticiler doğal, sosyal ve ekonomik risklerin ortaya çıkardığı olumsuzlukların farkına varmaktadır. Bu nedenle üreticiler tecrübelerine dayanarak üretimde riski en az düzeyde tutmayı daha fazla istemektedir. Üreticilerin tarımsal üretimdeki tecrübeleri 1 yıl arttığında en az riskli üretimi gerçekleştirme isteği diğerlerine göre %0.5 artmaktadır. Üretici, tarımsal üretime yaptığı masrafları karşılayabilmek diğer bir ifadeyle tarıma ayırdığı bütçeyi tekrar oluşturabilmek için en az riskli üretimi gerçekleştirmeyi arzulamaktadır. Üreticilerin tarımsal üretime ayırdıkları bütçe 1 TL arttığında en az riskli üretimi gerçekleştirme isteği %10 artmaktadır. Büyükbaş hayvan sayısı arttıkça, mal varlığını korumak için üretici riskten kaçınmaktadır. Büyükbaş hayvan sayısı 1 baş artan üreticilerin en az riskli üretimi gerçekleştirme isteği diğerlerine göre %4 artmaktadır. İşletme dışında yatırım yapan üretici, yatırımını kaybetmemek ve geleceğini güvence altında tutmak için üretimi gerçekleştirirken, mevcut olan riskleri en az seviyede tutmak istemektedir. İşletme dışında yatırımı olan üreticilerin en az riskli üretimi gerçekleştirme isteği diğerlerine göre %8 artmaktadır. (“Araziyi korumak” amacı için tahmin edilen Tobit Modele göre; sosyal güvence ve tarım dışı iş anlamı olup pozitif yönde bir etkiye sahiptir (Çizelge 4). Sosyal güvencesi olan bir başka ifadeyle bugünü ve geleceği garanti altına alan üreticiler gelecek nesilleri de düşünerek, diğerlerine göre daha fazla araziyi korumayı arzulamaktadırlar. Sosyal güvencesi olan üreticilerin araziyi koruma isteği diğerlerine göre %7 artmaktadır. Tarım dışı işte çalışanlar diğerlerine göre arazinin değerini daha iyi bilmekte ve arazinin doğal yapısı ve bitki besin elementleri gibi değerlerini daha fazla koruma arzusundadırlar. Tarım dışında bir işte çalışanların araziyi koruma isteği diğerlerine göre %5 artmaktadır.

“İşletmeyi büyütmek” amacı için tahmin edilen Tobit Modele göre; tarıma ayrılan bütçe ile işletme büyüklüğü anlamlı ve pozitif yönde bir etkiye sahiptir ( Çizelge 4). Tarıma ayrılan bütçe arttıkça, işletmeyi büyütmeye isteği artmaktadır. Üreticilerin tarımsal üretime ayırdıkları bütçe 1 TL arttığında işletmeyi büyütmeye isteği %6 artmaktadır. İşletme büyüklüğü artan üreticiler, diğerlerine göre daha fazla işletmeyi büyütmek arzusundadırlar. Sahip olunan arazi miktarı 1 dekar arttığında üreticilerin işletmeyi büyütmeye isteği %1 artmaktadır. (“Araziyi korumak” amacı için tahmin edilen Tobit Modele göre; sosyal güvence ve tarım dışı iş anlamlı olup pozitif yönde bir etkiye sahiptir ( Çizelge 4). Sosyal güvencesi olan bir başka ifadeyle bugünü ve geleceği garanti altına alan üreticiler gelecek nesilleri de düşünerek, diğerlerine göre daha fazla araziyi korumayı arzulamaktadırlar. Sosyal güvencesi olan üreticilerin araziyi koruma isteği diğerlerine göre %7 artmaktadır. Tarım dışı işte çalışanlar diğerlerine göre arazinin değerini daha iyi bilmekte ve arazinin doğal yapısı ve bitki besin elementleri gibi değerlerini daha fazla koruma arzusundadırlar. Tarım dışında bir işte çalışanların araziyi koruma isteği diğerlerine göre %5 artmaktadır.

“Aile ihtiyacını karşılamak” ve “İşletmeyi gelecek nesle devretmek” amacı için tahmin edilen Tobit Modele göre; tüm üreticiler bu amaca aynı önemi vermektedirler ( Çizelge 4).

“Borçları azaltmak” amacı için tahmin edilen Tobit Modele göre; eğitim ve tarıma ayrılan bütçe anlamlı olup negatif yönde bir etkiye sahiptir ( Çizelge 4). Üreticilerin eğitim seviyesi arttıkça borçlarını azaltma isteği azalmaktadır. Üreticilerin eğitim seviyesi 1 yıl arttığında borçları azaltma isteği %1 azalmaktadır. Tarıma ayrılan bütçe artırıldıkça, borçları azaltma isteği azalmaktadır. Üreticilerin tarımsal üretime ayırdıkları bütçe 1 TL arttığında borçları azaltma isteği %12 azalmaktadır.

Üreticiler tarımsal üretimi gerçekleştirebilmek için tohum, gübre, ilaç, yem gibi girdilere ihtiyaç duymaktadır. Bu ihtiyaçlarını karşılayabilmek için borç almaktadır. Bu nedenle tarımsal üretim için harcamaları arttıkça, borçlarının da artması beklenmektedir.

Bu amaç için tahmin edilen aynı modelde, tarımda çalışan nüfus ve tarımsal gelir anlamlı olup pozitif yönde bir etkiye sahiptir ( Çizelge 4). Üretici ailesinden işletmede çalışan birey sayısı 1 birey arttığında borçları azaltma isteği %2 artmaktadır. Tarımsal gelir arttıkça, üreticilerin borçları azaltma arzusu artmaktadır. Tarımsal geliri 1 TL artan üreticilerin borçları azaltma isteği %6 artmaktadır. (“Araziyi korumak” amacı için tahmin edilen Tobit Modele göre; sosyal güvence ve tarım dışı iş anlamlı olup pozitif yönde bir etkiye sahiptir ( Çizelge 4). Sosyal güvencesi olan bir başka ifadeyle bugünü ve geleceği garanti altına alan üreticiler gelecek nesilleri de düşünerek, diğerlerine göre daha fazla araziyi korumayı arzulamaktadırlar. Sosyal güvencesi olan üreticilerin araziyi koruma isteği diğerlerine göre %7 artmaktadır. Tarım dışı işte çalışanlar diğerlerine göre arazinin değerini daha iyi bilmekte ve arazinin doğal yapısı ve bitki besin elementleri gibi değerlerini daha fazla koruma arzusundadırlar. Tarım dışında bir işte çalışanların araziyi koruma isteği diğerlerine göre %5 artmaktadır.

“Maksimum kar sağlamak” amacı için tahmin edilen Tobit Modele göre; Tarım ve Orman Bakanlığı il ve ilçe müdürlükleriyle görüşme sıklığı anlamlı ve negatif yönde bir etkiye sahiptir ( Çizelge 4). Tarım ve Orman Bakanlığı il ve ilçe müdürlükleriyle görüşme sıklığı arttıkça, bu kurum ve kuruluşlardan alınan bilgiler doğrultusunda üreticiler maksimum kar sağlamak yerine, başka amaçlara önem vermektedirler. Üreticilerin Tarım il ve ilçe müdürlükleriyle görüşme sıklığı arttıkça maksimum



kar sağlama isteği %2 azalmaktadır. Aynı modele göre eğitim ve işletme büyüklüğü anlamlı olup pozitif yönde bir etkiye sahiptir ( Çizelge 4). Üreticilerin eğitim seviyesi 1 yıl arttığında maksimum kar sağlama amacına verilen önem %1 artmaktadır. İşletme büyüklüğünün artışı maksimum kar sağlama isteğini artırmaktadır. Üreticilerin sahip olduğu arazi miktarı 1 dekar arttığında, maksimum kar sağlama amacına verilen önem %2 artmaktadır. (“Araziyi korumak” amacı için tahmin edilen Tobit Modele göre; sosyal güvence ve tarım dışı iş anlamlı olup pozitif yönde bir etkiye sahiptir ( Çizelge 4). Sosyal güvencesi olan bir başka ifadeyle bugünü ve geleceği garanti altına alan üreticiler gelecek nesilleri de düşünerek, diğerlerine göre daha fazla araziyi korumayı arzulamaktadırlar. Sosyal güvencesi olan üreticilerin araziyi koruma isteği diğerlerine göre %7 artmaktadır. Tarım dışı işte çalışanlar diğerlerine göre arazinin değerini daha iyi bilmekte ve arazinin doğal yapısı ve bitki besin elementleri gibi değerlerini daha fazla koruma arzusundadırlar. Tarım dışında bir işte çalışanların araziyi koruma isteği diğerlerine göre %5 artmaktadır.

**Çizelge 4.** Üreticilerin tarımsal üretimi gerçekleştirme amaçlarına ilişkin TobitModelleri

Değişkenler	En az riskli üretimi gerçekleştirmek	İşletmeyi büyütmek	Ailenin ihtiyacını karşılama	İşletmeyi gelecek nesle aktarmak	Borçları azaltmak	Maksimum kar sağlamak	korumak
	Katsayı	Katsayı	Katsayı	Katsayı	Katsayı	Katsayı	Katsayı
Sabit	0.4799 *** (-0.0909)	0.2659 *** (-0.0760)	0.6572 *** (-0.0876)	0.3238 *** (-0.0825)	0.5642 *** (-0.0892)	0.2223 *** (-0.0717)	0.4364 *** (-0.0753)
Risk grubu	-0.0408 ** (-0.0191)	-0.0085 (-0.0160)	-0.0135 (-0.0184)	0.0041 (-0.0173)	0.0267 (-0.0187)	0.0207 (-0.0151)	-0.0079 (-0.0158)
Eğitim	0.0201 *** (-0.0059)	-0.0023 (-0.0049)	0.0043 (-0.0057)	0.0016 (-0.0053)	-0.0112 * (-0.0058)	0.0115 ** (-0.0046)	-0.0064 (-0.0049)
Tarımda çalışan nüfus	-0.0204 *** (-0.0072)	0.0064 (-0.0060)	-0.0078 (-0.0069)	0.0061 (-0.0065)	0.0159 ** (-0.0070)	-0.0001 (-0.0056)	-0.0055 (-0.0059)
Tecrübe	0.0049 *** (-0.0012)	0.0011 (-0.0010)	-0.0012 (-0.0012)	-0.0018 (-0.0011)	0.0002 (-0.0012)	0.0014 (-0.0010)	-0.0010 (-0.0010)
Sosyal güvence	-0.0865 ** (-0.0407)	-0.0463 (-0.0340)	0.0138 (-0.0392)	0.0034 (-0.0369)	-0.0094 (-0.0400)	0.0036 (-0.0321)	0.0706 ** (-0.0337)
Tarımsal gelir	-0.1037 *** (-0.0369)	-0.0337 (-0.0308)	-0.0224 (-0.0355)	0.0082 (-0.0335)	0.0628 * (-0.0362)	0.0081 (-0.0291)	0.0476 (-0.0305)
Tarıma ayrılan bütçe	0.1030 ** (-0.0416)	0.0604 * (-0.0348)	0.0321 (-0.0401)	0.0240 (-0.0378)	-0.1183 *** (-0.0409)	-0.0089 (-0.0329)	-0.0225 (-0.0345)
Tarım dışı iş	-0.0628 * (-0.0333)	-0.0249 (-0.0278)	-0.0122 (-0.0321)	0.0311 (-0.0302)	0.0046 (-0.0327)	0.0216 (-0.0262)	0.0480 * (-0.0276)
Arazi varlığı	-0.0420 *** (-0.0087)	0.0129 * (-0.0073)	-0.0091 (-0.0084)	-0.0063 (-0.0079)	0.0104 (-0.0086)	0.0184 *** (-0.0069)	0.0115 (-0.0072)
Büyükbaş hayvan varlığı	0.0359 * (-0.0187)	-0.0090 (-0.0156)	-0.0075 (-0.0180)	-0.0027 (-0.0169)	0.0062 (-0.0183)	-0.0003 (-0.0147)	-0.0113 (-0.0155)
İşletme dışı yatırım	-0.0836 ** (-0.0355)	0.0157 (-0.0297)	-0.0413 (-0.0342)	-0.0019 (-0.0322)	-0.0030 (-0.0349)	-0.0256 (-0.0280)	-0.0149 (-0.0294)
Şans oyunları oynama	-0.0850 * (-0.0497)	0.0325 (-0.0416)	-0.0195 (-0.0480)	0.0287 (-0.0452)	-0.0091 (-0.0489)	0.0324 (-0.0393)	0.0553 (-0.0412)
Tarım il/ilçe müd. görüşme	-0.0155 (-0.0123)	0.0095 (-0.0103)	0.0050 (-0.0119)	0.0110 (-0.0112)	0.0047 (-0.0121)	-0.0234 ** (-0.0097)	-0.0110 (-0.0102)
LogLikelihood	49.3458	41.1167	53.7700	61.1523	51.5623	78.2290	72.2593
Sigma	0.1615* (0.0103)	0.1351* (0.0086)	0.1557* (0.0100)	0.1466* (0.0938)	0.1586* (0.0101)	0.1274* (0.0082)	0.1338* (0.0086)

Standart hata değerleri parantez içerisinde gösterilmiştir. \*,\*\*,\*\*\* sırasıyla 0.01, 0.05 ve 0.10 ihtimal düzeyinde istatistiki anlamlılığı göstermektedir

“Araziyi korumak” amacı için tahmin edilen Tobit Modele göre; sosyal güvence ve tarım dışı iş anlamlı olup pozitif yönde bir etkiye sahiptir ( Çizelge 4). Sosyal güvencesi olan bir başka ifadeyle bugünü ve geleceği garanti altına alan üreticiler gelecek nesilleri de düşünerek, diğerlerine göre daha fazla araziyi korumayı arzulamaktadırlar. Sosyal güvencesi olan üreticilerin araziyi koruma isteği diğerlerine göre %7 artmaktadır. Tarım dışı işte çalışanlar diğerlerine göre arazinin değerini daha iyi bilmekte ve arazinin doğal yapısı ve bitki besin elementleri gibi değerlerini daha fazla koruma

arzusundadırlar. Tarım dışında bir işte çalışanların araziyi koruma isteği diğerlerine göre %5 artmaktadır.

**Çizelge 5.** Üreticilerin tarımsal üretimi gerçekleştirme amaçlarına ilişkin Tobit Modellerinin marjinal etkileri

Değişkenler	En az riskli üretimi gerçekleştirmek		İşletmeyi büyütmek		Ailenin ihtiyacını karşılamak		İşletmeyi gelecek nesle aktarmak		Borçları azaltmak		Maksimum kar sağlamak		Araziyi korumak	
	Katsayı		Katsayı		Katsayı		Katsayı		Katsayı		Katsayı		Katsayı	
Sabit	0.4717 ***	(0.0897)	0.2644 ***	(0.0757)	0.6572 ***	(0.0876)	0.3222 ***	(0.0821)	0.5641 ***	(0.0892)	0.2221 ***	(0.0717)	0.4363 ***	(0.0753)
Risk grubu	-0.0401 **	(0.0188)	-0.0085	(0.0159)	-0.0134	(0.0184)	0.0041	(0.0172)	0.0266	(0.0187)	0.0207	(0.0151)	-0.0079	(0.0158)
Eğitim	0.0198 ***	(0.0058)	-0.0023	(0.0049)	0.0043	(0.0057)	0.0016	(0.0053)	-0.0112 *	(0.0058)	0.0114 **	(0.0046)	-0.0064	(0.0049)
Tarımda çalışan nüfus	-0.0201 ***	(0.0070)	0.0064	(0.0060)	-0.0078	(0.0069)	0.0061	(0.0065)	0.0159 **	(0.0070)	-0.0008	(0.0056)	-0.0055	(0.0059)
Tecrübe	0.0048 ***	(0.0012)	0.0011	(0.0010)	-0.0012	(0.0012)	-0.0018	(0.0011)	0.0002	(0.0012)	0.0014	(0.0010)	-0.0010	(0.0010)
Sosyal güvence	-0.0850 **	(0.0400)	-0.0461	(0.0339)	0.0138	(0.0392)	0.0033	(0.0368)	-0.0094	(0.0400)	0.0036	(0.0321)	0.0706 **	(0.0337)
Tarımsal gelir	-0.1019 ***	(0.0362)	-0.0335	(0.0307)	-0.0224	(0.0355)	0.0082	(0.0333)	0.0628 *	(0.0362)	0.0081	(0.0291)	0.0476	(0.0305)
Tarıma ayrılan bütçe	0.1013 **	(0.0409)	0.0601 *	(0.0346)	0.0321	(0.0401)	0.0238	(0.0376)	-0.1183 ***	(0.0409)	-0.0089	(0.0328)	-0.0225	(0.0345)
Tarım dışı iş	-0.0618 *	(0.0327)	-0.0248	(0.0277)	-0.0122	(0.0321)	0.0310	(0.0300)	0.0046	(0.0327)	0.0216	(0.0262)	0.0480 *	(0.0276)
Arazi varlığı	-0.0413 ***	(0.0086)	0.0128 *	(0.0073)	-0.0091	(0.0084)	-0.0062	(0.0079)	0.0104	(0.0086)	0.0184 ***	(0.0069)	0.0115	(0.0072)
Büyükbaş hayvan varlığı	0.0353 *	(0.0184)	-0.0089	(0.0155)	-0.0075	(0.0180)	-0.0027	(0.0169)	0.0062	(0.0183)	-0.0003	(0.0147)	-0.0113	(0.0155)
İşletme dışı yatırım	0.0821 **	(0.0349)	0.0156	(0.0295)	-0.0413	(0.0342)	0.0019	(0.0321)	-0.0030	(0.0348)	-0.0255	(0.0280)	-0.0149	(0.0294)
Şans oyunları oynama	-0.0836 *	(0.0489)	0.0323	(0.0414)	-0.0194	(0.0480)	0.0286	(0.0449)	-0.0091	(0.0488)	0.0324	(0.0392)	0.0553	(0.0412)
Tarım il/ilçe müd. görüşme	-0.0152	(0.0121)	0.0094	(0.0103)	0.0500	(0.0119)	0.0110	(0.0111)	0.0047	(0.0121)	-0.0234 **	(0.0097)	-0.0110	(0.0102)
Sigma	0.0484		0.0484		0.0484		0.0484		0.0484		0.0484		0.0484	

Standart hata değerleri parantez içerisinde gösterilmiştir. \*, \*\*, \*\*\* sırasıyla 0.01, 0.05 ve 0.10 ihtimal düzeyinde istatistikî anlamlılığı göstermektedir

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Çeşitli risk ve belirsizlikler altında üretimin yapıldığı tarım sektöründe üreticiler birden fazla amacı gerçekleştirmek için karar verirler. Bu çalışmada üreticilerin tarımsal üretim yapma amaçlarının sıralanması ve bu amaçları etkileyen üretici özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Üreticilere karşılaştırmaları için yedi amaç sunulmuş ve bu amaçların ortalama ağırlıklarına göre sıralanmasında BEK yöntemi kullanılmıştır. Analiz sonucunda üreticilerin amaçları en önemliden en önemsiz doğru “Borçları azaltmak”, “Ailenin ihtiyacını karşılamak”, “Araziyi korumak”, “Maksimum kar sağlamak”, “İşletmeyi gelecek nesle aktarmak”, “İşletmeyi büyütmek” ve “En az riskle üretim yapmak” şeklinde sıralanmıştır. Bu sonuca göre üreticiler işletmenin sürdürülebilirliğini sağlamak için borçlarını azaltmayı temel hedef edinirken üretimin her aşamasında tarımsal üretimin doğasından kaynaklanan riskleri göze almaktadırlar.

TRA I Bölgesinde üretici amaçlarının önceliklerini etkileyen faktörleri belirlemek için Tobit Modeli kullanılmıştır. “En az riskli üretimi gerçekleştirmek” amacı için tahmin edilen Tobit Modele göre; üreticilerin dahil olduğu risk grubu, tarımda çalışan nüfus, sosyal güvence, tarımsal gelir, tarım dışı iş, işletme büyüklüğü ve şans oyunları oynama ve “Borçları azaltmak” amacı için tahmin edilen modele göre; eğitim ve tarıma ayrılan bütçe negatif yönde bir etkiye sahiptir. Bölgedeki üreticilerin tarımsal üretimde karşılaştıkları risklerin etkilerini azaltmak için risk transfer yöntemi olan tarım

sigortaları hakkında bilgilendirilmeleri büyük önem arz etmektedir. Yöredeki üreticilerin işletmelerini büyütmeleri ve tarımsal üretim için yaptıkları harcamaları, diğer bir ifadeyle tarımsal üretime ayırdıkları bütçeyi artırmaları için üreticiler desteklenebilirler.

Ülke genelinde uygulanacak tarım politikalarının üretici amaçları ile örtüşmesine önem verilmelidir. Küçük ölçekli aile işletmeleri yerine büyük işletmelerin kurulabileceği politikalar izlenmelidir. Üreticilerin eğitim, gelir, arazi varlığı gibi özellikleri dikkate alınarak işletmeyi gelecek nesle devretme, işletmeyi büyütme, daha karlı hale getirme ve işletmenin sürdürülebilirliğini sağlamaları için eğitim ve yayım faaliyetleri düzenlenebilir. Bu konuda yapılacak olan faaliyetler tarımsal üretimde verim ve kalitenin artırılmasına katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak üreticilerin amaçlarının önceliklerinin belirlenmesi, tarımsal üretime yön verilmesi ve yeni politikaların oluşturulmasında politika yapıcılara yol gösterici olacaktır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından “109O394” nolu proje ile desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Başarır A, Gillespie JM, 2003. Goals of Beef Cattle and Dairy Producers: A Comparison of the Fuzzy Pair-Wise Method and Simple Ranking Procedure. Selected Paper for Southern Agricultural Economics Association Annual Meeting, February 1-5, Mobile, AL.
- Basarir A, Gillespie MJ, 2007. Eliciting Farmers' Goal Hierarchies: Comparing the Fuzzy Pair-Wise Wise Method with the Simple Ranking Procedure, International Journal of Agriculture and Biology 1560-8530/09-2 257-263.
- Çınar G, Uzmay A, 2016. İzmir İlinde Süt Sığırcılığı Yetiştiricilerinin Destekleme Politikalarına Yönelik Tercih Hiyerarşisi: Bulanık Eşli Karşılaştırma, Tarım Ekonomisi Dergisi, 22(21), 62-70.
- Everest B, 2015. Tarım Kredi Kooperatiflerinde Ortakların Kooperatifçilik İlkelerini Algılamaları Ve Yönetime Katılmalarını Etkileyen Faktörlerin Analizi Üzerine Bir Araştırma: Balıkesir Bölge Birliği Örneği, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora tezi, İzmir.
- Gujarati DN, 2006. Basic Econometrics. Forth Edition, McGraw-Hill, USA.
- Günden C 2005. Bireysel İşletme, Grup ve Bölge Bazında Uygulamaya Elverişli Esnek Üretim Planlarının Bulanık Çok Amaçlı Doğrusal Programlama Yöntemiyle Elde Edilmesi Üzerine Bir Araştırma: İzmir İli Torbalı İlçesi Örneği. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmış).
- Günden C, Miran B, 2008. Üreticilerin Temel İşletmecilik Kararlarının Öncelik ve Destek Alma Açısından Analizi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi 5(2) 67-80.
- İkikat Tümer E., ve Birinci, A. 2013. TRA I Bölgesindeki Çiftçilerin Riske Karşı Tutumları Açısından Sosyo-Ekonomik Özellikleri, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, 7, sy:55-66. İkikat Tümer E, Birinci A, Miran B, 2012. Çiftçi Amaçlarının Bulanık Eşli Karşılaştırma Yöntemiyle Belirlenmesi: Erzurum İli Örneği, X. Tarım Ekonomisi Kongresi, 5-7 Eylül 2012, Konya.
- Kalaycı Ş, 2009. SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri. Asil Yayın Dağıtım, ISBN 975-9091-14-3, Ankara.
- Newbold P, 1995. Statistics for Business and Economics. Prentice-Hall International, 867 p. New Jersey,
- Özudoğru T. 2010. Amasya Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliğinin Yöre Çiftçilerine Ekonomik Etkilerinin Analizi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara.
- Sav O, Sayın C, 2018. Tarımda Kalma Eğilimini Etkileyen Başlıca Faktörlerin Genel Bir Değerlendirmesi. KSÜ Tar Doğa Derg 21(Özel Sayı) : 190-197.
- Shields M, 2019. Research Methodology and Statistical Methods. Edetch Press, pp 285, United Kingdom.
- Ünal SA, 2017. Çiftçilerin Tarımsal Üretim Yapma Amaçlarının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma: Kahramanmaraş İli Örneği, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.
- Van Kooten GC, Schoney RA, Hayward KA, 1986. An Alternative Approach to the Evaluation of Goal Hierarchies among Farmers. Western Journal of Agricultural Economics, 11(1): 40-49.
- Zadeh LA, 1965. Fuzzy Sets. Information and Control, 8, 338-353.

**Tarım İşletmelerinde Sektörel İsteksizlik-Gelir İlişkisi: Yozgat İli Tarım İşletmeleri Örneği**Nizamettin ERBAŞ<sup>1\*</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmanın amacı, Yozgat ili tarım işletmelerinde sektörel isteksizliğin gelir ile ilişkisinin araştırılmasıdır. Araştırmanın ana materyalini, tabakalı örnekleme yöntemi ile belirlenen 181 tarım işletmesine uygulanan anket çalışması oluşturmuştur. Çalışmada, araştırma yöresindeki üretim kaynaklarındaki değişimi görmek amacıyla ikincil verilerden de yararlanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, üretici isteksizliğinin tarımsal gelir miktarı ile doğrudan ilişkili olduğu belirlenmiştir. Yörede toprak ve iş gücü kaynaklarının yeterince kullanılmamasında üretici isteksizliğinin etkisinin olduğu görülmüştür. Çalışmada, tarımsal gelir karşılaştırmalı olarak analiz edilmiş ve sadece üçüncü grup işletmelerin (150.01-500 dekar) geliri ekonomik anlamda yeterli bulunmuştur. Birinci ve ikinci grup işletmelerin (1-50 dekar ve 50.01-150 dekar) gelirleri ise ekonomik anlamda yeterli bulunmamıştır. İşletme gelirini arttırıcı ve tarım sektörünü cazip hale getirici politika ve uygulamaların, mevcut sorunların çözümünde etkili olması beklenmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Ekonomik analiz, gelir yetersizliği, kırsal göç, sektörel isteksizlik, tarımsal gelir.

**Correlation of Sectoral Reluctance with Operating Income in Farms: The Case of Farms of Yozgat Province**

**ABSTRACT:** In this study, it was aimed to explore the correlation of sectoral reluctance of farms of Yozgat province with income. The main material of the research consisted of surveys implemented to 181 farms determined by a stratified random sampling method. In the study, secondary data were also used to see the developments in the production resources of the research region. According to the results of the research, the farmers' reluctance was directly correlated with the operating income. Farmers' reluctance was effective in not using sufficiently the soil and labor resources in the region. In the study, operating income was analyzed comparatively, and so the income of only farms in the third group (150.01-500 decares) was sufficient in an economic sense. But, the incomes of the farms in the first and the second group (1-50 decares and 50.01-150 decares) weren't sufficient in an economic sense. Policies and practices to increase operating income and make meaningful the agriculture sector is expected to be effective in solving existing problems.

**Keywords:** Economic analysis, income insufficiency, rural migration, sectoral reluctance, agricultural income.

<sup>1</sup> Nizamettin ERBAŞ (Orcid ID: 0000-0002-6379-3023), Yozgat Bozok Üniversitesi, Sosyal Bilimler MYO, Yozgat, Türkiye.

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Nizamettin ERBAŞ, e-mail: nizamettin.eras@bozok.edu.tr

## GİRİŞ

Bilindiği üzere, tarım, geçmişi çok eskilere dayanan bir sektördür. Tarımın geçmişi, insanın alet kullanmaya başladığı ve evcilleştiği 10 000 yıl öncesine dayanmaktadır. Tarım sayesinde insanlık toplu yaşama geçmiş ve devletler kurmuştur (Anonim, 2017a). İnsanlık tarihinden bu yana tarım, hem toplumların geçimlik kaynağı olmasında ve hem de ekonomik disiplinlerin gelişmesinde varlığını her zaman korumuştur (Erbay, 2013). İnsanlığın devamı tarımın varlığına bağlıdır.

Ülkemizde ise Cumhuriyetin kurulduğu yıllarda milli ekonominin temelini tarım oluşturmuş, o günden beri tarım sosyoekonomik alanda pek çok önemli görevler üstlenmiştir (Doğan ve ark., 2015). Tarım, toplumun beslenmesi yanında milli ekonomiye katkı, sanayi için hammadde temini, kırsal nüfusuna istihdam yaratma ve kırsal ilişkilerinin gelişmesi çok önemli görevi yerine getirmektedir (Erbaş, 2016; Açıl ve Demirci, 1984; Karadaş, 2016). Türkiye’de toplam nüfusun %7.5’ini kırsal nüfus oluştururken, toplam istihdamın %19’unu ve milli gelirin %6.0’sını tarım sektörünün oluşturduğu görülmektedir (Anonim, 2017f). Bu önemli fonksiyonları nedeniyle Türkiye’de tarım stratejik bir sektör olarak görülmesi ve asla ihmal edilmemelidir.

Türkiye’nin toplam tarım alanı içinde %2.65 ve toplam tarla alanı içinde %3.06 oranında pay alan Yozgat ili, toplam 597 333 hektar tarım alanına ve 588 004 hektar tarla arazisine sahiptir. Toplam yüzölçümün %42.29’unda tarım yapılmaktadır. Ancak, 2002-2017 döneminin verileri incelendiğinde, araştırma yöresinde ekili tarla arazisinin %20.56’nın, tarımsal işletme varlığının %32.25’inin ve kırsal nüfusun ise %34.11’inin azalmış olduğu görülmektedir (Anonim, 2017b). Araştırma yöresindeki bu gelişmeler üzerinde üretici isteksizliğinin büyük etkisi olmuştur.

Tarım işletmelerinin varlığını sürdürebilmesi için belli bir yıllık gelirin elde edilmesi gerekmektedir. Ancak, bu gelirin işletmeler için belirlenen “asgari gelir” düzeyinde olması, onların sürekliliği açısından önemlidir. İşletmelerde “asgari gelir” düzeyi, işçilere bir çalışma günü karşılığı olarak ödenen ve işçinin gıda, konut, giyim, sağlık, ulaşım, kültür vb. gereksinimlerini günün fiyatları üzerinden en az düzeyde karşılamaya yetecek yıllık asgari ücret geliri (Anonim, 2019) ve yeter gelirli tarımsal arazi büyüklüğü dikkate alınarak belirleniyor. Bu nedenle, işletmelerde gelirin iyi analiz edilmesi ve yöre koşullarına göre tespit edilmesi gerekmektedir.

Tarım sektörüne yönelik yürütülen araştırmaların amacı sektördeki gelişmeleri incelemek ve sektörün sorunları ile ilgili yapıcı politikalar geliştirmektir. Ancak, tarım sektöründeki gelişmelerin amacına ulaşp ulaşmadığını daha yakından görebilmek için, bu süreçteki verilerin bilinmesi ve izlenmesi gerekmektedir (Yılmaz ve ark., 2006).

Araştırma yöresinde tarım sektörünü çeşitli açılardan inceleyen bazı çalışmalar bulunsa da, üretici isteksizliğinin araştırılmasına yönelik herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışmalardan bazıları ise, “Yozgat İlinin Tarımsal Kaynak Potansiyeli, Kullanımı ve Kırsal Kalkınma Çalışmaları” (Erbaş, 2015); “Tarım Sektörünün Yozgat Ekonomisindeki Yeri ve Önemi” (Erbaş, 2016); “Türkiye Şekerpancarı Üretiminde Yozgat İlinin Yeri ve Önemi” (Koç ve Bulut, 2016) ve “Yozgat’ta Buğday Üretimi ve Fiyat İlişkisinin Koyck Modeliyle Analizi” (Akgül ve Yıldız, 2016)’dır.

Bu çalışma, gelecekte benzer çalışmalara ışık tutması ve tarım kesimine yön verilmesi bakımından önem arz etmektedir. Bu çalışmanın amacı, tarım işletmelerinde üretici isteksizliği üzerinde gelir miktarının etkisinin ortaya konulmasıdır.



## MATERYAL VE YÖNTEM

### Materyal

Bu araştırmanın ana materyalini, Yozgat ilinde faaliyet gösteren ve tabakalı tesadüfi örnekleme yöntemi ile belirlenen 181 tarım işletmesine uygulanan anket çalışması oluşturmuştur. Anket yoluyla elde edilen bu veriler, araştırmanın birincil verilerini oluşturmaktadır.

Araştırmada, Tarım İl ve İlçe Müdürlüklerinin ve Türkiye İstatistik Kurumu (TUIK)'nun verileri başta olmak üzere, diğer ulusal ve uluslararası kuruluşların verilerinden de yararlanılmıştır. Bu veriler de çalışmanın ikincil verilerini oluşturmuştur.

Anket uygulaması, örnek seçilen köylere gidilerek üreticilerle bizzat yüz yüze görüşmek suretiyle, araştırmacı tarafından yapılmıştır. Anket formlarının doldurulmasında, 2017 üretim dönemi esas alınmıştır. Anketler 2018 yılı Temmuz ve Ağustos aylarında uygulanmıştır. Araştırmada, Tarım İl Müdürlüğü kayıtlarından yararlanarak, ana kitle belirlenmeye çalışılmıştır. Ancak, ana kitledeki tüm işletmeler ile görüşerek anket yapmak zaman ve maddi olanakların sınırlılığı nedeni ile mümkün değildir. Bu nedenle, Tarım İl Müdürlüğünde görevli teknik elemanların da görüşleri doğrultusunda, Yozgat ilini doğal koşullar, uygulanan tarım tekniği ve üretim deseni bakımından temsil edecek dört ilçe belirlenmiştir. Böylece Merkez ilçe ile Yerköy, Şefaattli ve Sorgun ilçeleri araştırma alanı olarak seçilmiştir.

Araştırma alanındaki toplam işletme sayısı araştırmanın popülasyonunu oluşturmuştur. Populasyondan örneğe çıkacak işletme sayısı tabakalı örnekleme yöntemine göre hesaplanmıştır. Bu yöntemde aşağıdaki formüller kullanılmıştır (Yamane, 1967).

$$n = \frac{N \cdot \sum N_h \cdot S_h^2}{N^2 \cdot D^2 + \sum N_h \cdot S_h^2} \quad (1)$$

$$n_h = \frac{N_h}{\sum N_h} \cdot n \quad (2)$$

$$D^2 = d^2 / Z^2 \quad (3)$$

Formüllerde;

d: Ortalamadan izin verilen hata payını,

Z: Hata oranına göre standart normal dağılım tablo değerini,

N: Popülasyonu,

$S_h^2$ : Tabaka varyansını,

$S_h$ : Tabaka standart sapmasını,

$N_h$ : Popülasyonun tabakalara dağılımını,

n: Örnek hacmini ve

$n_h$ : Örnek hacminin tabakalara dağılımını ifade etmektedir.

Tabakalı örnekleme ile, dağılıma aykırılık gösteren ekstrem işletme büyüklükleri (çok küçük ya da çok büyük işletmeler) hesaplama dışında tutularak, dağılımın normalleşmesi sağlanmıştır. Örneklemede %5 hata payı ve %95 güven sınırları içinde çalışılmış olup, örnek hacmi 181 olarak hesaplanmıştır. Örnek hacminin ilçelere ve tabakalara göre dağılımı Çizelge 1'de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Örnek hacminin ilçelere ve tabakalara göre dağılımı

İlçe	I. Tabaka (1-50 dekar)	II. Tabaka (50.01-150 dekar)	III. Tabaka (50.01-500 dekar)	Toplam
Merkez	17	27	14	58
Yerköy	10	15	8	33
Şefaati	9	14	7	30
Sorgun	17	28	15	60
Toplam	53	84	44	181
Standart sapma	11.98	27.39	85.05	

**Yöntem**

Tablolarda verilerin hesaplanmasında aşağıdaki formülleden (Eşitlik 4-10) (Erkuş ve Demirci, 1985; Erkuş ve ark., 1995) yararlanılmış ve tabakalara göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

$$\text{Gayrisafi Üretim Değeri} = \text{Bitkisel Üretim Değeri} + \text{Hayvansal Üretim Değeri} \quad (4)$$

$$\text{Toplam İşletme Masrafları} = \text{Toplam Sabit Masraflar} + \text{Toplam Değişken Masraflar} \quad (5)$$

$$\text{Gayrisaf Hasıla} = \text{Gayrisafi Üretim Değeri} + \text{İşletme Dışı Tarımsal Gelir} + \text{Konut Kira Bedeli} \quad (6)$$

$$\text{Saf Hasıla} = \text{Gayrisaf Hasıla} - \text{Toplam Değişken Masraflar} \quad (7)$$

$$\text{Tarımsal Gelir} = \text{Gayrisaf Hasıla} - (\text{Borç Faizleri} + \text{Kiralara}) + \text{Aile İşgücü Ücret Karşılığı} \quad (8)$$

$$\text{Mali Rantabilite} = \frac{\text{SH} - (\text{Borç faizleri} + \text{kira ve ortakçılık payı})}{\text{Öz Sermaye}} \times 100 \quad (9)$$

$$\text{Ekonomik Rantabilite} = \frac{\text{Saf Hasıla}}{\text{Aktif Sermaye}} \times 100 \quad (10)$$

Üretici isteksizliğinin belirlenmesinde, kır nüfusundaki azalış, işletme sayısındaki düşüş, ekili tarla arazisinde ve toplam tarım alanında görülen azalış etkili olmuştur.

Üretici isteksizliğinde gelirin etkisini belirlemek amacıyla, ekonomik analiz sonuçları baz olarak alınmış ve üreticilerin konu ile ilgili görüşlerine başvurulmuştur.

**BULGULAR VE TARTIŞMA****Üretici İsteksizliğinin Gelir İle İlişkisinin Araştırılması**

Çalışmada, öncelikle işletme gelirinin yeterliliği ile ilgili üretici görüşlerine yer verilmiştir. Çizelge 2'den de görüleceği üzere, işletmelerin %20.44'ü tarımdan elde ettikleri geliri yeterli bulurken, %79.56'sı ise yeterli bulmamaktadır. Birinci grup işletmelerin %83.02'si, ikinci grup işletmelerin %78.57'si ve üçüncü grup işletmelerin ise %77.27'si tarımdan elde edilen geliri yeterli bulmamaktadır.

**Çizelge 2.** İncelenen işletmelere göre yıllık gelirin yeterlilik durumu

Gelirin yeterliliği	İşletme büyüklük grupları (da)							
	1-50		50.01-150		150.01-500		Toplam	
	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%
Yeterli buluyor	9	16.98	18	21.43	10	22.72	37	20.44
Yeterli bulmuyor	44	83.02	66	78.57	34	77.27	144	79.56
Toplam	53	100.0	84	100.0	44	100.0	181	100.0

İncelenen işletmelere tarımdan elde edilen gelirin yeterli olmamasının nedenleri de sorulmuş ve elde edilen dağılım Çizelge 3'te verilmiştir. İşletmelerin %65.97'sine göre girdi fiyatlarının yüksek ve ve ürün fiyatının düşük olması gelir oluşumunu etkilemekte ve gelir yetersizliğine neden olmaktadır.

İşletmelerde gelir oluşumunu etkileyen diğer etkenlerin ise tarım alet ve makine kiralalarının yüksek oluşu, toprağın verim kabiliyetinin zayıf olması ve doğal afet ve kuraklık olduğu kabul edilmektedir.

Çalışmada, tarımdan düşük gelir elde edilmesinde en önemli neden olarak görülen girdi fiyatlarının, işletme büyüklük gruplarına göre istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterip göstermediği Ki kare ile test edilmiştir. Böylece, %5 ihtimal düzeyinde anlamlı farklılık bulunmadığı belirlenmiştir ( $X^2_{\text{test}} = 0.1033$ ;  $p=0.05$ ).

**Çizelge 3.** İncelenen işletmelere göre tarımdan düşük gelir elde edilmesinin nedenleri

Nedenler	İşletme büyüklük grupları (da)							
	1-50		50.01-150		150.01-500		Toplam	
	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%
Girdi fiyatlarının yüksek oluşu	15	34.09	22	33.33	12	35.29	49	34.03
Tarım alet ve makine kiralalarının yüksek oluşu	8	18.18	10	15.15	4	11.77	22	15.28
Ürün fiyatının düşük olması	14	31.82	21	31.82	11	32.35	46	31.94
Toprağın verim kabiliyetinin zayıflığı	5	11.36	8	12.12	4	11.77	17	11.81
Diğer (doğal afet, kuraklık)	2	4.55	5	7.58	3	8.82	10	6.94
Toplam	44	100.0	66	100.0	34	100.0	144	100.0
G.toplam	53	83.01	84	78.57	44	77.27	181	79.56

Girdi ve ürün fiyatlarının karşılaştırılması amacıyla, işletmelerin buğday üretiminin maliyet analiz sonuçları 2002 yılının istatistik verileri ile karşılaştırılmıştır. Buğday tarımında önemli girdiler olan gübre ve yakıt fiyatlarındaki değişim, buğday satış fiyatındaki değişim ile karşılaştırılmış ve üreticinin girdi ve ürün fiyatı konusundaki görüşlerinin doğruluğu araştırılmıştır. Araştırma yöresinde buğday bitkisinin bitkisel üretimde önemli bir yer tuttuğu ve işletme arazisinin %51.86'ında buğday tarımına yer verildiği belirlenmiştir. Bu amaçla, 2002 yılının reel fiyatları araştırmanın yapıldığı 2017 yılının değerleri ile karşılaştırılarak, Çizelge 4'te verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, üreticinin 2002 yılında 1 kg buğday ile 1.75 kg gübre ya da 0.32 lt mazot satın aldığı belirlenirken (Anonim, 2017c; Anonim, 2017d), araştırmanın yapıldığı 2017 yılında yine 1 kg buğday ile 0.64 kg gübre ya da 0.17 lt mazot satın alabildiği belirlenmiştir (Çizelge 4). 15 yıllık dönemde buğday fiyatı 12 kat artarken, gübre fiyatında 33 kat ve mazot fiyatında 22 kat artış görülmüştür. Buğdaya göre gübre fiyatında 2.75 ve mazot fiyatında 1.83 kat daha fazla artış olmuştur. Bu bilgiler, araştırma yöresinde buğday tarımında yüksek işletme masraflarına katlanılmış olduğunu göstermektedir.

**Çizelge 4.** Buğday fiyatının gübre ve mazot fiyatları ile karşılaştırılması

Birim fiyat	Araştırma sonuçları (₺ kg <sup>-1</sup> )		İkincil veriler (₺ kg <sup>-1</sup> ) (reel)
	2017		2002
Buğday fiyatı	0.84		0.07
Gübre fiyatı	1.31		0.04
Mazot fiyatı	4.87		0.22

Aynı şekilde, işletmelerin ekonomik analizinde işletme başına gayrisafı üretim değeri (GSÜD) 46 346.99 ₺ olarak tespit edilmiştir (Çizelge 5). Toplam işletme masrafı ise 44 692.30 ₺ hesaplanmıştır. Gelir ve giderle ilgili bu veriler, işletmelerin yüksek işletme masrafına katlanmış olduklarını göstermektedir. İşletmeler 8 949.86 ₺ pozitif bir saf hasıla değeri elde etmiş olsalar da, toplam işletme masrafının yüksek oluşu nedeniyle, saf hasıla değeri düşük kalmıştır.

**Çizelge 5.** İncelenen işletmelerde yıllık faaliyet sonuçlarının toplam olarak dağılımı

İşletme büyüklük grupları (da)	GSÜD (₺)	T. işletme masrafları (₺)	Gayrisaf hasıla (₺)	Brüt kar (₺)	Saf hasıla (₺)	Tarımsal gelir (₺)
1-50	18 382.79	25 474.13	22 887.90	8 195.59	(-)2 586.23	6 077.32
50.01-150	40 458.66	43 075.64	47 673.24	17 127.62	4 597.60	12 043.28
150.01-500	91 272.52	70 927.81	102 082.26	44 018.35	31 154.45	36 976.44
İşletmeler ort.	46 346.99	44 692.30	53 642.16	21 049.13	8 949.86	16 357.45

İncelenen işletmelere göre toprağın verimi de gelir miktarını etkilemektedir. İşletmelerin analizi ile, işletme arazisinde en fazla buğday tarımına yer verildiği belirlenmiştir. Dekara buğday verimi 216.73 kg olarak bulunmuştur. Buğday verimi, Türkiye ortalamasında ise 276 kg da<sup>-1</sup> olup (Anonim,2017e), araştırma yöresinde buğday verimi Türkiye ortalamasının altındadır. Araştırma yöresinde düşük verimin de işletme geliri üzerinde etkili olduğu ifade edilebilir.

İncelenen işletmelere göre, gelir yetersizliği işletmeleri isteksizliğe itmektir. İşletmelerdeki isteksizlik tarımı çeşitli yönlerden etkilemektedir. Bunlar; üreticinin kırsalı terk etmesi, araziyi kendi işlemeyip kiraya/ortağa vermesi, tarımsal faaliyetlerde isteksizlik, araziyi satış yoluyla elden çıkarma ya da araziyi işlemeyip boş bırakma şeklinde ortaya çıkmaktadır (Çizelge 6).

**Çizelge 6.** İncelenen işletmelere göre sektörel isteksizliğin tarımdaki etkileri

Sonuçlar	İşletme büyüklük grupları (da)							
	1-50		50.01-150		150.01-500		Toplam	
	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%
Araziyi kiraya/ortağa verme	9	16.98	15	17.86	8	18.19	32	17.68
Tarımsal faaliyetlerde isteksizlik	18	33.96	28	33.33	15	34.09	24	33.70
Araziyi elden çıkarma/satma	4	7.55	7	8.33	3	6.82	14	7.73
Köyü/kırsalı terk etme	20	37.74	32	38.10	16	36.36	68	37.57
Diğer (Araziyi işlememe, boş bırakma)	2	3.77	2	2.38	2	4.54	6	3.32
Toplam	53	100.0	84	100.0	44	100.0	181	100.0

Tarımdaki isteksizliğin etkileri ile ilgili yukarıda belirtilen işletmelerin görüşleri, ikincil veriler tarafından da doğrulanmaktadır. Çizelge 7 incelendiğinde, araştırma yöresinde 2002-2017 dönemlerini kapsayan 15 yılda toplam işletme sayısının %32.25, ekili tarla arazisinin %20.59 ve toplam tarım alanının %27.61 oranlarında gerilemiş olduğu görülmektedir. 10 yılda araştırma bölgesinde kır nüfusunda ise %34.11 azalma olmuştur. 2007'de nüfusun %46.04'ünü kır nüfusu oluştururken, 2017'de bu oran %35.67'ye düşmüştür (Anonim, 2017e).

İncelenen işletmelerde işletme arazisi büyüklüğü, işletme büyüklük gruplarına göre Çizelge 6'da verilmiştir. Buna göre, işletme arazisi büyüklüğü birinci grup işletmelerde 44.35 dekar, ikinci grup işletmelerde 110.68 dekar ve üçüncü grup işletmelerde ise 273.47 dekar olarak bulunmuştur. Bu, işletmeler ortalamasında ise 130.83 dekar olmaktadır.

**Çizelge 7.** Araştırma yöresinde işletme mevcudu, kır nüfusu ve tarım alanındaki gelişmeler

Kırsal bilgiler	2002	2017	İndex (2002=100)
Tarım işletmesi (adet)	64 062	43 401	67.75
Kır nüfusu (kişi)*	226 596	149 316	65.89
Ekili tarla arazisi (ha)	559 616	444 369	79.41
Toplam tarım alanı (ha)	825 133	597 333	72.39
İncelenen işletmelerde işletme arazisi büyüklüğü (da)		I. grup: 44.35 da II. grup: 110.68 da III. grup: 273.47 deka İşletmeler ort.:130.83	

(\*)Türkiye’de ADNKS’ye 2007 yılında geçildiğinden, kır nüfusu için 2007 yılı baz olarak alınmıştır.

Araştırma yöresinde, 15 yılda bazı tarla bitkilerinin üretiminde de düşüş olduğu belirlenmiştir: Arpa üretimi %48.33, çavdar üretimi %86.87, nohut üretimi %4.67, kuru fasulye üretimi %89.40, yeşil mercimek üretimi %18.09, ayçiçeği üretimi %27.44 ve patates üretimi %20.98 oranlarında azalmıştır

Kırsal göçlerin işletmelerde gelir yetersizliği ile bağlantısı çeşitli araştırmalarda da ortaya konulmuştur. Yılmaz (2015), tarafından yapılan “Türkiye’de Kırsal Nüfusun Değişimi ve İllere Göre Dağılımı” adlı çalışmada, tarımda gelir düşüklüğünün, kırsal istihdamı sınırladığı ve kırdan kente göçü hızlandırdığı belirtilmiştir. Cengiz ve Baydur (2010) tarafından yürütülen “Kırdan Kente Göç ve Tarımsal Verimlilik: Türkiye Örneği” adlı çalışmada da, nedeni ne olursa olsun, göçün temelde ekonomik bir karar sonucu gerçekleştiği belirtilmiştir.

**Tarımsal Gelir Düzeyinin Ölçütleri**

Üreticiler ile yapılan görüşmede, işletmelerin %79.56’sının, ürün fiyatının, girdi fiyatlarına göre düşük olması, tarım alet-makine kiralalarının yüksek oluşu, toprağın verim kabiliyetinin zayıf olması ve tarımın doğa koşullarına bağlılığı gibi nedenlerle tarımsal geliri yeterli bulmadıklarını belirtmiştir. Gelir yetersizliği ise sektörel isteksizlikte en önemli faktör olmaktadır. Bu amaçla, tarım sal gelir “yeter gelir ölçütleri” dikkate alınarak, işletme büyüklük grupları itibariyle karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

**Tarımsal gelirin asgari ücret ile mukayesesi**

Bu yöntemde, işletme başına yıllık tarımsal gelir, 2017 yılındaki toplam asgari ücret geliriyle karşılaştırılmıştır. İncelenen işletmelerde 2017 yılında işletme başına tarımsal gelir, birinci grup işletmelerde 6 077.32 ₺, ikinci grup işletmelerde 12 043.28 ₺, üçüncü grup işletmelerde 36 976.44 ₺ bulunmuştur. İşletmeler ortalamasında ise 16 357.45 ₺’dir (Çizelge 8). 2017 yılına ait toplam asgari ücret geliri ise 21 330.00 ₺ olarak tespit edilmiştir.

Bu yöntemde göre, sadece üçüncü grup işletmelerin asgari ücret gelirinden daha yüksek gelir elde ettikleri belirlenmiştir. Birinci ve ikinci grup işletmelerde ise tarımsal gelir, asgari ücret gelirinden çok düşük çıkmıştır. İncelenen işletmelerin ancak %24.31’inin yeter gelir elde ettiği ve %75.69’unun ise yeter gelire sahip olmadığı görülmüştür. İşletmelerin büyük bir bölümü, sektörel isteksizliğin de nedeni olan düşük gelir elde etmektedir. Aksoyak (2004) tarafından Konya-Sarayönü ilçesinde yürütülen bir çalışmada, ikinci ve üçüncü gruptaki işletmelerin (101-250 dekar ve 251-+ dekar) yeter gelire sahip oldukları ve birinci grup işletmelerin ise (1-100 dekar) yeter gelire sahip olmadıkları belirlenmiştir.

**Çizelge 8.** İncelenen işletmelerde tarımsal gelirin durumu

İşletme büyüklük grupları (da)	Tarımsal gelir (₺)	2017 yılı toplam asgari ücret geliri (₺)	Tarımsal gelirin yeterliliği
1-50	6 077.32		(-)
50.01-150	12 043.28	21 330.00	(-)
150.01-500	36 976.44		(+)
İşletmeler ort.	16 357.45		(-)



### Masraf/gayrisaf hasıla oranı

İşletmelerde yeter gelirin analizine yönelik bir diğer ölçüt masraf/gayrisaf hasıla oranıdır. İncelenen işletmelerde dekaraya gayrisaf hasıla değeri işletme masrafı ile karşılaştırılmış ve Çizelge 9’da verilmiştir. Tablodan da görüleceği üzere, toplam masrafın gayrisaf hasılaya oranı birinci grup işletmelerde 1.11, ikinci grup işletmelerde 0.90 ve üçüncü grup işletmelerde 0.69 olarak bulunmuştur. İşletmeler ortalamasında ise bu oran 0.83’tür. Başka bir deyişle, birinci grup işletmelerde 100 ₺ gayrisaf hasıla elde etmek için 111 ₺ harcanırken; ikinci grup işletmelerde 90 ₺, üçüncü grup işletmelerde 69 ₺ ve işletmeler ortalamasında 83 ₺ harcanmaktadır. Kahramanmaraş koşullarında yapılan bir çalışmada, 100 ₺ gayrisaf hasıla elde etmek için işletme başına 74 ₺ işletme masrafına katlanıldığı belirtilmiş (Paksoy, 2007) ve bunun üçüncü grup işletmelere yakın bir değerde olduğu görülmüştür.

Bu yönetime göre, yine üçüncü grup işletmelerin net işletme geliri bakımından birinci ve ikinci grup işletmelere göre daha avantajlı olduğu görülmektedir. Birinci ve ikinci grup işletmelerde belli bir gayrisaf hasılaya ulaşmak için daha yüksek işletme masraflara katlanılmıştır. Bu bağlamda, incelenen işletmelerin %75.69’unun geliri yetersizdir. Gelir yetersizliği üretici isteksizliğinin de en önemli nedeni olmaktadır.

### Çizelge 9. İncelenen işletmelerde toplam masraf/gayrisaf hasıla oranı

Masraf-gayrisaf hasıla oranı	İşletme büyüklük grupları (da)			
	1-50	50.01-150	150.01-500	İşletmeler ort.
Sabit masraf/gayrisaf hasıla	0.67	0.41	0.23	0.36
Değişken masraf/gayrisaf hasıla	0.44	0.49	0.46	0.47
Toplam masraf/gayrisaf hasıla	1.11	0.90	0.69	0.83

### Rantabilitenin reel faiz haddi ile mukayesesi

Rantabilite, bir işletmenin belirli bir dönemde elde ettiği kârın, o işletme emrinde çalışan sermayeye oranıdır. Rantabilite, tarımsal işletmelerin faaliyetleri sonucundaki başarılarını gösteren ve işletmelerin karşılaştırılmasında kullanılan en iyi ölçüttür (Erkuş ve Demirci, 1985; İnan, 2016). İşletmelerde rantabilite hesaplanırken, öz sermaye dikkate alındığında mali rantabilite, aktif sermaye dikkate alındığında da ekonomik rantabiliteden söz edilebilir (Erkuş ve ark., 1995).

Mali ve ekonomik rantabilite oranları, yıllık faiz oranı ile karşılaştırılarak, işletmelerin ekonomik anlamda karlı çalışıp çalışmadıkları hakkında önemli fikirler verirler. Çalışmada mali ve ekonomik rantabilite oranları hesaplanarak Çizelge 10’da verilmiştir. Buna göre, birinci grup işletmelerin negatif rantabiliteye sahip oldukları ve pozitif en büyük rantabilitenin ise üçüncü grup işletmelerde olduğu görülmektedir. İşletmeler ortalamasında ise rantabilite oranları 1.24 ve 1.60 olarak bulunmuştur.

Bu bilgiler ışığında, gerek üçüncü grup işletmelerde ve gerekse işletmeler ortalamasında rantabilite oranları, yıllık faiz oranının (%11.69) (Anonim, 2017e). oldukça altında çıkmıştır. Araştırma yöresinde işletmeler ekonomik anlamda karlı sayılmamıştır. Rantabilitenin düşük çıkmasında, hem sabit sermaye oranının yüksek olması (%82.70) ve hem de net gelirin düşük olmasının etkili olduğu düşünülmektedir.

Aydın (2014) tarafından yürütülen çalışmada, Trakya Bölgesi tarım işletmelerinde mali ve ekonomik rantabilite oranları %2.58 ve %2.57 olarak bulunmuş ve böylece üçüncü tabakadaki işletmelerin (201-+ dekar) ekonomik anlamda karlı sayıldığı, birinci ve ikinci tabakadaki işletmelerin ise (1-50 dekar ve 51-200 dekar) ekonomik anlamda karlı sayılmadığı tespit edilmiştir. Davidova ve ark. (2005) tarafından yürütülen bir çalışmada da, işletme rantabilitesinin Navarra tarım işletmeleri için %3.9 ve Macaristan tarım işletmeleri için %8.4 olarak tespit edildiği belirtilmiştir.

**Çizelge 10.** İncelenen işletmelerde rantabilite oranları

İşletme büyüklük grupları (da)	Mali rantabilite (%)	Ekonomik rantabilite (%)
1-50	(-) 0.69	(-) 1.08
50.01-150	0.56	0.91
150.01-500	2.80	2.96
İşletmeler ort.	1.24	1.60

**İşletme arazisi büyüklüğününü yeter gelirli tarımsal arazi büyüklüğü ile mukayesesi**

Yeter gelirin tespitinde kullanılan bir diğer ölçüt ise, işletme arazisi büyüklüğünün araştırma yöresi için belirlenen yeter gelirli tarımsal arazi büyüklüğü ile karşılaştırılmasıdır. İncelenen işletmelerde işletme arazisi büyüklüğü, işletmeler ortalamasında 130.83 dekar'dır. Bu, Türkiye ortalamasında ise 61 dekar'dır (Anonim, 2017f). 30/04/2014 tarihli ve 6537 sayılı "Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanununda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun"un 5. Maddesinde, yeter gelirli tarımsal arazi büyüklüğünün araştırma yöresi için 150 dekar olduğu belirtilmiştir (Anonim, 2014).

Bu kritere göre, sadece üçüncü grup işletmeler yeter gelirli işletme arazisine sahip olmakta; birinci ve ikinci grup işletmelerin ise yeter gelirli işletme arazisi büyüklüğüne sahip olmadığı görülmektedir.

**SONUÇ**

Bu araştırma ile ulaşılan sonuçlar ve öneriler aşağıda belirtilmiştir:

Araştırma yöresinde incelenen 181 tarım işletmeden elde edilen bilgiler ışığında, işletmelerde gelir düşüklüğünün nedenleri; yüksek girdi fiyatları, ürün fiyatının yetersizliği, tarım alet ve makine kiralalarının yüksek oluşu, toprağın verim kabiliyetinin zayıf olması ve doğal afet ve kuraklık olduğu belirlenmiştir.

İncelenen işletmelerin %37.57'sine göre sektörel isteksizlik nedeniyle üreticinin kırsalı terk ettiği, %33.70'ine göre tarımı önemsiz bir uğraşı olarak gördüğü, %17.68'ine göre arazisini kiraya ya da ortağa verdiği, %7.73'üne göre arazisini satarak elden çıkardığı ve %3.32'sine göre de arazisini hiç işlemediği belirtilmiştir.

Resmi verilere göre, 10 yılda kırsal nüfusun %34.11 oranında azalması ve 15 yılda toplam işletme sayısının %32.25 oranında gerilemesi, üreticinin kırsal alanı terk etmesini doğrulamaktadır.

Araştırma yöresinde 2005 yılı itibariyle toplam tarım alanı 766 963 hektar iken, 2017 yılında 597 333 hektara gerilemiştir. 2005 yılında toprağın korunması amacıyla yönelik olarak "Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu" çıkartılmış olsa da, sektörel isteksizliğin bir sonucu olsa gerek, yörede tarım alanlarında azalışın devam ettiği görülmektedir.

İncelenen işletmelerde asgari gelir düzeyinin belirlenmesi amacıyla, işletme geliri çeşitli ölçütlere göre değerlendirilmiş ve böylece üçüncü grup işletmeler (150.01-500 dekar) dışında diğer gruptaki işletmelerin (1-50 dekar ve 50.01-150 dekar) gelirinin yeter düzeyde olmadığı tespit edilmiştir.

Çalışmada, işletmelerden elde edilen bilgiler ışığında ve araştırıcının gözlemleri sonucunda, üretici isteksizliğine yönelik olarak uygulanması gereken politikalar da ortaya konulmuştur. Bunlar;

- Üreticilerin aşırı girdi fiyat artışlarından korunması. Bu konuda "tavan fiyat uygulaması"nın yürürlüğe konulması ve girdilere uygulanan "Özel Tüketim Vergisi" kaldırılması önem taşımaktadır.
- Destekleme fiyatlarının maliyet koşulları dikkate alınarak belirlenmesi.
- Destek ve teşviklerin zirai ilaç, veteriner ilaçları ve veterinerlik hizmetleri ile hayvancılığı da kapsayacak şekilde genişletilmesi.

• Üreticilerin pazar sorunlarının çözümlenmesi ve devletin bizzat tarım ürünlerinin alıcısı olarak pazara girmesi.

- Tarım Müdürlüklerinde görevli teknik personelin, üreticilerin tarım uygulamalarını bizzat yerinde ziyaret ederek, uygulamalara katılması ve tarım tekniği hususunda üreticileri bilgilendirmesi.
- Tarımdan ayrılan nüfusun yeniden tarıma dönmesinin sağlanması ve tarımın cazip bir sektör haline getirilmesi.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Yozgat Bozok Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından “6602a-SBMYO/18-167” kodlu proje ile desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Açıl AF, Demirci R, 1984. Tarım Ekonomisi Dersleri. A.Ü Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 880, Ankara, 23-26.
- Akgül S, Yıldız Ş, 2016, Yozgat'ta Buğday Üretimi ve Fiyat İlişkisinin Koyck Modeliyle Analizi. I. Uluslararası Bozok Sempozyumu, 5-7 Mayıs 2016, Cilt 4: 178-188, Yozgat.
- Aksoyak Ş, 2004. Konya İli Sarayönü İlçesi Tarım İşletmelerinin Ekonomik Analizi ve Planlanması. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı Doktora Tezi, Ankara, 1152 s.
- Anonim, 2014. Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanununda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/05/20140515-1.htm> (Erişim tarihi: 21.05.2019).
- Anonim, 2017a. Tarımın Tarihsel Gelişim Süreci-Ankara Ticaret Borsası. <https://www.ankaratb.org.tr/ana-sayfa.php> (Erişim tarihi: 11.07.2019).
- Anonim, 2017b, f. <http://www.tuik.gov.tr/Start.do> (Erişim tarihi: 23.05.2019).
- Anonim, 2017c. Gübre Sektörü ve Fiyat Araştırma Raporu. <http://www.borsaajans.com/2017-gubre-fiyatları-21116.html> (Erişim tarihi: 12.08.2019).
- Anonim, 2017d. Hububat Alım Fiyatları. <http://www.tmo.gov.tr/Main.aspx?ID=187> (Erişim tarihi: 22.09.2019).
- Anonim, 2017e. Deposit Interest Rate. <https://www.opal.com.tr/mevduat-faizi>
- Anonim, 2017f. <https://cevreselegostergeler.csb.gov.tr/istihdamin-sektorel-dagilimi-i-85697> (Erişim tarihi: 19.07.2020).
- Anonim, 2019. <http://iskanunu.com/pratik-bilgiler/asgari-ucuret-nedir/>
- Aydın B, 2014. Trakya Bölgesinde Faaliyet Gösteren Tarım İşletmelerinin Yapısal Özellikleri ve Etkinliklerinin Belirlenmesi. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı Doktora Tezi, Tekirdağ, 138 s.
- Cengiz S, Baydur CM, 2010. Kırdan Kente Göç ve Tarımsal Verimlilik: Türkiye Örneği. Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 19(2):85-98, Adana.
- Davidova S, Gorton M, Ratering T, Iraizoz B, Zawalinska B, 2005. Farm Productivity and Profitability: A Comparative Analysis of Selected New and Existing EU Member States I. Comparative Economic Studies 47(4): 652-674.
- Doğan Z, Arslan S, Berkman AN, 2015. Türkiye’de Tarım Sektörünün İktisadi Gelişimi ve Sorunları: Tarihsel Bir Bakış. Niğde Üniversitesi İİBF Dergisi, 8(1):29-41, Niğde.
- Erbaş N, 2015. Yozgat İlinin Tarımsal Kaynak Potansiyeli, Kullanımı ve Kırsal Kalkınma Çalışmaları.III. Uluslararası Bozok Sempozyumu, 05-07 Mayıs 2016, 1031-1041, Yozgat.
- Erbaş N, 2016. Tarım Sektörünün Yozgat Ekonomisindeki Yeri ve Önemi. I. Uluslararası Bozok Sempozyumu, 05-07 Mayıs 2016, Cilt4: 205-215, Yozgat.
- Erbay R, 2013. Ekonomik Kalkınmada Tarımın Rolü: Türkiye Üzerine Bir Değerlendirme. <http://acikerisim.nku.edu.tr:8080/xmlui/handle/20.500.11776/1661> (Erişim tarihi: 23.07.2019).
- Erkuş A, Demirci R, 1985. Tarımsal işletmecilik ve Planlama. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 944. Ankara, 131 s.
- Erkuş A, Bülbül M, Kıral T, Açıl AF, Demirci R, 1995. Tarım Ekonomisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No: 5, Ankara.

- İnan İH, 2016. Tarım Ekonomisi ve İşletmeciliği. Ideal Kültür ve Yayıncılık, Güncellenmiş 8. Baskı, İstanbul, 415s.
- Karadaş K, 2016. Ağrı İli Tarım İşletmelerinde Buğday Üretim Maliyetinin Hesaplanması. Alınları Zirai Bilimler Dergisi, 31 (B)-2016, 33-31, Kastamonu.
- Koç H, Bulut İ, 2016. Türkiye Şekerpancarı Üretiminde Yozgat İlinin Yeri ve Önemi. Türk Coğrafya Dergisi 67 (2016) 33-40.
- Paksoy M, 2007. Kahramanmaraş İlinde Süt Üretimine Yönelik Keçi Yetiştiriciliğine Yer Veren Tarım İşletmelerinin Ekonomik Analizi. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı Doktora Tezi, Ankara, 146 s.
- Yamane T, 1967. Elementary Sampling Theory Prentice. Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J., USA.
- Yılmaz H, Demircan V, Dernek Z, 2006. Isparta İlinin Tarımsal Yapısı, Üretimi ve Gelişme Potansiyeli. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 1(2):1-16, Isparta.
- Yılmaz M, 2015. Türkiye’de Kırsal Nüfusun Değişimi ve İllere Göre Dağılımı (1980-2012). Doğu Coğrafya Dergisi, 20(33):161-187, Erzurum.

## Kışlık Yulaf (*Avena sativa* L.) Islah Materyalinde Biyolojik Verim ve Bazı Fizyolojik Özelliklerinin Belirlenmesi

Ali Cevat SÖNMEZ<sup>1\*</sup>

**ÖZET:** Türkiye'de gıda ve hayvancılık sektörlerinden yulaf tanesi, samanı ve yeşil ot'una olan talep giderek artmaktadır. Bu talebi karşılamak için, Orta Anadolu ve Geçit bölgelerinin değişen koşullarına uyum sağlayabilen yüksek biyomas verimi ve istenen kalite özelliklerine sahip yeni yulaf çeşitlerine gereksinim duyulmaktadır. Bu çalışma ile bölgenin bu ihtiyacını giderecek yeni kışlık yulaf çeşitlerinin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Araştırma Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nün Eskişehir Merkez yerleşkesinde 2018-2019 ürün yılında ve yağışa bağımlı (kuru) koşullarda yürütülmüştür. Verim denemesinde bulunan 18 hat ile kontrol olarak 6 standart çeşit (Checota, Kahraman, Yeniçeri, Kırklar, Sebat ve Seydişehir) kullanılmıştır. Deneme tesadüf bloklarında 4 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Çalışmada genotiplerin bitki boyu (BB), yatma değeri (YD), salkım çıkarma süresi (SÇS), tane dolum süresi (TDS), fizyolojik olgunlaşma süresi (FOS), toprak yüzeyini erken kapatma (TYEK) ve biyomas verim (BV) parametreleri incelenmiş ve genotipler arası farklılıklar önemli bulunmuştur. Test edilen genotipler içerisinde 1 ve 9 no 'lu hatlar yüksek BV ve TYEK ile birlikte uzun BB, SÇS, TDS ve FOS özellikleri ile öne çıkarken 3, 7, 8 ve 19 no 'lu hatlar ise yüksek BV, orta seviyede BB ile birlikte orta seviyede SÇS, TDS ve FOS 'da öne çıkan hatlar olmuşlardır. Korelasyon analizi sonuçlarına göre BV ile BB, FOS ve TYEK parametreleri arasında pozitif korelasyon önemli bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Kışlık yulaf, ıslah, biyolojik verim, erkencilik, yatma

### Determining of Biomass Yield and Some Physiological Traits of Winter Oat (*Avena sativa* L.) Breeding Material

**ABSTRACT:** The demand for oat grain, straw and green forage from the food and livestock sectors in Turkey are increasing. In order to meet this demand, new varieties of oats with high yield and desired quality characteristics that can adapt to the changing conditions of the Central Anatolia and Transition region are needed. The research was carried out in the Eskişehir Central campus of the Geçit Kuşağı Agricultural Research Institute in rainfed (dry) conditions in 2018-2019 crop year. There were used 18 advanced lines and 6 cultivars (Checota, Kahraman, Yeniçeri, Kırklar, Sebat and Seydişehir) as material. The trial was set up with 4 repeats in randomized complete blocks design. The plant height (PH), lodging score (LS), days to heading (DTH), grain filling period (GFP), physiological maturation period (PMP), early canopy closure (ECC) and biomass yield (BY) parameters are examined and the differences among the genotypes are found significant. As a result, lines 1 and 9 stand out with high BY and ECC index, long PH, DTH, GFP and PMP characteristics, while lines 3, 7, 8 and 19 have high BY, medium PH with moderate DTH, GFP and PMP they have become prominent lines. In the correlation analysis a positive correlation was found significant among BY with PH, FOS and ECC index.

**Keywords:** Winter oat, breeding, biomass yield, earliness, lodging

<sup>1</sup> Ali Cevat SÖNMEZ (Orcid ID: 0000-0002-9818-2660) Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Serin İklim Tahılları Birimi, Tepebaşı / ESKİŞEHİR

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ali Cevat SÖNMEZ, e-mail: alicevat.sonmez@tarimorman.gov.tr



## GİRİŞ

Buğday ve arpaya göre kültürü daha geç başladığı kabul edilen Yulaf (*Avena sativa* L.) tarih boyunca hayvan yemi ve insan gıdası olarak kullanılan önemli bir tahıldır (Buerstmayr ve ark., 2007). Yulaf bitkisinin tanesi yanında sap ve yapraklarının kaba yem olarak kullanımı hayvan beslenmesinde önemlidir. Yulaf, geççi ve bol yapraklı olması, her dönemde yeni sürgünleri olması, erken dönemde otlatma ve koparmadan sonra yeniden büyümesi ve salkım oluşturması gibi gerekçelerle kaba yem olarak en çok tercih edilen tahıldır (Çeri ve Acar, 2019). Dünya genelinde 2018 yılında 9.73 milyon ha alanda 23.6 milyon ton tane yulaf üretimi yapılmıştır (Anonim, 2019b). Türkiye de ise aynı yıl 105.8 bin ha alanda 260 bin ton tane yulaf üretimi gerçekleştirilmiştir (Anonim 2019c). Ülkemizde üretilen yulaf yeşil ot miktarı 2012 yılında 934 bin ton iken son 7 yılda üç kattan fazla artarak 2018 yılında 2 milyon 843 bin tona yükselmiştir (Anonim, 2019a). Ülkemizde mera verimliliğinin çok düşük olması ve diğer yem üretim kaynaklarının yetersiz olması sebebiyle yüksek miktarda hayvan yemi açığı bulunmaktadır (Mut, 2018). Shah ve ark. (2002) buğday, arpa ve yulaf çeşitleri ile yaptıkları çalışmada en yüksek biyolojik verimi (BV) yulaf çeşitlerinden aldıklarını bildirmişlerdir. Ülkemizde kabayem açığının giderilebilmesi için birim alandan yüksek BV elde edilebilen yulaf genotiplerinin yetiştirilmesi en uygun seçeneklerden biridir. Kahraman ve ark. (2017a)'a göre sağlıklı yaşam için çok önemli bir tahıl olan yulafın ülkemizde daha çok ve çeşitli alanlarda tüketilmesi, bölgelere uygun, yüksek verimli, yatma ve hastalıklara dayanıklı yeni yulaf çeşitlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Yulaf bitkisinin üretimi kuraklığa ve soğuğa duyarlı olmasının yanında tane dökme, yatma ve eş zamanlı olgunlaşmama gibi sorunları nedeniyle Orta Anadolu ve Geçit bölgelerinde sınırlı kalmıştır (Dumlupınar, 2010). Yulaf bitkisi köklerinin yüzeysel, gövdesinin zayıf oluşu sebebiyle yatmaya hassastır ve bu durumun tane verimini etkilemekle birlikte hasatı da güçleştirdiği için son yıllarda kısa boylu ve yatmaya dayanıklı çeşitlerin ıslahı üzerinde çalışılmaktadır (Sarı, 2012). Mahadevan ve ark., (2016)'a göre yulaf tarımında kar etmek için yüksek verim ve kaliteli ürün elde etmek gereklidir, bunun için de yulaf fizyolojisi iyi bilinmelidir. Bu çalışma da BV 'si yüksek yeni yulaf çeşitlerinin geliştirilmesi amacıyla fizyolojik özellikleri ile bölge koşullarına uyum sağlayabilecek genotiplerin bir üst kademeye aktarılarak ıslah programında değerlendirilmeleri hedeflenmiştir.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırmada Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (GKTAEM)'ne ait verim denemesi kademesinde bulunan yurt dışı orijinli 18 hat ile 6 adet tescilli yulaf çeşidi kullanılmıştır. Denemede kullanılan standart çeşitlerin isimleri ve hatların pedigri bilgileri Çizelge 1 'de verilmiştir. Araştırma, 2018-2019 yılında GKTAEM 'in Eskişehir Merkez de yer alan Sultanönü yerleşkesinde kuru (yağışa dayalı) şartlarda yürütülmüştür. Tesadüf bloklarında 4 tekerrürlü olarak kurulan deneme, 6 m<sup>2</sup>'lik parsellere Ekim ayının ikinci haftasında 500 tohum m<sup>-2</sup> olacak şekilde ekilmiştir. Deneme yerinde elde edilen aylara göre yağış değerleri Çizelge 2 'de verilmiştir (Anonim, 2019d). Buna göre yıllık toplam yağış miktarı uzun yıllar ortalaması (UYO) dolayında olsa da vejetasyon döneminde (Mart, Nisan ve Mayıs ayları) UYO'nun %38 altında gerçekleşmiştir. Deneme alanı toprak analiz sonuçlarına göre gübre olarak ekimden önce 3 kg da<sup>-1</sup> N ve 7 kg da<sup>-1</sup> P2O5, ilkbaharda sapa kalkma döneminde ise 4 kg da<sup>-1</sup> N verilmiştir. Geniş yapraklı yabancı otlarla mücadele için 2-4 D EHE + Florasulam etkili maddeli herbisit kullanılmıştır. Hasat, Temmuz ayı ortalarında parsel biçerdöveri ile yapılmıştır. Deneme de incelenen özelliklerden bitki boyu (BB) ve tane dolum süresi (TDS) Dumlupınar (2010) 'a göre; salkım çıkarma süresi (SÇS) ve fizyolojik olgunlaşma süresi (FOS) Geçit ve Adak (1990) 'a göre; yatma değeri (YD) ve biyolojik verim (BV) Pask ve ark. (2012)'na göre; toprak yüzeyini erken kapatma (TYEK) Mart ayında kardeşlenme döneminden başlayarak Nisan ayında sapa kalkma dönemi sonuna

kadar 7 ‘şer gün arayla alınan 5 adet NDVI gözleminin grafik eğrisinde zamanla yaptığı açının alanı hesaplanarak elde edilmiştir (Önder, 2019). İstatistik analizler JMP paket programı kullanılarak yapılmıştır. Genotipler arası farklılıkların önem durumu varyans analizi ile belirlenmiştir. Ortalamaların karşılaştırılmasında ise 0.05 düzeyindeki asgari önemli fark (AÖF) testi kullanılmıştır. Korelasyon (r) hesaplamalarında düzeltilmiş ortalamalar kullanılmış olup Pearson (1920)’a göre yapılmıştır.

**Çizelge 1.** Denemede kullanılan standart çeşitler ve hatların pedigrileri

*Gen. No	Melez – Pedigri	Gen. No	Melez – Pedigri
1	Sd60130(spurs/w00276)/ufrgs 087212-1	13	IL 02-8011/FL04103-AB5
2	FL04179-L2/FL04145-L2	14	Bw 521/FL04148-Ab15(FL98005-E1/LA96006BIB-119-1-B-I2)
3	FL0554-Ab38(ufrgs 01b7114-1-3 /FL0127-h1)/FL0905F1 (upf98H1600-2-1/ FL03129-Ab3)	15	Bw 521/FL04148-Ab15(FL98005-E1/LA96006BIB-119-1-B-I2)
4	Checota	16	Kırklar
5	FL03007-L3/FL03171-L2	17	Ave 117.02/Bw 521
6	Upf98h2000-4/FL03254-L1	18	Ave 117.02/Bw 521
7	Bw 5-33/FI0946F1 (La03063sbsbsb-S4/ufgrs 049001-2)	19	LA02035-I-J2/SD60130(spurs/W00276)
8	Kahraman	20	Sebat
9	FL03262-L1(Bw501/LA9818IBIB-I2-B)/UPF97H2200-7-2	21	FL04103-L7UPF97H300-2-12(UPF90H400/ufgrs16)
10	Ave 20.04/LA0206FSB-34-S1-B-S1(ufgrs 995088-3/LA9535D118-4)	22	FL03129-Ab7/FL0912F1(FL04103-Ab4 /ufgrs 087129-1)
11	IL 02-8011/FL04103-AB5	23	FL03129-Ab7/FL0912F1(FL04103-Ab4 /ufgrs 087129-1)
12	Yeniçeri	24	Seydisehir

\*Gen. No: Genotip numarası

**Çizelge 2.** Eskişehir ili aylık ortalama yağış ve sıcaklık verileri

Aylar	Yağış (mm)		Sıcaklık (°C)	
	2018-2019	UYO (LY)	2018-2019	UYO (LY)
Eylül	1.0	14.5	18.5	18.2
Ekim	10.3	27.2	13.2	12.1
Kasım	20.3	29.3	7.8	6.6
Aralık	45.9	45.1	2.3	2.6
Ocak	60.2	38.4	4.3	1.1
Şubat	50.1	32.3	3.4	3.1
Mart	13.4	33.6	6.3	6.2
Nisan	26.7	35.1	9.5	10.6
Mayıs	42.2	44.9	16.5	15.6
Haziran	45.7	30.5	20.9	19.8
Temmuz	33.5	13.8	21.3	22.7
Ağustos	2.4	7.8	22.3	22.5
Toplam	351.7	352.5	146.3	141.1

## BULGULAR ve TARTIŞMA

### Bitki Boyu (BB)

Redaelli ve ark. (2008) modern yulaf çeşitlerinin bitki boylarının daha kısa olmasına rağmen verimlerinin daha yüksek olduğu ve yatmaya dayanıklı olduklarını bildirmişlerdir. Bu çalışmada BB için yapılan varyans analizinde genotipler arası farklılıklar  $p < 0.01$  seviyesinde anlamlı bulunmuştur (Çizelge 3). Deneme ortalaması 101.6 cm olarak bulunurken, en yüksek BB sırasıyla 128.5, 128.0, 122.8 ve 112.3

cm ile Checota, hat9, Seydişehir ve hat11 den elde edilmiş olup, en düşük BB ise 80.4 cm ile hat18 den alınmıştır (Çizelge 4). Sönmez (2019) tarafından aynı lokasyonda yürütülen çalışmada bu araştırma sonuçlarına benzer şekilde BB için deneme ortalamasının 104.4 cm olarak bulunduğu bildirilmiştir. Bitki boyunun belirlenmesinde, erken ilkbaharda alınan yağış miktarı önemlidir (Hışır, 2009). Denemenin aldığı yıllık toplam yağış UYO dolayında olsa da, vejetasyon döneminde UYO'nun % 38 altında yağış alındığı için BB normalden kısa olmuştur (Çizelge 2). Iannucci ve ark. (2011) yatmaya dayanıklılıkta BB'nin çok önemli olduğunu bildirmişlerdir. Yulaf sapının ince olması sebebiyle uzun boylu çeşitlerde yatma sorunuyla karşılaşıldığı Kahraman ve ark. (2017b) tarafından bildirilmiştir. Maral (2009) ve Sönmez (2019) ilkbahar dönemi kuraklığının etkisi altında yaptıkları çalışmalarında benzer sonuçlara ulaşmışlardır. Sarı ve İmamoğlu (2011) ise İzmir'de yaptıkları çalışmada genotipler arası farklılıkların önemli olduğunu bildirmişler ve BB'nin 82.5 ile 150 cm arasında olduğunu belirtmişlerdir. Kahraman ve ark. (2017b) tarafından Trakya da yapılan bir çalışmada bu çalışmaya benzer şekilde genotipler arası farklılıklar önemli bulunmuştur. Araştırmada BB değerleri 110.8 ile 177.5 cm arasında bulunmuş olup, denemelerin farklı lokasyonda olması, yulaf genotiplerinin farklı olması, yağış rejimi, ekim sıklığı, toprak verimliliği gibi faktörlerden dolayı bitki boyu değerlerinin daha yüksek olduğu söylenebilir.

**Çizelge 3.** Genotiplerin varyans analiz tablosu

Özellikler		Tekerrür	Genotip	Hata	Genel
Bitki Boyu	SD	3	23	69	95
	KO	93.96	711.61**	41.38	205.30
Yatma Değeri	SD	3	23	69	95
	KO	13.25	1101.02**	8.48	273.14
Salkım Çıkarma Süresi	SD	3	23	69	95
	KO	2.48	38.89**	1.34	10.47
Tane Dolum Süresi	SD	3	23	69	95
	KO	0.51	3.28**	0.93	1.48
Olgunlaşma Süresi	SD	3	23	69	95
	KO	2.62	40.17**	1.66	11.01
Toprak Yüzeyini Erken Kapatma	SD	3	23	69	95
	KO	0.0015	0.0023*	0.0013	0.0016
Biyolojik Verim	SD	2	23	46	71
	KO	0.06	0.06*	0.03	0.04

\*\* : istatistiksel olarak % 1'de önemli; \* : istatistiksel olarak % 5'te önemli; SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

### Yatma Değeri (YD)

Yatma, ürün verimi ve kalitesini olumsuz etkileyen hasadı güçleştiren istenmeyen özelliklerden biri olup son yıllarda ıslah programlarında önemle üzerinde durulmaktadır. Yapılan varyans analizinde YD için genotipler arası farklılıklar  $p < 0.01$  seviyesinde anlamlı bulunmuştur (Çizelge 3). Bu çalışmada BB en uzun çeşitler olan Checota ve Seydişehir'in sırasıyla % 67.8 ve % 46.8 değerler ile yatmaya en hassas genotipler olduğu tespit edilmiştir. Yine denemede hat22 ve hat23 sırasıyla % 21.8 ve % 19.0 YD ile en hassas genotipler olarak belirlenmiş olup diğer hatların YD 'leri ortalamasının altında bulunmuştur (Çizelge 4). GKTAEM ıslah programında YD 'nin seleksiyonda dikkate alınmasının yanında 2018-2019 ürün yılında vejetasyon periyodunda uzun yıllar ortalamasının % 38 altında yağış alınması da, BB 'nin normalden düşük olmasının sebepleri arasındadır (Çizelge 2). Kahraman ve ark. (2012) Edirne de yaptıkları çalışmada YD 'yi 2 ile 9 arasında (1-9 skalasına göre) bulduklarını bildirmişlerdir. Yine Sarı ve İmamoğlu (2011) Menemende yaptıkları çalışmada YD 'nin 1 ile 7 arasında (0-9 skalasına göre) olduğunu belirtmişlerdir. Buestmayr ve ark. (2007)'na göre de yatma, genotip etkisinde oluşan ve bitki

boyu ile arasında pozitif ve önemli düzeyde korelasyon olan bir özelliktir. Dumlupınar (2010) yatma özelliklerinin genotip kaynaklı olduğu, çevre şartları ve kültürel uygulamalarla da yatma şiddeti ve sıklığının değişebildiğini bildirmiştir.

### **Salkım Çıkarma Süresi (SÇS)**

Yulafta SÇS erkencilik açısından önemlidir. Özellikle yeşil ot için yapılan yulaf tarımında hızlı büyüme ve erken gelişme önemlidir. SÇS genotipik bir özellik olmasıyla birlikte çevreden de etkilenmektedir. Bu çalışmada SÇS için genotipler arası farklılıklar  $p<0.01$  seviyesinde anlamlı bulunmuştur (Çizelge 3). Denemede en erken salkım çıkartan 131.3 gün ile hat17 olurken, en geç salkım çıkartanın 145 gün ile Checota çeşidi olduğu görülmüştür (Çizelge 4). Çalışmada ele alınan genotiplerin çoğunluğu 138.6 gün olan deneme ortalamasından 3 gün önce veya 3 gün sonra çiçeklenmiştir. Bu durumda genotiplerin çoğunun orta erkenci olduğu söylenebilir. Dumlupınar ve ark. (2016) tarafından Kahramanmaraş 'ta yapılan çalışmada SÇS için genotipler arası farklılıklar bu çalışma ile uyumlu olarak önemli bulunmuş ve 173 ile 185 gün arasında değerler elde edilmiştir. Naneli ve Sakin (2017) yaptıkları çalışmada SÇS için genotipler arası farklılıkları bu çalışma ile uyumlu olarak istatistiksel olarak önemli bulduklarını bildirmişler ve SÇS 'yi Samsun Havzada 161.0 ile 184.8 gün arası, Tokat Kazova da 149.5 ile 173.3 gün arasında tespit ettiklerini rapor etmişlerdir. Ayrıca Dumlupınar ve ark. (2016) kısa SÇS 'ye sahip genotiplerin tane doldurma döneminde kuraklıktan etkilenme riskinin düşük olacağını bildirmişlerdir.

### **Tane dolun süresi (TDS)**

Bu çalışmada TDS için genotipler arası farklılıklar  $p<0.01$  seviyesinde anlamlı bulunmuştur (Çizelge 3). Deneme ortalamasının 32.3 gün olduğu araştırmada en uzun TDS 'ye 34.5 gün ile hat9 sahip olurken, en kısa TDS 'ye 30.8 gün ile hat23 'ün sahip olduğu belirlenmiştir. Ercan (2018), Kahramanmaraş'ta yaptığı çalışmada bu çalışmaya paralel olarak TDS için genotipler arası farklılıkların istatistiksel olarak önemli olduğunu bildirmiş ve TDS 'yi 23 ile 37 gün arasında bulunduğunu rapor etmiştir. Dumlupınar ve ark. (2016) 'da TDS için genotipler arası farklılıkları önemli bulmuş ve TDS 'nin 20 ile 37 gün arasında bulunduğunu rapor etmişlerdir. Yine Narlıoğlu (2015) tarafından yapılan çalışmada genotipler arası farkın anlamlı bulunduğunu belirtilmiş ve TDS 'nin 14.3 ile 21.6 gün arasında olduğu tespit edilmiştir. TDS genotipik bir özellik olmasıyla birlikte çevreden de etkilenmektedir. Güngör ve ark. (2017) tarafından yapılan korelasyon ve path analizi sonucunda yulafta tane verime en yüksek doğrudan etkiyi TDS 'nin yaptığı bildirilmiştir. Hellewell ve ark. (1996) TDS 'nin genotip özellikleri yanında gündüz ve gece sıcaklıklarıyla da ilgili olduğunu bildirmişlerdir. Aydın ve Öztürk (2016) tarafından buğdayda TDS ile tane verim arasında olumlu korelasyon olduğunu bildirilmiştir.

### **Fizyolojik Olgunlaşma Süresi (FOS)**

SÇS'ye TDS'nin eklenmesiyle elde edilir ve erkencilik açısından önemlidir. Bu çalışmada FOS için genotipler arası farklılıklar  $p<0.01$  seviyesinde anlamlı bulunmuştur (Çizelge 3). Deneme ortalamasının 170.9 gün olduğu araştırmada sırasıyla 177.0 gün, 176.5 gün ve 175.3 gün ile Checota, hat9 ve Seydişehir en geç olgunlaşan genotipler olurken, 17 no'lu hattın 163.8 gün ile en erken olgunlaşan genotip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4). Bu durumda genotiplerin çoğunun orta erkenci olduğu söylenebilir. Eskişehir de Sönmez (2019) tarafından 2017-18 yılında yapılan çalışmada ortalama FOS 179.1 gün ile bu çalışmadan 8 gün yüksek bulunmuş olup elde edilen FOS değerlerinin 169 ile 187 gün arasında olduğu bildirilmiştir. Yine bu çalışmayla uyumlu olarak Checota ve Seydişehir çeşitlerinin en geç olgunlaşan genotipler olduğu belirtilmiştir. Kahramanmaraş'ta Hışır (2009) tarafından yapılan çalışmada genotipler arası farklılıklar önemli bulunmuş olup, FOS ortalama 195 ile 199 gün arasında bulunmuştur. Dumlupınar (2010) ise yaptığı çalışmada bu çalışmaya benzer olarak FOS için genotipler

arası farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ve genotiplerin olgunlaşmaları için gereksinim duydukları toplam sıcaklık miktarının farklı olduğunu bildirmiştir. Ayrıca FOS değerlerinin 194 ile 209 gün arasında belirlendiğini bildirmiştir. Tahıllarda erkencilik Orta Anadolu Bölgesinde görülebilen geç dönem kuraklığından kaçarak verim yükseltme yollarından birisidir. Genotipik bir özellik olmasıyla birlikte çevreden de etkilenmektedir. Buerstmayr ve ark. (2007)'a göre erkencilik birçok ıslah programının hedefindedir. Hellewell ve ark. (1996)'a göre FOS 'da genotipler arası büyük farklılıkların nedeni TDS değil vejetatif büyüme süresindedir.

### **Toprak Yüzeyini Erken Kapatma (TYEK)**

Bitkinin buharlaşma ile topraktan su kaybının azaltılması ile birlikte yabancı ot kontrolünde (Taner, 2011) ve bitkinin kurak koşullara uyumunda önemli bir fizyolojik özelliktir (Karaman, 2017). Bu çalışmada TYEK için genotipler arası farklılıklar  $p < 0.05$  seviyesinde anlamlı bulunmuştur (Çizelge 3). TYEK indeksi ortalamasının % 43 olarak bulunduğu araştırmada, en yüksek değerler % 48 ve % 47 ile sırasıyla Checota ve Seydişehir çeşitlerinden elde edilirken, bunu % 47 ve % 46 ve % 45 ile sırasıyla hat3, hat7 ve hat1 takip etmiştir. Yine 9, 10, 12, 13, 16 ve 18 no'lu hatlar da TYEK indeksi yüksekliği açısından denemede öne çıkan genotipler olmuştur (Çizelge 4). En düşük TYEK indeksi ise 20 no'lu genotipten % 39 ile elde edilmiştir. TYEK yeteneği bitkinin yabancı otlarla rekabet gücünü artırmakta (Beres ve ark., 2007), toprak yüzeyinin erken kapatılmasını sağlayarak buharlaşma azaltılmakta ve bitkinin su kullanım etkinliği artırılmaktadır (Kaya ve ark., 2008). Yine Ludlow ve Muchow (1990) 'a göre TYEK su kaybını azaltırken, ışık alımını ve transpirasyonu artırmaktadır. Bu çalışmada TYEK indeksi ile BV arasında olumlu korelasyon istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Çizelge 5). Bunu destekleyen Peltonen Sainio ve ark. (1997) tahıllarda erken gelişmeyi destekleyen mahsul yönetimi uygulamalarının daha yüksek BV 'le sonuçlanmasını olası gördüklerini beyan etmişlerdir.

### **Biyolojik Verim (BV)**

Yulafın bitkisinin tanesi yanında hayvancılıkta kaba yem olarak tercih edilen yeşil ot ve samanı da değerlidir. Bu sebeple BV değeri seleksiyonda önemle göz önünde bulundurulmalıdır. Bu çalışmada BV için genotipler arası farklılıklar  $p < 0.05$  seviyesinde anlamlı bulunmuştur (Çizelge 3). Denemede BV ortalaması 10.2 ton ha<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. En yüksek BV 13.4 ton ha<sup>-1</sup> olarak Seydişehir çeşidinden alınırken, bunu sırasıyla 12.9 ve 12.3 ton ha<sup>-1</sup> BV ile hat19 ve hat9 takip etmiştir. En düşük BV ise 7.9 ton ha<sup>-1</sup> ile hat 17 'den elde edilmiştir (Çizelge 4). Narlıoğlu (2015) tarafından yapılan çalışmada genotipler arası farklılıklar önemli bulunmuş olup bu çalışmanın aksine en düşük BV 'nin Seydişehir'den 10.6 ton ha<sup>-1</sup> ile elde edildiği belirtilmiştir. Yine Mut ve ark. (2015) tarafından Samsun da yapılan araştırmada bu çalışmaya paralel olarak genotipler arası farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı bulunduğu belirtilmiş olup, BV 'nin 6.0 ile 11.8 ton ha<sup>-1</sup> değerleri arasında olduğunu bildirmişlerdir. Sabandüzen (2017), Çanakkale de yaptığı çalışmada, yulaf genotipleri için BV 'nin % 1 seviyesinde önemli bulunduğunu bildirmiş olup, ortalama BV 'nin 10.4 ton ha<sup>-1</sup> ile 31.6 ton ha<sup>-1</sup> arasında olduğunu rapor etmiştir. Hışır (2009) ise Kahramanmaraş koşullarında BV açısından genotipler arası farklılıkların önemli olduğunu ve BV değerlerini 13.1 ile 17.3 ton ha<sup>-1</sup> arasında bulunduğunu belirtmiştir. Demirtaş (2018) tarafından Yozgat 'ta yapılan çalışmada, BV için genotipler arası farklılıkların önemli bulunduğu ve kuru koşullarda BV 'yi ortalama 7.55 ton ha<sup>-1</sup> elde ederken, sulu koşullarda 11.22 ton ha<sup>-1</sup> olarak elde edildiğini bildirilmiştir. Ayrıca araştırmacı tarafından, bu çalışmada da görüldüğü gibi uzun boylu genotiplerin BV 'lerinin yüksek olduğu bildirilmiştir. Erbaş (2012) yaptığı çalışmada BV 'de genotipler arası farklılıkları önemli bulunduğunu bildirmiş ve BV 'yi 3.5 ile 11.9 ton ha<sup>-1</sup> arasında elde ettiğini rapor etmiştir.



Çizelge 4. Araştırmada parametrelere ait elde edilen ortalama değerler ve ortalamaların karşılaştırılması ve AÖF değerleri

Genotip No	BB (cm)	YD (%)	SÇS (gün)	TDS (gün)	FOS (gün)	TYEK (%)	BV (ton ha <sup>-1</sup> )							
1	92.3	hij	1.0	d	139.5	cd	33.5	ab	173.0	cd	0.45	a-d	11.1	a-d
2	88.5	jk	1.0	d	139.8	cd	31.0	fg	170.8	fgh	0.43	b-e	9.4	def
3	116.0	bc	1.0	d	136.8	g	31.8	d-g	168.5	ijk	0.47	ab	11.5	a-d
4	128.5	a	67.8	a	145.0	a	32.0	c-g	177.0	a	0.48	a	10.1	b-f
5	90.3	ij	1.0	d	139.5	cd	31.8	d-g	171.3	d-g	0.42	b-e	9.1	def
6	105.3	def	1.0	d	136.3	g	31.5	efg	167.8	jkl	0.41	de	9.8	c-f
7	88.5	jk	1.0	d	141.0	bc	31.0	fg	172.0	c-f	0.46	abc	11.2	a-d
8	97.8	f-i	1.0	d	133.8	h	32.5	b-e	166.3	l	0.42	cde	10.8	a-e
9	128.0	a	1.0	d	142.0	b	34.5	a	176.5	a	0.45	a-d	12.3	abc
10	103.5	def	1.0	d	141.5	b	31.5	efg	173.0	cd	0.44	a-e	10.3	b-f
11	112.3	cd	1.0	d	141.5	b	31.5	efg	173.0	cd	0.42	b-e	10.9	a-e
12	90.8	ij	1.0	d	137.0	g	31.8	d-g	168.8	ij	0.43	a-e	9.7	c-f
13	100.5	e-h	1.0	d	139.8	cd	33.0	bcd	172.8	cde	0.45	a-d	10.2	b-f
14	92.3	hij	1.0	d	137.5	fg	33.3	abc	170.8	fgh	0.41	de	9.6	c-f
15	87.3	jk	1.0	d	136.5	g	32.5	b-e	169.0	hij	0.42	cde	8.2	ef
16	94.0	g-j	1.0	d	133.8	h	33.0	bcd	166.8	kl	0.44	a-e	9.9	c-f
17	87.0	jk	1.0	d	131.3	i	32.5	b-e	163.8	m	0.42	cde	7.9	f
18	80.5	k	1.0	d	138.8	def	32.8	b-e	171.5	d-g	0.43	a-e	9.1	def
19	106.5	def	1.0	d	138.8	def	32.3	b-f	171.0	efg	0.41	cde	12.9	ab
20	102.3	efg	2.8	d	141.8	b	31.8	d-g	173.5	bc	0.39	e	8.9	def
21	108.5	cde	1.0	d	137.8	efg	33.0	bcd	170.8	fgh	0.42	cde	9.7	c-f
22	111.8	cd	21.8	c	136.8	g	32.3	b-f	169.0	hij	0.43	b-e	9.1	def
23	104.5	def	19.0	c	139.3	de	30.8	g	170.0	ghi	0.40	de	9.8	c-f
24	122.8	ab	46.8	b	142.0	b	33.3	abc	175.3	ab	0.47	ab	13.4	a
<b>Ortalama</b>	101.6		7.4		138.6		32.3		170.9		0.43		10.2	
<b>AÖF(0.05)</b>	9.07		4.11		1.63		1.36		1.82		0.05		0.29	
<b>VK (%)</b>	6.33		39.8		0.83		2.98		0.75		8.48		17.1	

\*\* :istatistiksel olarak % 1’de önemli; \*istatistiksel olarak % 5’te önemli; BB: Bitki boyu ;YD: Yatma değeri; SÇS: Salkım çıkarma süresi; TDS: Tane dolun süresi; FOS: Fizyolojik olgunlaşma süresi; TYEK: Toprak yüzeyini erken kapatma; BV: Biyolojik verim; AÖF: Asgari önemli fark; VK: Varyasyon katsayısı

### Özellikler Arası İlişkiler

Düzeltilmiş ortalamalar ile yapılan korelasyon analizi sonucu elde edilen katsayılar Çizelge 5 ’te verilmiştir. Buna göre BV ile BB, FOS ve TYEK parametreleri arasında pozitif yönde korelasyonun önemli olduğu görülmüştür. Erbaş (2012) ise bu çalışmayla uyumlu olarak BV ile FOS arasında pozitif korelasyon bulurken, aynı zamanda bu çalışmanın aksine bulunan BV ile BB arasında önemli bir ilişki tespit edilemediğini bildirmiştir. İlave olarak BB ile YD, SÇS ve FOS arasında da pozitif korelasyon tespit edilmiştir. Güngör ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmada ise BB ile SÇS ve FOS arasındaki korelasyon yine önemli bulunmuş, ancak etkileşimin yönünün bu çalışmanın aksine negatif yönde olduğu bildirilmiştir. Bazı araştırmacılar tarafından BB ile YD arasında benzer şekilde pozitif yönde ve önemli korelasyon olduğu bildirilmiştir (Buestmayr ve ark., 2007; Dumlupınar, 2010). Ayrıca YD ile SÇS, FOS ve TYEK arasında pozitif korelasyon bulunurken, SÇS ile FOS arasında da pozitif korelasyonun önemli olduğu görülmüştür. Güngör ve ark. (2017) ‘da bu çalışmayla uyumlu olarak SÇS ile FOS arasında pozitif korelasyon bulduklarını beyan etmişlerdir. TDS özelliğinin diğer özelliklerden hiçbirisi ile arasında önemli düzeyde korelasyon tespit edilmemiştir. Ancak Hışır (2009) tarafından TDS ile FOS süresi arasında önemli korelasyon olduğu bildirilmiştir.

Çizelge 5. Araştırmada incelenen özellikler arası korelasyon katsayıları ve önemlilik durumları

	Bitki Boyu	Yatma Değeri	Salkım Çıkarma Süresi	Tane Doldurma Süresi	Fizyolojik Olgunlaşma Süresi	Toprak Yüzeyini Erken Kapatma	Biyolojik Verim
Bitki Boyu	1						
Yatma Değeri	0.594**	1					
Salkım Çıkarma Süresi	0.488*	0.468*	1				
Tane Dolu Süresi	0.190	-0.003	-0.089	1			
Fizyolojik Olgunlaşma S	0.533**	0.459*	0.958**	0.201	1		
Toprak Yüzeyini Erkern Kapatma	0.396	0.482*	0.347	0.227	0.410*	1	
Biyolojik Verim	0.573**	0.205	0.398	0.258	0.465*	0.469*	1

\*\* : istatistiksel olarak % 1’de önemli; \* : istatistiksel olarak % 5’te önemli

## SONUÇ

Araştırmadan elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde 3, 9 ve 19 no’lu hatlar BV yüksekliğinde; 3 ve 9 no’lu hatlar BB yüksekliğinde; 1, 9 ve 14 no’lu hatlar TDS uzunluğunda; 8, 16 ve 17 no’lu hatlar SÇS ve FOS kısalığında; 1 ve 3 no’lu hatlar TYEK indeksi yüksekliğinde; YD ’ yüksekliğinde ise 22 ve 23 no’lu hatların öne çıktığı görülmüştür. Tüm parametreler bir arada değerlendirildiğinde 3, 9 ve 19 no’lu hatların bir üst kademe denemelere aktarılarak BV yüksekliği yönünden çeşit tescilinde ya da ıslah çalışmalarında ebeveyn olarak değerlendirilebilecekleri görüşüne varılmıştır. Korelasyon analizi sonuçlarına göre BV ile BB, FOS ve TYEK parametreleri arasında pozitif korelasyon önemli bulunmuştur. Yulaf ıslahında BV çalışmalarında bu bulguların göz önünde bulundurulmasının ıslahçılara seleksiyonda yardımcı olabileceği düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Anonim 2019a. TUIK İstatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn= 92&locale=tr> (Erişim Tarihi: 23.10.2019)
- Anonim, 2019b. World Agricultural Production USDA FAS- Circular Series WAP 6-19 June 2019. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pd. p-19f>. (Erişim Tarihi: 10.06.2019)
- Anonim, 2019c. TUIK Tahıl İstatistikleri. www. <http://tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>. (Erişim Tarihi: 29.05.2019)
- Anonim, 2019d. Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü İklim Verileri. Eskişehir
- Aydın M, Öztürk A, 2016. Ekmeklik Buğday Genotiplerinde Geç Kuraklığın Vejetatif Dönem ve Tane Dolu Süresine Etkisi. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 25 (ÖZEL SAYI-1): 129-135.
- Beres B, Clayton G, Harker KN, Blackshaw R, Graf R, 2007. Influence of Seeding Rate and Cultivar on Winter Wheat Establishment, Yield, and Weed Competitiveness in Southern and Central Alberta, Canada. 152–3.
- Buerstmayr H, Krenn N, Stephan U, Grausgruber H, Zechner E, 2007. Agronomic Performance and Quality Of Oat (*Avena sativa* L.) Genotypes of Worldwide Origin Produced Under Central European Growing Conditions. Field Crops Research, 101(3): 343-351.
- Çeri S, Acar R, 2019. Serin İklim Tahıllarının Hayvan Beslemede Yeşil ve Kuru Ot Olarak Kullanımı. Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi, 8(1): 178-194
- Demirtaş ÖD, 2012. Sulamalı ve Sulamasız Koşullarda Yulaf (*Avena sativa* L.) Genotiplerinin Tarımsal ve Teknolojik Özlenmesi Belirlenmesi. Yozgat Bozok Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri, Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 65 sy
- Dumlupınar Z, 2010. Türkiye Orijinli Yerel Yulaf Genotiplerinin Avenin Proteinleri ile Morfolojik, Fenolojik ve Agronomik Özellikler Yönünden Karakterizasyonu. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, 112 sy.
- Dumlupınar Z, Ercan K, Tekin A, Herek S, Kurt A, Kekeç E, ... Akkaya A 2016. Yerel Yulaf Hatlarının Kahramanmaraş Koşullarındaki Performansı. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi, 19(4): 438-444.

- Erbaş ÖD, 2012. Yulaf (*Avena sativa* L.) Genotiplerinin Tarımsal ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Yozgat Bozok Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 85 sy
- Ercan K, 2018. Yerel Yulaf Genotiplerinin Verim ve Verim Unsurları Yönünden İncelenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 31 sy.
- Geçit HH, Adak MS, 1990. Altı sıralı arpalarda gelişme ve olum süreleri ile tane verimi üzerinde araştırmalar. A.U.Z.F. Yıllığı, 41(1-2): 151-157.
- Güngör H, Dokuyucu T, Dumlupınar Z, Akkaya A, 2017. Yulafta (*Avena spp.*) Tane Verimi ile Bazı Tarımsal Özellikler Arasındaki İlişkilerin Korelasyon ve Path Analizleriyle Saptanması. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi. 14(01)
- Hellewell KB, Stuthman DD, Markhart AH, Erwin JE, 1996. Day and night temperature effects during grain-filling in oat. *Crop Science*, 36(3): 624-628.
- Hışır Y, 2009. Türkiye Yulaf Genotiplerinin Fizyolojik, Morfolojik ve Tarımsal Özellikler Yönünden Genetik Farklılıklarının ve İlerlemelerinin Belirlenmesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi. 95 sy.
- Iannucci A, Codianni P, Cattivelli L, 2011. Evaluation of Genotype Diversity In Oat Germplasm and Definition of Ideotypes Adapted to The Mediterranean Environment. Hindawi Publishing Corporation International Journal of Agronomy, Article ID 870925.
- Kahraman T, Avcı R, Öztürk İ, Tülek A, 2012. Trakya-Marmara Bölgesine Uygun Yulaf Genotiplerinin Belirlenmesi. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 5 (2): 24-28.
- Kahraman T, Kurt C, Subaşı AS, Özderen T, ..., Sanal T, 2017a. Trakya-Marmara Bölgesi'nde İnsan Beslenmesine Uygun Yulaf (*Avena sativa* L.) Genotiplerinin Belirlenmesi. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 26: 105-111.
- Kahraman T, Avcı R, Kurt C, 2017b. Bazı Yulaf (*Avena sativa* L.) Genotiplerinin Tane Verimi, Kalite ve Tarımsal Özelliklerinin Belirlenmesi. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 26: 74-79.
- Karaman M, 2017. Makarnalık Buğdayda Fizyolojik ve Morfolojik Parametrelerin Verim ve Kalite İle Olan İlişkisinin Belirlenmesi. Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi. 149 sy.
- Kaya Y, Kara G, Akçura M, Taner S, Çeri S, .... Koç H, 2008. Serin İklim Tahıllarında İlkbahar Erken Gelişiminin Düzeltilmiş Bitki Örtüsü Katsayısı Farklılığıyla Tahmin Edilmesi. Ülkesel Tahıl Sempozyumu: 46-52, 2-5 Haziran 2008, Konya.
- Ludlow MM, Muchow RC, 1990. A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. In *Advances in agronomy* (Vol. 43, pp. 107-153). Academic Press.
- Maral H, 2009. Yulaf Çeşitlerinin Azotlu Gübrelemeye Tane Verimi, Azot Kullanımı ve Verim Özellikleri Yönünden Tepkisi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 50 sy.
- Mahadevan M, Calderini DF, Zwer PK, Sadras VO, 2016. The Critical Period for Yield Determination In Oat (*Avena sativa* L.). *Field Crops Research*, 199: 109-116.
- Mut Z, Akay H, Erbaş ÖD, 2015. Hay yield and quality of oat (*Avena sativa* L.) genotypes of worldwide origin. *International Journal of Plant Production*, 9(4): 507-522.
- Mut Z, 2018. 3. Evaluation of hay yield and quality traits of oat genotypes grown at different locations. *Revista de la Facultad de Agronomia de la Universidad del Zulia*, 35(2).
- Naneli İ, Sakin MA, 2017. Bazı Yulaf Çeşitlerinin (*Avena sativa* L.) Farklı Lokasyonlarda Verim ve Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 26: 37-44.
- Narlıoğlu A, 2015. Bazı Yulaf Genotiplerinin Verim ve Kalite Kriterleri ile Silaj Özellikleri Bakımından Değerlendirilmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri, Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 57 sy.

- Önder O, 2019. Kışlık Ekmeklik Buğday Islah Materyalinin Morfolojik ve Fizyolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. TAGEM/TBAD/15/A12/P01/004. Proje Gelişme Raporu. Geçit Kuşığı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 2018 Yılı Gelişme Raporları. Eskişehir
- Pask AJD, Pietragalla J, Mullan DM, Reynolds MP, 2012. Physiological Breeding II: A Field Guide to Wheat Phenotyping. Chapter 18. p-100, Cimmyt.
- Pearson K, 1920. Notes on the history of correlation. *Biometrika*, 13.1: 25-45.
- Peltonen-Sainio P, Forsman K, Poutala T, 1997. Crop Management Effects on Pre-and Post-Anthesis Changes in Leaf Area Index and Leaf Area Duration and their Contribution to Grain Yield and Yield Components in Spring Cereals. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 179(1): 47-61.
- Redaelli R, Laganà P, Rizza F, Nicosia OLD, Cattivelli L, 2008. Genetic progress of oats in Italy. *Euphytica*, 164(3): 679-687.
- Sabandüzen B, 2017. Çanakkale Koşullarında Bazı Yulaf Genotiplerinin Verim ve Verim Unsurlarının İncelenmesi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 51 sy.
- Sarı N, İmamoğlu A, 2011. Menemen Ekolojik Koşullarına Uygun İleri Yulaf Hatlarının Belirlenmesi. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 21(1): 16-25.
- Sarı N, 2012. Yulafta (*Avena sativa* L.) Verim ve Verim Komponentleri Arasındaki İlişkiler, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 74 sy.
- Shah WA, Bakht J, Shafi M, Khan MA, 2002. Yield and yield components of different cultivars of wheat barley and oat under rainfed conditions. *Asian J. Plant Sci*, 1: 148-150.
- Sönmez AC, 2019. Determining of Yield, Yield Components and Some Agricultural Characteristics of Winter Oat (*Avena sativa* L.) Genotypes in Eskişehir Conditions. International Erciyes Agriculture, Animal & Food Sciences Conference, Proceedings book, ISBN 978-605-80483-0-0 p-43, Kayseri, TURKEY.
- Taner S, 2011. Ekmeklik Buğdayda Kurağa Toelaranslı ve Hassas Genotiplerde Bazı Fizyolojik ve Morfolojik Parametreler Kullanılarak Kalıtım Değerlerinin İncelenmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, 124 sy.

**Pamukta Bazı Agronomik Uygulamaların Verim ve Lif Kalite Kriterleri Üzerine Etkileri**Emine KARADEMİR<sup>1</sup>, Çetin KARADEMİR<sup>1</sup>, Remzi EKİNCİ<sup>2</sup>

**ÖZET:** Bu çalışma sulama ve azot miktarına (8, 16 ve 24 kg da<sup>-1</sup>) bağlı kısıntılı, ideal ve aşırı yetiştirme koşullarının pamuk verimi, bitki gelişimi ve lif kalite özelliklerine etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak yürütülmüş ve materyal olarak GW-Teks pamuk çeşidi kullanılmıştır. İki yıl yürütülen çalışma sonucunda kütlü pamuk verimi, lif verimi, bitki boyu, ilk meyve dalı boğum sayısı, odun dalı sayısı, meyve dalı sayısı, koza sayısı yönünden uygulamalar arasındaki farklılığın istatistikî olarak önemli bulunduğu, bu özellikler yönünden en yüksek değerlerin aşırı gelişme koşullarından elde edildiği belirlenmiştir. Çırcır randımanı yönünden yıl farklılığının önemli olduğu, ancak uygulamalar arasındaki farklılığın önemli bulunmadığı, lif kalite kriterlerinden lif uzunluğu, lif inceliği, lif kopma dayanıklılığı, lif kopma uzaması, lif üniformite oranı ve kısa lif oranı yönünden uygulamalar arasında istatistikî önem düzeyinde bir farklılığın olmadığı tespit edilmiştir. İlk meyve dalı boğum sayısı, meyve dalı sayısı, koza sayısı ve lif uzunluğu özelliklerinde uygulama × yıl interaksiyonunun önemli olması, bu özelliklerin yıllara bağlı olarak değişebileceğini göstermiştir. Çalışma sonucunda incelenen özelliklerin tümü yönünden aşırı yetiştirme koşullarında elde edilen değerlerin ideal ve yetersiz yetiştirme koşullarına göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Elde edilen bulguların denemede materyal olarak kullanılan GW-Teks pamuk çeşidinin genetik performansını yansıttığı, bu değerlerin çeşitten çeşide değişebileceği, farklı çeşitlerle çalışılmasının uygun olacağı sonucuna varılmıştır. Elde edilen bulgular GW-Teks çeşidinin değişen sulama ve azot dozlarına tepkisinin sınırlı olduğunu göstermiştir.

**Anahtar kelimeler:** Pamuk, sulama, gübreleme, lif kalitesi

**Effects of Some Agronomic Applications on Yield and Fiber Quality Criteria in Cotton**

**ABSTRACT:** This study was carried out to determine the effect of the limited, ideal and over-growing conditions, depending on irrigation and nitrogen amount, on cotton yield, plant growth and fiber quality characteristics. The experiment was conducted as Randomized Complete Block Design with four replications and GW-Teks variety was used as plant material. According to results of two years there were significant differences between treatments for seed cotton yield, lint yield, plant height, node number of first fruiting branch, number of monopodial branches, number of sympodial branches and number of bolls per plant, over-growing conditions had higher values than other plots. The results of combined analysis showed that year factor was significant for ginning percentage, while treatments were non-significant and also there were non-significant differences among to treatments in terms of fiber length, fiber fineness, fiber strength, fiber elongations, fiber uniformity and short fiber index. The significance of treatment × year interaction for node number of first fruiting branch, number of sympodial branches, number of bolls per plant and fiber length showed that these features may vary depending on the years. The results indicated that the over growing treatments had higher values than that of the other treatments (ideal and stress). It was concluded that the findings obtained reflect the genetic performance of the GW-Teks cotton variety used as a material in the experiment, these values may vary from variety to variety and it would be appropriate to work with different cultivars. The findings showed that the response of GW-Teks variety to varying irrigation and nitrogen doses are limited.

**Keywords:** Cotton, irrigation, fertilization, fiber quality

<sup>1</sup> Emine KARADEMİR (Orcid ID: 0000-0001-6369-1572), Çetin KARADEMİR (Orcid ID: 0000-0002-6370-2427), Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Siirt, Türkiye

<sup>2</sup> Remzi EKİNCİ (Orcid ID: 0000-0003-4165-6631), Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Diyarbakır, Türkiye

\* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Emine KARADEMİR, e-mail: eminekarademir@siirt.edu.tr



## GİRİŞ

Pamukta yüksek verim ve kaliteye ulaşabilmek için bitkinin vejetatif ve generatif gelişme arasındaki dengenin iyi bir şekilde sağlanması gerekmektedir. Bu dengenin sağlanmasında, uygun bir bitki yönetimi, diğer çevre koşulları kadar önemlidir. Bitkide dengeli ve uygun bir gelişme ve büyüme süreci için gübreleme, sulama ve bitki büyüme düzenleyicilerinin kullanımı gibi agronomik uygulamaların uygun zaman ve miktarlarda yapılması da başarılı bir pamuk yetiştiriciliği açısından oldukça önemlidir. Bir pamuk tarlasından maksimum ürünün alınabilmesi, bitkilerin vejetatif ve generatif gelişmeleri arasındaki hassas dengeye bağlıdır. Pamuk bitkisi büyüme süresi boyunca bazı dönemlerde yoğun inceleme gerektiren bir bitki olup, bu dönemlerde alınan doğru kararlar onun genetik potansiyeline, kapasitesine ve verimliliğine olumlu yönde etki etmektedir (El-Zik ve Thaxton, 1989).

Pamuk bitkisi normal gelişme koşullarında büyümesini devam ettirmekte, tarak, çiçek ve koza oluşturmada, bu gelişme süreci olumsuz stres koşulları meydana geldiğinde, örneğin; sıcaklık, nem, bitki besin elementleri, koza yükü ve bu faktörlerin etkileşiminden kaynaklanan nedenlere bağlı olarak meydana gelen değişimler sonucunda bitki gelişimi yavaşlamaktadır. Pamuk çeşitlerinin gerek vejetasyon süreleri ve gerekse çiçeklenme sürelerine iklim faktörleri yanında uygulanan kültürel tedbirler, gübreleme, sulama, çapalama, yabancı ot mücadelesi, pix uygulaması ile hastalık ve zararlılar gibi faktörlerin etkili olduğu belirtilmektedir (Bölek, 2007).

Üreticiler genellikle; bitkide meydana gelen renk değişimi, solgunluk, yapraklarda renk koyulaşması, pörsüme gibi belirtilere göre sulama yapmaktadır. Bu durum, çoğunlukla bitkide dengesiz gelişmeye ve kimi olumsuzluklara neden olmaktadır. Aşırı gübre ve su uygulanan bitkiler vejetatif olarak hızlı gelişerek, hasat döneminde yeterli olgunluğa gelememekte, bu dönemde vejetatif gelişimini devam ettirmektedir (Rosolem ve Mellis, 2010). Bu nedenle de generatif gelişimini tamamlayamamakta ve bunu verime yeterince yansıtamamaktadır. Olumsuz iklim koşulları ve hasat öncesi erken gelen sonbahar yağışlarından da olumsuz etkilenebilmektedir.

Yetersiz sulama ve gübreleme bitkilerin vejetatif ve generatif gelişmesini olumsuz etkilemekte ve bitkiler strese girerek hızla olgunlaşmaya gitmektedir. Bu nedenle dengeli sulama ve gübreleme bitkinin sağlıklı gelişimi ve istenilen verim ve kalite düzeyine ulaşımı açısından önem arz etmektedir. Bourland ve ark. (1992) pamuk bitkisinde ana gövde üzerinde bulunan boğum sayısının pamuk bitkisinin gelişme durumunu değerlendirmede en basit ve kolay bir yöntem olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Pamuk bitkisinde cut-out döneminin (fizyolojik olgunluk) hızlı oluşmasının verimde azalmaya yol açabileceği, bunun aksine zararlı kontrolünü kolaylaştırdığı, cut-out'un koza tutumu ve koza yükünden güçlü bir şekilde etkilendiği, bunun fotosentez için olan rekabet ile hormon dengesindeki değişim veya her ikisinden de kaynaklı olabileceği bildirilmiştir (Guinn, 1985).

Oosterhuis ve ark. (1994), bitkide ilk 3 haftalık gelişme sürecinin koza büyüklüğü, tohum büyüklüğü ve lif uzunluğu üzerinde etkili olduğunu, beyaz çiçek açma döneminden koza açma dönemine kadar geçen periyodun sıcaklıktan önemli derecede etkilendiğini, besin maddeleri ve hormonal dengenin her ikisinin veya bunların kombinasyonlarının da koza tutumunda durgunluğa neden olabileceğini, bitki besin maddesi eksikliğinin bitkide hormon dengesini değiştirebileceğini, bitkide tarak ve koza dökümünün fizyolojik bir problem veya zararlılardan kaynaklanmış olabileceğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar çeşitli yönetimsel uygulamalar ile tarak ve koza dökümünü minimize edebilmek için optimum ekim tarihi, yeterli fakat aşırı olmayan azot ve diğer besin elementleri kullanımı, sulamanın etkin kontrolü, iyi drenaj sistemi ile aşırı suyun uzaklaştırılması, güneş ışığı penetrasyonuna izin verebilmek için düşük bitki yoğunluğu, büyüme düzenleyicilerin uygun oranlarda ve zamanda kullanımı ile ağır zararlı, hastalık ve ot ilaçlarından kaçınılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Bu çalışma sulama suyu ve azotlu gübre miktarına bağlı kısıntılı, ideal ve aşırı yetiştirme koşulları sağlanarak; bitkinin içinde bulunduğu bu koşulların, bazı bitki izleme teknikleri ile belirlenmesi, bitkisel karakterlerle ilişkilendirilmesi, optimum bitki yönetimi için bu verilerin kullanılması ve elde edilen sonuçların pratikte yaygınlaştırılması amacıyla yürütülmüştür.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü deneme alanlarında 2006 ve 2007 yıllarında, tesadüf blokları deneme desenine göre, 4 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Ekimler 2006 yılında 15 Mayıs tarihinde, 2007 yılında ise 10 Mayıs tarihinde mibzerle yapılmıştır. Denemelerde parsel uzunluğu 12 m, parsel genişliği 5.6 m (8 sıralı), sıra arası mesafe 70 cm sabit tutulmuş, sıra üzeri mesafe ise 20 cm olacak şekilde seyreltme ile ayarlanmış ve parsellerin sulama ve gübrelemeden etkilenmemesi amacıyla, parsel aralarında 2.1 m aralık bırakılmıştır. Denemede materyal olarak orta geççi gelişme süresine sahip olan GW-Teks pamuk çeşidi kullanılmıştır. GW-Teks çeşidi Amerika'da Acala SJ-2 ile GWS-1 çeşitlerinin melezlenmesi ve seleksiyonu sonucunda geliştirilen bir çeşit olup, ülkemizde 2002 yılında tescil edilmiştir. Üstün lif teknolojik özellikleri yönünden tekstil sanayi tarafından tercih edilen bir çeşittir. Çırcır randımanı % 40-42 olan çeşidin kozaları iri, bitki boyu kısa, bitki şekli konik olup, hastalığa (*fusarium* ve *verticillium*) dayanıklılığı yüksektir (Harem, 2003). Güneydoğu Anadolu Bölgesi koşullarında yürütülen çalışmalarda GW-Teks çeşidinin liflerinin ince (4.0-4.5 mic.), uzun (29.0-30.0 mm) ve kopmaya dayanıklı (36.5-38.0 g/tex) grupta yer aldığı ve iplik olabilirlik indeksi (SCI) değerinin yüksek olduğu (174-179) belirlenmiştir (Karademir ve ark. 2005a)

Denemede 3 farklı yetiştirme konusu yer alarak incelenmiştir.

- A) İdeal gelişme parseli (önerilen su ve gübre düzeyi)
- B) Yetersiz (stres) gelişme parseli (1/2 su ve azotlu gübre kısıntılı)
- C) Aşırı gelişme parseli ( 1/2 su ve azotlu gübre ilaveli)

İdeal gelişme parsellerine 8 kg da<sup>-1</sup> saf fosforlu gübre, 16 kg da<sup>-1</sup> saf azotlu gübre uygulanmış, her sulamada 90 mm da<sup>-1</sup> su verilmiştir.

Yetersiz (stres) gelişme parsellerine 8 kg da<sup>-1</sup> fosfor, 8 kg da<sup>-1</sup> azotlu gübre uygulanmış, her sulamada 45 mm da<sup>-1</sup> su verilmiştir.

Aşırı gelişme parseline ise 8 kg da<sup>-1</sup> saf fosfor, 24 kg da<sup>-1</sup> saf azot uygulanmış, her sulamada 135 mm da<sup>-1</sup> su verilmiştir.

İdeal gelişme koşulları uygulanan parsellerde topraktaki faydalı nem % 40'a düştüğünde, başka bir deyişle topraktaki faydalı nemin % 60'ı tüketildiğinde tarla kapasitesine ulaşacak miktarda sulama yapılmıştır. Yetersiz (stres) gelişme parsellerinde bu suyun % 50 eksigi; aşırı gelişme parsellerinde ise % 50 fazlası uygulanmıştır. Sulamalarda verilen su miktarları su sayacı yardımı ile ölçülmüştür.

Ekim esnasında her uygulama için belirlenen azotlu gübrenin yarısı ile fosforlu gübrenin tamamı 20-20-0 kompoze gübre + triple süper fosfat (TSP) formunda uygulanmış, azotun geri kalan yarısı ise ilk sulama öncesinde amonyum nitrat formunda uygulanmıştır.

Denemenin yürütüldüğü 2006 yılına ait 0-30 ve 30-60 cm derinlikten alınan toprak örnekleri analiz edilerek analiz sonucu Çizelge 1'de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Deneme alanına ait toprak analiz sonucu

Derinlik (cm)	Su İle Doymuşluk (%)	Total Tuz (%)	pH	Bitkilere Yararlı (kg da <sup>-1</sup> )		Organik Madde (%)	Bünye			Sınıfı	Tarla Kapasitesi (%)	Solma Noktası (%)
				K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		Kum	Kil	Silt			
0-30	79	0.90	7.45	95.0	4.5	1.45	20.24	55.04	24.72	C	30.83	23.72
30-60	78	0.90	7.61	90.7	1.5	1.30	26.24	55.04	16.72	C	31.30	23.92

Araştırmanın yürütüldüğü 2006 ve 2007 yılları ile uzun yıllara ait ortalama sıcaklık, maksimum sıcaklık ve ortalama yağış miktarları Çizelge 2’de verilmiştir. Her iki yılda da Mayıs, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarındaki ortalama sıcaklık ve maksimum sıcaklık değerlerinin uzun yılların üzerinde gerçekleştiği görülmektedir.

**Çizelge 2.** Denemenin yürütüldüğü 2006 ve 2007 yılı ile uzun yıllara ait iklim verileri

Aylar	Ortalama Sıcaklık (°C)			Maksimum Sıcaklık (°C)			Yağış (mm)		
	2006	2007	Uzun Yıllar	2006	2007	Uzun Yıllar	2006	2007	Uzun Yıllar
Mart	9.2	8.8	8.2	15.9	14.9	14.2	26.6	55.5	67.9
Nisan	14.5	10.3	13.8	20.6	10.4	20.3	77.9	88.2	70.5
Mayıs	19.4	20.6	19.2	27.5	27.6	26.5	38.4	45.5	42.1
Haziran	28.5	27.2	26.0	37.0	35.2	33.3	-	19.5	6.9
Temmuz	31.4	31.8	31.0	38.1	39.0	38.3	6.1	-	0.6
Ağustos	32.6	31.5	30.3	40.9	38.8	38.0	-	0.2	0.4
Eylül	25.0	25.2	24.8	33.1	34.5	33.2	3.5	-	2.7
Ekim	17.6	18.2	17.1	25.1	26.9	25.2	104.5	4.7	31.1

Kaynak: Diyarbakır İli Meteoroloji İşleri Müdürlüğü, 2006-2007

Hasat elle yapılmış, her 8 sıradan oluşan parselin ortadaki 2 sırası (4. ve 5. sıralar) elle hasat edilmiş ve kütlü pamuk verimi alınmış, diğer gözlem ve ölçümler 6. sıradan ardışık 5 bitkiden alınmıştır. Bitkide verim ve lif teknolojik özellikler ise hasat ve hasat sonrası parsel bazında alınarak değerlendirilmiştir. Lif teknolojik analizler, Nazilli Pamuk Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü lif kalite laboratuvarında HVI (High Volume Instrument) aleti yardımı ile belirlenmiş, tüm özelliklere ait değerler JMP 5.0.1 istatistik paket program yardımı ile değerlendirilmiş ve ortalamaların karşılaştırılmasında ise LSD (0.05) testi kullanılmıştır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada incelenen özelliklere ait iki yıllık veriler ve elde edilen ortalama değerler aşağıdaki çizelgelerde her bir özellik için ayrı başlıklar halinde verilmiştir.

### Kütlü Pamuk Verimi (kg da<sup>-1</sup>)

Kütlü pamuk verimi yönünden uygulamalara ilişkin iki yıllık ortalama değerler ve yıllar birleştirilerek yapılan varyans analiz sonucuna göre oluşan ortalama kütlü pamuk verimi değerleri Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 3’den kütlü pamuk verimi yönünden uygulamalar arasındaki farklılığın %1 düzeyinde önemli olduğu, yıl ile uygulama × yıl interaksyonu bakımından önemli bir farklılığın elde edilemediği izlenebilmektedir. Uygulamalara bağlı olarak kütlü pamuk verimi 207.70 kg da<sup>-1</sup> ile 423.93 kg da<sup>-1</sup> arasında değişim göstermiştir. Yetersiz gelişme parselinden (stres) en düşük kütlü pamuk verimi değeri (207.70 kg da<sup>-1</sup>) elde edilirken, en yüksek kütlü pamuk verimi (423.93 kg da<sup>-1</sup>) aşırı gelişme parselinden elde edilmiştir. İdeal gelişme parsellerinden ortalama 318.93 kg da<sup>-1</sup> verim alınmıştır. Bu özellik yönünden uygulamalar arasında 3 farklı istatistikî grup oluşmuştur. Yıllar arasında istatistikî önem düzeyinde bir farklılık olmamasına rağmen, denemenin yürütüldüğü 2007 yılında 2006 yılına göre daha yüksek kütlü pamuk veriminin elde edildiği belirlenmiştir. Bu durumun 2006 ve 2007 yıllarındaki iklim

koşulları ve kültürel uygulama farklılıklarından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Bakhsh ve ark. (2019) su stresi ile kütlü pamuk veriminde % 37 oranında verim kaybının olduğunu, Rahman ve ark. (2008) % 20 oranında verim kaybının olduğunu bildiren çalışma sonuçları ile araştırma bulguları paralellik göstermektedir. Benzer bulgular Ektiren ve Değirmenci (2018) tarafından da belirtilmiştir. Loka ve Oosterhuis (2012) su stresinin pamuğun büyüme ve gelişimini önemli derecede etkilediğini, su stresinin etkisinin stresin şiddetine ve süresine bağlı olarak değişebileceğini, bitkinin gelişme döneminin de önemli olduğunu bildirmiştir. Azotun yetersiz uygulanması ile pamukta verim kaybının olduğu yönündeki bulgular Karademir ve ark. (2005b) ile uyumlu bulunmuştur.

### Lif Verimi (kg da<sup>-1</sup>)

Lif verimi yönünden uygulamalar arasındaki farklılığın %1 düzeyinde önemli olduğu, yıl ile uygulama × yıl interaksyonunun ise önemli bulunmadığı Çizelge 3'den izlenebilmektedir. Uygulamalara bağlı olarak lif verimi 86.80 kg da<sup>-1</sup> ile 175.28 kg da<sup>-1</sup> arasında değişim göstermiştir. Uygulamalar arasında üç farklı istatistiki grup oluşmuştur. Yetersiz gelişme parselinden en düşük lif verimi değeri (86.80 kg da<sup>-1</sup>) elde edilirken, en yüksek lif verimi değeri aşırı gelişme parselinden (175.28 kg da<sup>-1</sup>) elde edilmiştir. İdeal gelişme parseli 132.78 kg da<sup>-1</sup> lif verimi ile aşırı gelişme parselinden sonra sıralamada yer almıştır. Stres ve aşırı gelişme koşulları arasında 88.48 kg da<sup>-1</sup> lif verimi farkı, stres ile normal gelişme koşulları arasında ise 45.98 kg da<sup>-1</sup> lif verimi farkı oluşmuştur. Denemenin yürütüldüğü 2007 yılında 2006 yılına göre daha yüksek lif verimi değeri elde edilmiş, ancak yıllar arasındaki farklılık önemli bulunmamıştır. Su ve azot düzeyinin azaltılması lif veriminin azalmasına yol açmıştır. Benzer bulgular Zonta ve ark. (2016) tarafından da bildirilmiştir. Loka ve Oosterhuis (2012) koza gelişimi esnasındaki su stresinin önemli derecede verim azalmasına yol açtığını belirten bulguları araştırma sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Ahmad ve ark. (2015) damla sulama ile sulanan pamukta artan su ve azot miktarının verim artışına yol açtığını, 160 kg ha<sup>-1</sup> N dozunda en yüksek verimi elde ettiklerini bildirmişlerdir.

**Çizelge 3.** Kütlü pamuk verimi ve lif verimi yönünden uygulamalara ait ortalama değerler ve oluşan gruplamalar

Uygulama	Kütlü Pamuk Verimi (kg da <sup>-1</sup> )			Lif Verimi (kg da <sup>-1</sup> )		
	Yıllar			Yıllar		
	2006	2007	Ortalama	2006	2007	Ortalama
İdeal	302.23	335.63	318.93 b	123.01	142.55	132.78 b
Yetersiz	190.62	224.77	207.70 c	78.09	95.52	86.80 c
Aşırı	402.38	445.46	423.93 a	163.63	186.92	175.28 a
Ortalama	298.41	335.29		121.58	141.66	
CV (%)	28.80			28.29		
Uygulama LSD (0.05)	97.19**			39.60**		
Yıl LSD (0.05)	Önemsiz			Önemsiz		
Uygulama x Yıl LSD (0.05)	Önemsiz			Önemsiz		

\*\* ; % 1 seviyesinde önemlidir

### Bitki Boyu (cm)

Bitki boyu yönünden uygulamalar arasındaki farklılığın önemli olduğu, yıl ve uygulama × yıl interaksyonunun ise önemli bulunmadığı Çizelge 4'den izlenebilmektedir. Uygulamalara bağlı olarak bitki boyu değeri 57.55 cm ile 83.77 cm arasında değişim göstermiştir. Aşırı gelişme parselinden en yüksek bitki boyu değerinin elde edildiği (83.77 cm), bu uygulamayı ideal gelişme parselinin izlediği (76.55 cm) ve bu iki uygulamanın aynı istatistiki grupta yer aldığı, yetersiz gelişme parselinin ise 57.55 cm bitki boyu değeri ile son sıralamada yer aldığı aynı Çizelge'den izlenebilmektedir. Bitki boyunun

hem su stresinden hem de azot uygulamasından etkilendiği farklı araştırmacılar tarafından bildirilmektedir (Heuer ve Nadler, 2008, Sahito ve ark., 2015, Zonta ve ark., 2016).

### İlk Meyve Dalı Boğum Sayısı (adet bitki<sup>-1</sup>)

İlk meyve dalı boğum sayısı yönünden uygulamaların, yılların ve uygulama x yıl interaksiyonunun % 1 düzeyinde önemli olduğu Çizelge 4’de görülmektedir. Aşırı gelişme parselinden en yüksek ilk meyve dalı boğum sayısı değeri elde edilirken (5.65 adet bitki<sup>-1</sup>), bu uygulamayı ideal gelişme parseli izlemiş (5.05 adet bitki<sup>-1</sup>) ve yetersiz gelişme parseli (4.47 adet bitki<sup>-1</sup>) değeri ile son sıralamada yer almıştır. İlk meyve dalı boğum sayısı yönünden yıllar arasındaki farklılığın istatistiki düzeyde önemli olduğu, denemenin yürütüldüğü 2006 yılında 3.83 adet bitki<sup>-1</sup>, 2007 yılında ise 6.28 adet bitki<sup>-1</sup> değerinin elde edildiği belirlenmiştir. Bu özellik yönünden uygulama x yıl interaksiyonunun önemli bulunduğu, en yüksek değer 2007 yılında aşırı gelişme parselinden, en düşük değerin ise 2006 yılında yetersiz ve aşırı uygulama parsellerinden elde edildiği tespit edilmiştir. Pettigrew (2004) ilk meyve dalı boğum sayısının su stresinden etkilenmediğini belirten bulguları ile araştırma sonuçları farklılık göstermektedir.

**Çizelge 4.** Bitki boyu ve ilk meyve dalı boğum sayısı yönünden uygulamalara ait ortalama değerler ve oluşan gruplamalar

Uygulama	Bitki Boyu (cm)			İlk Meyve Dalı Boğum Sayısı (adet bitki <sup>-1</sup> )		
	Yıllar			Yıllar		
	2006	2007	Ortalama	2006	2007	Ortalama
İdeal	81.25	71.85	76.55 a	4.00 d	6.10 b	5.05 b
Yetersiz	59.00	56.10	57.55 b	3.75 d	5.20 c	4.47 c
Aşırı	81.50	86.05	83.77 a	3.75 d	7.55 a	5.65 a
Ortalama	73.91	71.33		3.83 a	6.28 b	
CV (%)	12.68			7.12		
Uygulama LSD (0.05)	9.79**			0.38**		
Yıl LSD (0.05)	Önemsiz			0.29**		
Uygulama x Yıl LSD (0.05)	Önemsiz			0.53**		

\*\* ; % 1 seviyesinde önemlidir

### Odun Dalı Sayısı (adet bitki<sup>-1</sup>)

Odun dalı sayısı yönünden uygulamalar arasındaki farklılığın %1 düzeyinde önemli olduğu, yılların ve uygulama x yıl interaksiyonunun önemli olmadığı Çizelge 5’den izlenebilmektedir. Uygulamalara bağlı olarak odun dalı sayısı değeri 0.90 ile 2.40 adet bitki<sup>-1</sup> arasında değişim göstermiş ve uygulamalar arasında 3 farklı istatistiki grup oluşmuştur. Aşırı gelişme parselinden en yüksek odun dalı sayısı elde edilirken (2.40 adet bitki<sup>-1</sup>), bu uygulamayı ideal gelişme parseli izlemiş (1.65 adet bitki<sup>-1</sup>) ve yetersiz gelişme parseli (0.90 adet bitki<sup>-1</sup>) değeri ile son sıralamada yer almıştır. Odun dalı sayısı bakımından uygulamalar arasında önemli farklılığın olduğu görülmüştür. Pettigrew (2004) su eksikliği koşullarında 0.53, normal sulama koşullarında 0.64 adet odun dalı sayısını belirlediğini ve uygulamalar arasındaki farklılığın önemli olduğunu, Durkal ve Mert (2017) azot dozunun artması ile odun dalı sayısında artış gözlemlediklerini bildiren bulguları araştırma sonuçları ile paralellik göstermektedir.

### Meyve Dalı Sayısı (adet bitki<sup>-1</sup>)

Meyve dalı sayısı yönünden uygulamaların %1 düzeyinde, uygulama x yıl interaksiyonunun %5 düzeyinde önemli olduğu, yıl farklılığının ise önemli olmadığı Çizelge 5’de görülmektedir. Meyve dalı sayısı uygulamalara bağlı olarak 10.92 ile 14.97 adet bitki<sup>-1</sup> arasında değişim göstermiştir. Aşırı gelişme parselinden en yüksek meyve dalı sayısı elde edilirken (14.97 adet bitki<sup>-1</sup>), bu uygulamayı ideal gelişme parseli izlemiş (13.45 adet bitki<sup>-1</sup>) ve yetersiz gelişme parseli (10.92 adet bitki<sup>-1</sup>) değeri ile son sıralamada yer almıştır. Bu özellik yönünden uygulama x yıl interaksiyonunun önemli olduğu, en yüksek



meyve dalı sayısının aşırı gelişme parselinden ve denemenin yürütüldüğü ikinci yıldan (15.70 adet bitki<sup>-1</sup>), en düşük değer ise yetersiz gelişme parselinden ve denemenin yürütüldüğü ikinci yıldan (9.85 adet bitki<sup>-1</sup>) elde edildiği belirlenmiştir. Su stresi koşullarında meyve dalı sayısında % 26 oranında azalmanın meydana geldiği, Bakhsh ve ark. (2019) tarafından bildirilmiştir. Bibi ve ark. (2011) azot dozunun bitkide dallanma sayısını arttırdığını bildiren bulguları ile araştırma sonuçları benzerlik göstermektedir.

**Çizelge 5.** Odun dalı sayısı ve meyve dalı sayısı yönünden uygulamalara ait ortalama değerler ve oluşan gruplamalar

Uygulama	Odun Dalı Sayısı (adet bitki <sup>-1</sup> )			Meyve Dalı Sayısı (adet bitki <sup>-1</sup> )		
	Yıllar			Yıllar		
	2006	2007	Ortalama	2006	2007	Ortalama
İdeal	1.75	1.55	1.65 b	14.00 b	12.90 bc	13.45 b
Yetersiz	1.25	0.55	0.90 c	12.00 c	9.85 d	10.92 c
Aşırı	2.00	2.80	2.40 a	14.25 ab	15.70 a	14.97 a
Ortalama	1.66	1.63		13.41	12.81	
CV (%)	35.15			7.93		
Uygulama LSD (0.05)	0.61**			1.10**		
Yıl LSD (0.05)	Önemsiz			Önemsiz		
Uygulama x Yıl LSD (0.05)	Önemsiz			1.55*		

\*\* ; % 1 seviyesinde önemlidir

### Koza Sayısı (adet bitki<sup>-1</sup>)

Koza sayısı yönünden uygulamaların, yılların ve uygulama × yıl interaksyonunun % 1 düzeyinde önemli olduğu Çizelge 6'dan izlenebilmektedir. Uygulamalara bağlı olarak koza sayısı değeri 9.92 ile 19.90 adet bitki<sup>-1</sup> arasında değişim göstermiş ve uygulamalar arasında 3 farklı istatistiki grup oluşmuştur. Aşırı gelişme parselinden en yüksek koza sayısı değeri elde edilirken (19.90 adet bitki<sup>-1</sup>), bu uygulamayı ideal gelişme parseli izlemiş (15.52 adet bitki<sup>-1</sup>) ve yetersiz gelişme parseli (9.92 adet bitki<sup>-1</sup>) değeri ile son sıralamada yer almıştır. Koza sayısı yönünden yıllar arasındaki farklılığın önemli olduğu belirlenmiş, en yüksek değer 18.40 adet bitki<sup>-1</sup> koza sayısı ile denemenin yürütüldüğü ikinci yıldan (2007 yılı) elde edildiği saptanmıştır. Uygulama × yıl interaksyonu incelendiğinde, en yüksek koza sayısı değerinin ikinci yılda aşırı gelişme parselinden (25.80 adet bitki<sup>-1</sup>), en düşük değer ise birinci yılda yetersiz gelişme parselinden (9.75 adet bitki<sup>-1</sup>) elde edildiği belirlenmiştir. Sulama ve azot dozlarının bitkide koza sayısı üzerinde önemli etkisinin olduğu Hassan ve ark. (2016) tarafından da bildirilmektedir. Sezener ve ark. (2015) 96 pamuk genotipi ile yürüttükleri çalışmada su stresinde ortalama 8 adet, normal sulamada ise 11 adet koza sayısının olduğunu, Lokhande ve Reddy (2015) ise azotun yeterli olduğu durumda 21 adet koza, azotun eksikliği durumunda 14 adet koza elde ettiklerini bildirmişlerdir. Yapılan çalışmalarda, su stresinin koza sayısında % 10 (Pettigrew, 2004) ve % 27 oranında (Bakhsh ve ark., 2019) azalmaya yol açtığı saptanmıştır. Araştırmada elde edilen bulgular literatürlerle uyumlu bulunmuştur.

### Çırcır Randımanı (%)

Çırcır randımanı yönünden uygulamaların ve uygulama × yıl interaksyonunun istatistiki olarak önemli olmadığı, yıl farklılığının ise % 1 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 6). Denemenin yürütüldüğü 2007 yılında çırcır randımanı değeri % 42.32 olarak belirlenirken, 2006 yılında bu değer % 40.72 olarak tespit edilmiştir. Uygulamalara bağlı olarak çırcır randımanı değerinin değişmemiş olması, çeşidin bu özellik yönünden sulama ve gübrelemeye karşı responsunun daha stabil olduğunu, fakat yıl farklılığından veya iklim farklılığından daha çok etkilendiğini göstermektedir.

Karademir ve ark. (2011), su stresinin çırçır randımanını azalttığını; Bakhsh ve ark. (2019) ise çırçır randımanının su stresi ile % 4 oranında azaldığını bildiren bulguları ile çalışma sonuçları farklılık göstermektedir. Bu durumun denemede kullanılan materyal ile ilgili olabileceği düşünülmektedir.

**Çizelge 6.** Koza sayısı ve çırçır randımanı yönünden uygulamalara ait ortalama değerler ve oluşan gruplamalar

Uygulama	Koza Sayısı (adet bitki <sup>-1</sup> )			Çırçır Randımanı (%)		
	Yıllar			Yıllar		
	2006	2007	Ortalama	2006	2007	Ortalama
İdeal	11.75 cd	19.30 b	15.52 b	40.44	42.48	41.46
Yetersiz	9.75 d	10.10 d	9.92 c	41.01	42.51	41.76
Aşırı	14.00 c	25.80 a	19.90 a	40.70	41.99	41.34
Ortalama	11.83 b	18.40 a		40.72 b	42.32 a	
CV (%)	13.63			1.83		
Uygulama LSD (0.05)	2.19**			Önemsiz		
Yıl LSD (0.05)	1.78**			0.66**		
Uygulama x Yıl LSD (0.05)	3.10**			Önemsiz		

\*\* ; % 1 seviyesinde önemlidir

### Lif Uzunluğu (mm)

Lif uzunluğu yönünden uygulamaların ve yılların önemli olmadığı, uygulama × yıl interaksyonunun % 5 düzeyinde önemli olduğu Çizelge 7'den izlenebilmektedir. Lif uzunluğu değeri uygulamalara bağlı olarak 28.44 ile 29.30 mm arasında değişim göstermiştir. Uygulama x yıl interaksyonunu incelendiğinde en yüksek lif uzunluğu değerinin 2006 yılında aşırı gelişme parselinden (29.48 mm), en düşük lif uzunluğu değerinin ise 2007 yılında yetersiz gelişme parselinden (27.77 mm) elde edildiği belirlenmiştir. Çalışmada uygulanan su stresi ve azot uygulamasının lif uzunluğu üzerinde önemli bir farklılık yaratmaması denemede materyal olarak kullanılan çeşidin lif kalite performansı ile ilgili olabileceği düşünülmektedir. Ancak lif uzunluğunda uygulama × yıl interaksyonunun önemli olması uygulamaların yıllara göre değişiklik gösterebileceğini belirtmektedir. Lif hücrelerinin gelişimi esnasındaki su temininin lif kalitesini direk etkilediği bildirilmektedir (Khan ve ark., 2018). Nitekim yapılan araştırmalarda lif uzunluğunun su stresine bağlı olarak azaldığı yönündedir (Karademir ve ark., 2011). Pettigrew (2004) su stresinin lif uzunluğunu % 2 oranında azalttığını, Read ve ark. (2006), lif uzunluğunun azot eksikliği ile azaldığını, Tewolde ve Fernandez (2003) ise azotun artması ile lif uzunluğunun arttığını bildirmişlerdir.

### Lif İnceliği (micronaire)

Lif inceliği özelliğinde uygulamaların, yılların ve uygulama × yıl interaksyonunun istatistiki önem düzeyinde bir farklılık göstermediği Çizelge 7'den izlenebilmektedir. Lif inceliği değeri 4.12 ile 4.22 mic. arasında değişim göstermiştir. Uygulamalar ve yıllar arasında istatistiki bir farklılığın elde edilmemesi çeşidin sulama ve gübreleme ile farklı yıllardaki iklim koşullarına tepkisinin stabil olduğunu göstermektedir. Hernández-Cruz ve ark. (2015) % 45 N içeren üre ile 0, 50, 100, 150 kg ha<sup>-1</sup> N dozlarında yaptıkları çalışmada, pamuk lif kalitesinin farklı azot dozlarından etkilenmediğini bildirirken, Pettigrew (2004) lif inceliğinin su stresinden etkilenmediğini belirtmiştir. Su ve azotun artırılması ile lif inceliği değerinin azaldığı Sui ve ark. (2014) tarafından bildirilmiştir.

### Lif Kopma Dayanıklılığı (g tex<sup>-1</sup>)

Lif kopma dayanıklılığı yönünden uygulamaların, yılların ve uygulama × yıl interaksyonunun istatistiki önem düzeyinde farklılık göstermediği Çizelge 8'den izlenebilmektedir. Lif kopma dayanıklılığı değeri 33.26 g tex<sup>-1</sup> ile 34.21 g tex<sup>-1</sup> arasında değişim göstermiştir. Denemenin yürütüldüğü

2006 yılında 34.12 g tex<sup>-1</sup> lif kopma dayanıklılığı tespit edilirken, 2007 yılında 33.60 g tex<sup>-1</sup> değeri elde edilmiştir. Çalışmada su ve azot dozlarının ideal, % 50 arttırılmış ve % 50 azaltılmış şekilde uygulanması ile lif kopma dayanıklılığında herhangi bir istatistiki farklılığın elde edilememesi çalışmada materyal olarak kullanılan çeşidin genetik performansı ile ilişkili olabileceği izlenimini oluşturmaktadır. Pettigrew (2004) su stresi ile lif kopma dayanıklılığında herhangi bir farklılığın olmadığını, Karademir ve ark. (2011) su stresi ile lif kopma dayanıklılığının azaldığını, Read ve ark. (2006) ise azot eksikliğinin lif kopma dayanıklılığı değerini dolaylı olarak azalttığını belirtmişlerdir.

**Çizelge 7.** Lif uzunluğu ve lif inceliği yönünden uygulamalara ait ortalama değerler ve oluşan gruplamalar

Uygulama	Lif Uzunluğu (mm)			Lif İnceliği (Micronaire)		
	Yıllar			Yıllar		
	2006	2007	Ortalama	2006	2007	Ortalama
İdeal	28.28 bc	29.00 ab	28.64	4.23	4.11	4.17
Yetersiz	29.12 ab	27.77 c	28.44	4.14	4.10	4.12
Aşırı	29.48 a	29.13 ab	29.30	4.23	4.20	4.22
Ortalama	28.96	28.63		4.20	4.13	
CV (%)	2.50			6.47		
Uygulama LSD (0.05)	Önemsiz			Önemsiz		
Yıl LSD (0.05)	Önemsiz			Önemsiz		
Uygulama x Yıl LSD (0.05)	1.08*			Önemsiz		

\*\* ; % 1 seviyesinde önemlidir

### Lif Kopma Uzaması (%)

Lif kopma uzaması özelliğinde uygulama farklılıklarının, yılların ve uygulama × yıl interaksyonunun istatistiki düzeyde önemli olmadığı Çizelge 8'den izlenebilmektedir. Lif kopma uzaması değeri uygulamalara bağlı olarak % 5.68 ile 5.98 arasında değişim göstermiştir. Denemenin yürütüldüğü 2006 yılında % 5.90 değeri tespit edilirken, 2007 yılında 5.79 değeri elde edilmiştir. Çalışmada elde edilen bulgular Pettigrew (2004) ile paralellik göstermiştir.

**Çizelge 8.** Lif kopma dayanıklılığı ve lif kopma uzaması yönünden uygulamalara ait ortalama değerler ve oluşan gruplamalar

Uygulama	Lif Kopma Dayanıklılığı (g tex <sup>-1</sup> )			Lif Kopma Uzaması (%)		
	Yıllar			Yıllar		
	2006	2007	Ortalama	2006	2007	Ortalama
İdeal	33.00	35.22	34.11	6.02	5.95	5.98
Yetersiz	34.10	32.42	33.26	5.77	5.60	5.68
Aşırı	35.27	33.15	34.21	5.92	5.82	5.87
Ortalama	34.12	33.60		5.90	5.79	
CV (%)	6.34			4.44		
Uygulama LSD (0.05)	Önemsiz			Önemsiz		
Yıl LSD (0.05)	Önemsiz			Önemsiz		
Uygulama x Yıl LSD (0.05)	Önemsiz			Önemsiz		

\*\* ; % 1 seviyesinde önemlidir

### Lif Ünitiformite Oranı (%)

Lif üniformite oranı yönünden uygulamaların, yılların ve uygulama × yıl interaksyonunun istatistiki önem düzeyinde farklılık göstermediği Çizelge 9'dan izlenebilmektedir. Lif üniformite oranı uygulamalara bağlı olarak % 85.80 ile 86.87 arasında değişim göstermiştir. Denemenin yürütüldüğü 2006 yılında lif üniformite oranının % 86.10, 2007 yılında ise % 86.30 olduğu tespit edilmiştir. Benzer bulgular Pettigrew (2004) tarafından da belirtilmiş ve çalışma sonucu ile paralellik göstermiştir.

### Kısa Lif Oranı (%)

Kısa lif oranı özelliğinde uygulamaların ve uygulama  $\times$  yıl interaksyonunun istatistiki düzeyde önemli olmadığı, yılların bu özellik yönünden istatistiki önem düzeyinde farklılık gösterdiği Çizelge 9'dan izlenebilmektedir. Kısa lif oranı uygulamalara bağlı olarak % 6.67 ile 7.18 arasında değişim göstermiştir. Denemenin yürütüldüğü 2006 yılında kısa lif oranının % 8.27, 2007 yılında ise 5.57 olduğu, 2006 yılında kısa lif oranının daha yüksek değer gösterdiği belirlenmiştir. Sulanan pamuklarda kısa lif oranı değerinin azaldığı Sui ve ark. (2014) tarafından belirtilmekte ve araştırma bulguları ile farklılık göstermektedir.

**Çizelge 9.** Lif üniformite oranı ve kısa lif oranı yönünden uygulamalara ait ortalama değerler ve oluşan gruplamalar

Uygulama	Lif Üniformite Oranı (%)			Kısa Lif Oranı (%)		
	Yıllar					
	2006	2007	Ortalama	2006	2007	Ortalama
İdeal	85.15	86.72	85.93	8.57	5.25	6.91
Yetersiz	85.87	85.72	85.80	8.30	6.07	7.18
Aşırı	87.27	86.47	86.87	7.95	5.40	6.67
Ortalama	86.10	86.30		8.27 a	5.57 b	
CV (%)	1.06			10.12		
Uygulama LSD (0.05)	Önemsiz			Önemsiz		
Yıl LSD (0.05)	Önemsiz			0.60 **		
Uygulama $\times$ Yıl LSD (0.05)	Önemsiz			Önemsiz		

\*\* ; % 1 seviyesinde önemlidir

### SONUÇ

Çalışma sonucunda uygulamalar arasında kütlü pamuk verimi, lif verimi, bitki boyu, ilk meyve dalı boğum sayısı, odun dalı sayısı, meyve dalı sayısı ve koza sayısı yönünden önemli istatistiki farklılıkların bulunduğu belirlenmiş ve bu özellikler yönünden en yüksek değerlerin aşırı gelişme koşullarından elde edildiği görülmüştür. Çırcır randımanı yönünden yıl farklılığının önemli, ancak uygulamalar arasındaki farklılığın önemli bulunmadığı, lif kalite kriterlerinden lif uzunluğu, lif inceliği, lif kopma dayanıklılığı, lif kopma uzaması, lif üniformite oranı ve kısa lif oranı yönünden uygulamalar arasında istatistiki önem düzeyinde bir farklılığın bulunmadığı tespit edilmiştir.

Çalışma sonucunda incelenen özelliklerin tümü yönünden genel olarak aşırı gelişme koşullarında elde edilen değerlerin ideal gelişme ve yetersiz gelişme koşullarına göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Elde edilen bulguların denemede materyal olarak kullanılan GW-Teks pamuk çeşidi için geçerli olduğu, bu değerlerin farklı çeşitlerde değişebileceği ve literatür bulgularının da bunu destekler nitelikte olduğu, farklı çeşitler kullanılarak benzer çalışmaların yapılmasının uygun olacağı ve çeşitlerin gübre ve sulamaya karşı reaksiyonlarının değişebileceği düşünülmektedir, daha detaylı çalışmaların yapılması ile pamuk çeşitlerinin özellikle çevresel stresler nedeni ile kaynaklanan tarak ve koza dökümünün yakından takip edilmesinde yarar sağlayacağı sonucuna varılmıştır.

### TEŞEKKÜR

Bu çalışma Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından desteklenmiştir. TAGEM/TA/06/02/005 no' lu proje ile sağladıkları destekten dolayı TAGEM'e teşekkür ederiz.

**KAYNAKLAR**

- Ahmad S, Raza I, Muhammad D, Ali H, Hussain S, Doğan H, Zia-Ul-Haq M, 2015. Radiation, Water and Nitrogen Use Efficiencies of *Gossypium hirsutum* L. Turk J Agric For, 39: 825-837.
- Bakhsh A, Rehman M, Salman S, Ullah R, 2019. Evaluation of Cotton Genotypes for Seed Cotton Yield and Fiber Quality Traits Under Water Stress and Non-Stress Conditions. Sarhad Journal of Agriculture, 35 (1): 161-170.
- Bibi Z, Khan N, Mussarat M, Khan MJ, Ahmad R, Khan IU, Shahen S, 2011. Response of *Gossypium hirsutum* Genotypes to Various Nitrogen Levels. Pakistan Journal of Botany, 43(5): 2403-2409.
- Bourland FM, Oosterhuis M, Tugwell NP, 1992. Concept for Monitoring the Growth and Development of Cotton Plants Using Main Stem Node Counts. J. Prod. Agric, 5: 552-538.
- Bölek Y, 2007. Phenological Characteristics of Eighth Cotton Genotypes Under Irrigated and Non-Irrigated Conditions. KSU Journal of Science and Engineering, 10 (2): 111-118
- Ektiren Y, Değirmenci H, 2018. Kısıntılı Sulama Uygulamalarının Pamukta (*Gossypium hirsutum* L.) Yaprak Bitki Besin Elementlerine Etkisi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 21 (5): 691-698.
- El-Zik KM, Thaxton P, 1989. Genetic Improvement for Resistance to Pests and Stresses in Cotton. In Integrated Pest Management Systems and Cotton Production. John Wiley and Sons. New York.
- Durkal Ö, Mert M, 2017. Organik Olarak Yetiştirilen Pamuk Çeşitlerinin Azot Gereksiniminin Belirlenmesi. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 22 (2): 19-34.
- Guinn G, 1985. Fruiting of Cotton. III. Nutritional Stress and Cutout<sup>1</sup>. Crop Science, 25: 981-985.
- Hassan M, Maqsood M, Wajid SA, Ranjha AM, 2016. Impact of Moisture Stress and Nitrogen on Crop Growth Rate, Nitrogen Use Efficiency and Harvest Index of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Pakistan Journal of Agricultural Sciences, 53 (01):171-180.
- Harem E, 2003. Türkiye’de Tescil Edilen Yerli ve Yabancı Pamuk Çeşitleri ve Özellikleri. Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü. Nazilli Pamuk Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Yayın No: 63.
- Hernández-Cruz AE, Sánchez E, Preciado-Rangel P, García-Bañuelos ML, Palomo-Gil A, Espinoza-Banda A, 2015. Actividad de la Nitrato Reductasa. Biomasa. Rendimiento y Calidad en Algodón en Respuesta a la Fertilización Nitrogenada. Revista Internacional De Botanica Experimental, 84: 454-460.
- Heuer B, Nadler A, 2008. Physiological Parameters, Harvest Index and Yield of Deficient Irrigated Cotton. Journal of Crop Production, 2 (2): 229-239.
- Khan A, Pan X, Najeeb U, Tan DKY, Fahad S, Zahoor R, Luo H, 2018. Coping With Drought Stress and Adaptive Mechanisms and Management Through Cultural and Molecular Alternatives in Cotton as Vital Constituents for Plant Stress Resilience and Fitness. Biological Research, 51 (47): 1-12.
- Karademir Ç, Karademir E, Ekinci R, 2005a. Bazı Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) Hat/Çeşitlerinde Verim ve Teknolojik Özellikler Arası İlişkiler. GAP IV. Tarım Kongresi, 21-23 Eylül Şanlıurfa, Cilt:1, 893-899.
- Karademir Ç, Karademir E, Doran İ, Altıkat A, 2005b. Diyarbakır Ekolojik Koşullarında Farklı Azot ve Fosfor Uygulamalarının Pamukta Verim ve Lif Teknolojik Özelliklere Etkisi. Gazi Osman Paşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 22 (12): 55-61.
- Karademir Ç, Karademir E, Ekinci R, Berekatoğlu K, 2011. Yield and Fiber Quality Properties of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) Under Water Stress and Non-Stress Conditions. African Journal of Biotechnology. 10 (59), 12575-12583.
- Loka DA, Oosterhuis DM, 2012. Water Stress and Reproductive Development in Cotton. In: Oosterhuis, D.M. and Cothren, J.T., Eds., Flowering and Fruiting in Cotton, Publ. Cotton Foundation, Memphis, 51-57.
- Lokhande SB, Reddy KR, 2015. Cotton Reproductive and Fiber Quality Responses to Nitrogen Nutrition. International Journal of Plant Production, 9 (2): 191-210.



- Oosterhuis D, Stewart M, Guthrie D, 1994. Cotton Fruit Development. Cotton Physiology Today. 5 (7) <http://www.cotton.org/tech/physiology/cpt/plantphysiology/upload/Cotton-Fruit-Development-The-Boll-1994.pdf>
- Pettigrew WT, 2004. Moisture Deficit Effects on Cotton Lint Yield, Yield Components and Boll Distribution, *Agronomy Journal*, 96:377-383.
- Rahman M, Ullah I, Ahsraf M, Stewart J M, Zafar Y, 2008. Genotypic Variation for Drought Tolerance in Cotton. *Agronomy Sustainable Development*, 28: 439-447.
- Read JJ, Reddy KR, Jenkins J, 2006. Yield and Fiber Quality of Upland Cotton as Influenced by Nitrogen and Potassium Nutrition. *European Journal of Agronomy*, 24 (3):282-290.
- Rosolem CA, Mellis VV, 2010. Monitoring Nitrogen Nutrition in Cotton. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, 34:1601-1607.
- Sahito A, Baloch ZA, Mahar A, Otho SA, Kalhoro SA, Ali A, Kalhoro FA, Soomro RN, Ali F, 2015. Effect of Water Stress on the Growth and Yield of Cotton Crop (*Gossypium hirsutum* L.). *American Journal of Plant Sciences*, 6: 1027-1039.
- Sezener V, Başal H, Peynircioğlu C, Gürbüz T, Kızılkaya K, 2015. Screening of Cotton Cultivars for Drought Tolerance Under Field Conditions. *Turk J Field Crops*, 20 (2), 223-232.
- Sui R, Byler RK, Fisher DK, Barnes EM, Delhom CD, 2014. Effect of Supplemental Irrigation and Graded Levels of Nitrogen on Cotton Yield and Quality. *Journal of Agricultural Science*, 6 (2), 119-131.
- Tewolde H, Fernandez CJ, 2003. Fiber Quality Response of Pima Cotton to Nitrogen and Phosphorus Deficiency. *Journal of Plant Nutrition*, 26 (1): 223-235.
- Zonta JH, Brandão ZN, Sofiatti V, Bezerra JRC, Medeiro JC, 2016. Irrigation and Nitrogen Effects on Seed Cotton Yield, Water Productivity and Yield Response Factor in Semi-arid Environment. *Australian Journal of Crop Science*, 10 (1):118-126.

**Silaj Kalite Değerlerine Göre Sentetik Mısır Kaynak Materyalleri Geliştirme**

Rahime CENGİZ<sup>1</sup>, Ahmet DUMAN<sup>2</sup>, Bülent CENGİZ<sup>2</sup>, Niyazi AKARKEN<sup>2</sup>, Mehmet Cavit SEZER<sup>2</sup>

**ÖZET:** Bu araştırma, melez mısır ıslah çalışmalarına kaynak materyal oluşturmak amacıyla kendilenmiş mısır hatlarında silaj kalite değerlerine göre seleksiyon yapılarak sentetik kaynak materyal geliştirmek için Mısır Araştırma Enstitüsünde 2009-2016 yılları arasında yürütülmüştür. Çalışmada başlangıç materyali olarak Marmara Mısır Islah Araştırmaları Projesi kapsamında geliştirilen 17 adet kendilenmiş hatta 2009 yılında silaj denemesi kurulmuştur. Denemede yaprak/sap oranı, koçan/bitki oranı, sap/bitki oranı, yeşil bitki veriminin yanı sıra silaj kalite analizleri yapılmış NDF, ADF, ham selüloz, ham protein ve ham yağ değerlerine bakılmıştır. Yeşil bitki verimi (YBV) ve kalite parametreleri dikkate alınarak 9 hat seçilmiş ve bu hatlar ile yarım diallel melez yapılmıştır. Elde edilen yarım diallel melezler silaj verim denemesine alınmış ve silaj kalite değerlerine bakılmıştır. YBV ve kalite değerleri dikkate alınarak seçilen 15 adet melez kombinasyonu ile rekombinasyon bloğu oluşturulmuş bitki gözlemleri ve hasatta koçan seleksiyonu yapılarak ADASİLAJSYN sentetik popülasyonunun başlangıç materyali elde edilmiştir. Popülasyon ıslahının bir döngüsü başlangıç materyaline uygulanmıştır. Seçilen ailelerde YBV 57.14-102.00 t ha<sup>-1</sup>, NDF % 38.0-43.1, ADF % 26.4-32.8, ADL % 0.8-7.6 ve ham selüloz % 9.3-22.5 arasında değişmiştir. Seçilen S<sub>1</sub> aileler ile rekombinasyon bloğu kurulmuştur. Hasatta ADASİLAJSYN sentetik kaynak materyali elde edilmiştir. Elde edilen popülasyon yeni kendilenmiş hatların geliştirilmesinde kaynak materyal ve doubled haploid (DH) hatların elde edilmesinde donör olarak 2017 yılından beri kullanılmaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Mısır, silaj, sentetik popülasyon, kalite

**Improvement of Synthetic Maize Germplasm with Silage Quality Values**

**ABSTRACT:** This research was carried out in order to establish source material with selected silage quality values of maize lines for hybrid maize breeding researches. Silage experiment was established using number of 17 inbred lines as a starting material in the study. The NDF, ADF, crude fiber, crude protein and crude oil values of the silage were analyzed, in terms of leaf/stem ratio, stem/plant ratio, ear/plant ratio, green plant yield as well as silage quality analyzes. Number of 9 lines was selected, according to the green plant yield and quality parameters. These lines were made with half diallel hybrids and they were taken to the silage yield experiment and the silage quality values were examined and selected 15 hybrid combinations. Recombination block was created with 15 selected hybrids and ADASLJSYN synthetic population was obtained as starting material at harvest. A cycle of population breeding was initiated in starting material. The green plant yield, NDF, ADF, ADL and crude cellulose were 57.14-102.00 t ha<sup>-1</sup>, 38.0-43.1%, 26.4-32.8%, 0.8-7.65% and 9.3-22.5% in selected families, respectively. Recombination block was established with selected S<sub>1</sub> families. ADASLJSYN synthetic silage material was obtained at harvest. The synthetic populations have been used as donor and source material for obtaining DH lines and inbred lines since 2017.

**Key words:** Maize, silage, synthetic population, quality

<sup>1</sup> Rahime CENGİZ (Orcid ID: 0000-0001-6355-7496), Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Sakarya, Türkiye,

<sup>2</sup> Ahmet DUMAN (Orcid ID: 0000-0001-7387-441X), Bülent CENGİZ (Orcid ID: 0000-0001-8940-0980), Niyazi AKARKEN (Orcid ID: 0000-0002-8064-0184), Mehmet Cavit SEZER (Orcid ID: 0000-0001-7406-9383), Mısır Araştırma Enstitüsü, Sakarya

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Rahime CENGİZ, e-mail: rahimecengiz@subu.edu.tr

Makale 12-15 Eylül tarihlerinde Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesinde düzenlenmiş 12. Tarla Bitkileri Kongresinde sözlü sunum olarak sunulmuş ve elektronik kongre kitabında özeti verilmiştir.

Geliş tarihi / Received: 18-04-2020  
Kabul tarihi / Accepted: 14-07-2020

## GİRİŞ

Mısır bitkisi halen Dünya nüfusunu doyuran altı tahıldan bir tanesidir. Çok yönlü kullanım alanı, adaptasyon kabiliyeti ve verimliliği ile Dünya'da en fazla üretilen tahıldır. 2020 yılı Nisan ayı verilerine göre Dünya mısır üretimi toplam 1 113.02 milyon ton olmuştur (Anonim, 2020a). Ülkemizde tahıllar içerisinde buğday ve arpadan sonra en geniş ekim alanına sahip olan mısır, ana ürün ve ikinci ürün olarak başarıyla üretilmektedir. Ülkemizde 2019 yılında 6 milyon ton üretime ulaşarak tüketimin yaklaşık % 80 ini karşılamıştır. Ülkemizde üretilen tane mısırın yaklaşık %78 i yem sanayinde % 20 si ise nişasta sektöründe kullanılmaktadır. 2019 yılında silaj amaçlı mısır ekim alanı 507 412.7 ha, silaj üretimi 25.5 milyon ton ve ortalama verim ise 50.3 t ha<sup>-1</sup> olarak gerçekleşmiştir (Anonim, 2020b).

Mısır, suca zengin kaba yemler içinde fermantasyonunun en kolay olması, ekonomikliği ve ikinci ürün için elverişli olması nedeniyle ülkemizde silaj için en uygun ve tercih edilen bir bitkidir. Yem değeri bakımından bir dekardan elde edilen 8-9 ton mısır silajı, yaklaşık 2.5 ton arpaya eşdeğerdir. Bu haliyle, mısır silajı, hiçbir ilave yem vermeden günlük 600-700 g ağırlık artışı sağlayabilir (Yaylak ve Alçıçek, 2003).

Türkiye'de özellikle 1987 yılından sonra sığır ithalleri iyice yoğunluk kazanmıştır. Böylece yerli ırklar ile yapılan melezlemeler sonucunda düşük canlı ağırlık ve süt verimine sahip olan yerli ırkların Türkiye popülasyonu içindeki oranı azalırken kültür ırkı ve melezlerin oranı yükselmiştir. Bunun sonucunda artan kaba yem ihtiyacının karşılanmasında silaj üretimi, çözümlerden biri olmuştur. Dolayısıyla silaj üretiminde önemli düzeyde artış meydana gelmiştir (Şekerden, 1997).

Silajlık mısır için dünyada birçok ıslahçı tarafından ayrı ıslah programları yürütülmektedir. Tane mısırdan farklı olarak bitki özellikleri de ön plana çıkmaktadır. Bitki silaj yapıldıktan sonra sindirilebilirliği ve yem kalitesi önemli faktörlerdendir. Kaliteli silajlık çeşitlerin geliştirilmesi için kendilenmiş hatların da bu ıslah programından gelmesi gerekmektedir. Silaj kalite değerlerine göre seleksiyon yapılarak geliştirilen kendilenmiş hatlardan kaliteli silajlık melez mısır çeşitlerinin geliştirilmesi mümkündür.

Mısır ıslahçıları 20. yüzyılda germplasmın genetik çeşitliliğinin öneminin artan bir şekilde farkına varmışlardır. Gelecekte mısırdaki genetik kazanımlar, genetik çeşitliliğin kullanılmasının açılımına bağlıdır. Bu kazanımları etkili ve önemli bir derecede yapmak için farklı ve yararlı genetik çeşitliliği birleştirmek, ihtiyaçlar doğrultusunda ıslah programlarına germplasm geliştirmek gerekmektedir. Germplasm seçiminde öncelikli karakterler; abiyotik streslere tolerans (kuraklık, düşük ve yüksek sıcaklık, tuzluluk), hastalıklara dayanıklılık (yaprak yanıklığı, koçan çürüklüğü, antraknoz), böceklere dayanıklılık (mısır koçan kurdu, kök kurdu), verim ve verim komponentleri ile tane ve silaj kalitesi (protein, yağ, nişasta, NDF, ADF (asit deterjanda lif), selüloz oranı v.b) olarak sıralanabilir. Germplasm geliştirme çalışmalarında birçok yöntem kullanılmaktadır. Bir germplasmın geliştirilmesi için ıslah programında kullanılacak yöntem veya yöntemlerin seçiminde temel olarak ıslah amacı belirleyici olmakla birlikte altyapı, personel ve ekoloji gibi bir çok faktör yöntemin seçimini etkilemektedir.

Mısır silajı ruminantlar için yüksek kaliteli bir besindir. Islahçılar Wisconsin Quality Synthetic (WQS) materyalinde üç döngü S<sub>1</sub> tekrarlamalı seleksiyon yöntemi kullanarak sapın lif yapısı, asit silisyum tuzu ve lignin konsantrasyonu için seleksiyon yapmışlardır. Bu çalışma sonunda materyali düşük ve yüksek olarak ikiye ayırmışlar, bu iki materyali Mo17 ve H99 ile melezleyerek WQS C<sub>0</sub>' 1 oluşturmuşlardır. S<sub>2</sub> yoklama melezi seleksiyon yöntemi kullanılarak materyalde tüm bitki verimi, nötral deterjan lif (NDF), nötral deterjan lif sindirilebilirliği (NDFD), ham protein ve nişasta değerleri dikkate alınarak materyal geliştirilmiştir (Frey ve ark., 2004).

Barnes ve ark. (1971), normal ve üç brown midrib genotipindeki mısırlarda koçan püskülü çıkışıdan 10, 35 ve 55 gün sonra hasat yapmıştır. Bitkilerde yaprak, yaprak kını, gövde, koçan kabuğu, tane, sömek ve tepe püskülü ayrılmıştır. İn vitro kuru madde sindirilebilirliği (IVDMD) tüm parçalarda ve bütünün karışımında iki aşamalı in vitro rumen fermantasyon tekniği kullanılarak saptanmıştır. IVDMD tüm bitki için normal ve üç brown midrib genotiplerinde (koçan püskülü çıkışıdan 35 gün sonra hasat edilen bitkiler için) sırasıyla % 68,3, % 72,0, % 75,5 ve % 77,8 olmuştur. IVDMD değeri yaprak, yaprak kını, sömek ve tepe püskülü için aynı hasat döneminde normal mısıra kıyasla tüm mutantlarda daha yüksek olmuştur ( $P<0.05$ ). Bu hasat döneminde brown midrib mutantlarında gövde dokusu normal mısırlardan daha yüksek IVDMD değeri vermiştir ( $P<0.01$ ). Tüm bitkide ise yine mutantlar tüm hasat dönemlerinde normal mısırdan daha yüksek IVDMD göstermiştir. Brown midrib genotiplerindeki IVDMD değerinin normal mısıra göre daha yüksek olması, mutantlarda asit deterjan lignin (ADL) içeriğinin azalmasından kaynaklanmaktadır.

Pollmer ve Phipps (1980), Batı Almanya'da silaj üretimi için geliştirilen protein oranı artırılmış birkaç melezlerin olduğunu rapor etmiştir. Bu melezlerin protein oranı tanede % 12 iken, standart melezlerin protein oranı tanede % 10 olmuştur. Çalışmada olgunlaşma ve tane verimi de karşılaştırılmıştır. Protein içeriği ve protein verimi için güçlü bir genotiple birlikte çevre faktörleri rapor edilmiştir.

Sing (1987), istenen özellikler bakımından kendilenmiş hatların geliştirilerek yüksek verimli melezlerin elde edilmesi için kaynak materyal olarak elit kompozitlerden yararlanılabileceğini bildirmiştir.

Jones ve ark. (1971), tam ve yarı kardeş resiprokal tekrarlamalı seleksiyon (RTS) yöntemini cebirsel ve bilgisayar simülasyonu ile karşılaştırmışlardır. İki ıslah şemasının ilişkili performansının, seçim yoğunluğuna ve çevresel varyansa bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Tam kardeş RTS yönteminin, toplam genetik varyasyon içinde daha az seleksiyon intensitesi ve daha büyük çevresel varyansın olduğu durumlarda tercih edilmesini önermişlerdir. Bu yöntemde seleksiyon intensitesi arttıkça avantajı azalmıştır. Tam kardeş RTS yöntemi, ıslahçıya popülasyon ıslahıyla yeni verimli melezlerin daha etkili bir şekilde geliştirilmesini sağladığını vurgulamışlardır.

Hallauer (1981), birçok çalışmanın sonuç raporunda kantitatif özelliklerin ıslahı için  $S_1$  tekrarlamalı seleksiyon metodunun olumlu etkisinin görüldüğünü belirtmiştir.

Sriwatanapongse (1987), çalışmaları sonucu 8-10 ebeveynden meydana gelmiş bir sentetik çeşidin ıslah çalışmalarında kaynak materyal olarak kullanılma olanağının yeterince değerlendirilmediğini belirtmiştir. Bu sentetik materyalin hatlardan olduğu gibi deneysel çeşitlerden de oluşabileceğini ifade etmiştir.

Lamkey ve ark. (1993), birinci dönem kendilenmiş hatların daha çok açık tozlanan materyaller ile çift melezlerden elde edildiğini belirtirken ikinci dönem olarak adlandırılan günümüz çalışmalarında daha çok geriye melezler, hatlar arası melezler, sentetik çeşitlerin önemli olduğunu vurgulamıştır. Bu amaçla oluşturulacak sentetiklerin 3-5 kendilenmiş hattan meydana gelmesi gerektiğini önermiştir.

Zeng (1990), Çin'de 1987 yılı itibarı ile melez çeşitlerde kullanılan kendilenmiş hatların % 42,3'nün tek melezden, % 13,4'nün sentetik çeşitlerden ve % 10,6'sının geri melezlemelerden elde edildiğini belirtmiştir.

Günümüzde sentetik çeşitler yaygın olarak ticarete kullanılmamaktadır. Ancak ıslah çalışmalarında belli amaçlara yönelmiş sentetik kaynak materyaller üzerinde çalışmak oldukça yaygındır. Silajlık mısır çeşitlerinin geliştirilmesi için öncelikli olarak mısır hatlarının geliştirilmesi gerekmektedir. Bu hatların geliştirileceği germplazmın oluşturulması elzemdir. Ülkemiz mısır bitkisinin

anavatanı olmadığından ıslah çalışmalarında kullanılacak kaynak materyalin geliştirilmesi de ıslahçıların ana görevi olmuştur. Bu amaçla silajlık sentetik kaynak materyal geliştirme çalışmaları yürütülmüştür.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Mısır Araştırma Enstitüsü Müdürlüğünde yürütülen mısır ıslah çalışmaları ile geliştirilmiş kendilenmiş mısır hatları arasından bitki boyu, sap kalınlığı, yaprak duruşu, yaprak sayısı ve yeşil kalma gibi özellikleri değerlendirilerek bu özellikler açısından en iyi 17 mısır hattı bu çalışmanın başlangıç materyali olarak seçilmiştir. Bu mısır hatlarının isimleri ve bazı tarımsal özellikleri Çizelge 2’ de verilmiştir. Çalışmanın diğer aşamalarında ise seçilen hatlar ile oluşturulan yarım diallel melezler, tam kardeş kendileme yapılan S<sub>1</sub> aileleri materyal olarak kullanılmıştır.

Bu çalışmada sentetik kaynak materyal geliştirme yöntemi kullanılmış olup elde edilen başlangıç materyaline S<sub>1</sub> tekrarlamalı seleksiyon yöntemi uygulanmıştır. Bu çalışmada kullanılan yöntemlerin aşamaları aşağıda verilmiştir.

1. Yıl: 17 mısır hattı ile silaj verim denemesi kurulmuştur. Yeşil bitki verimi (YBV) ve silaj kalite sonuçlarına göre 9 mısır hattı seçilmiştir.
2. Yıl: Seçilen mısır hatları ile yarım diallel melez yapılmıştır.
3. Yıl: 36 adet yarım diallel melez ile silaj verim denemesi kurulmuş ve silaj kalite analizleri yapılmıştır. YBV ve silaj kalite değerleri dikkate alınarak 15 melez kombinasyonu seçilmiştir.
4. Yıl: Seçilen melezlerin F<sub>1</sub> tohumları eşit miktarda karıştırılarak rekombinasyon bloğu oluşturulmuştur. Rekombinasyon bloğunda tam kardeş kendileme (full-sib) yapılarak populasyon ıslahının başlangıç materyali elde edilmiştir.
5. Yıl: S<sub>1</sub> tekrarlamalı seleksiyon metodu gereği başlangıç materyali ile 5000 bitki olacak şekilde kendileme bloğu ekilmiştir. Hasatta 562 kendilenmiş koçandan 142 adet seçilmiştir.
6. Yıl: Seçilen 142 S<sub>1</sub> ailesi döl kontrol verim denemesine alınmıştır. Deneme 12×12 basit dengeli lattice deneme desenine göre kurulmuştur. Denemede iki adet silajlık kontrol çeşidi de yer almıştır. Silaj verim değerleri ve silaj kalite analizleri sonuçlarına göre 32 S<sub>1</sub> aile seçilmiştir.
7. Yıl: Seçilen 32 S<sub>1</sub> aile ile rekombinasyon bloğu oluşturulmuştur. Rekombinasyon bloğunda tam kardeş kendileme (full-sib) yapılmıştır. Hasatta tam kardeş kendileme yapılan koçanlar alınarak bir araya tanelenmiş ve ADASİLAJSYN S<sub>1</sub> (C<sub>1</sub>) materyali elde edilmiştir.

Diallel melezleme Hallauer ve ark. (2010)’nin önerdiği şekilde Griffing Yöntem II’ye göre yapılmıştır (Griffing 1956). Yönteme göre n sayıda ebeveyn olduğunda n (n-1)/2 sayıda kombinasyon gereği (9 x (9-1))/2 36 adet F<sub>1</sub> elde edilmiştir. Verim denemeleri tesadüf blokları deneme deseninde üç tekrarlı olarak kurulmuştur. Döl kontrol verim denemesi basit dengeli lattice deneme desenine göre 2 tekrarlı olarak kurulmuştur. Denemelerde parsel uzunluğu 5 m, sıra arası 70 cm ve sıra üzeri 15 cm dir. Denemelerde 95240 bitki ha<sup>-1</sup> bitki sıklığı kullanılmıştır. Denemelerde her genotip kendi silaj olum dönemine göre hasat edilmiştir. Kendileme ve melezleme çalışmalarının tamamı izolasyon kağıtları kullanılarak el ile yapılmıştır. Koçan nüveleri püskül çıkarmadan uygun izolasyon kağıdı ile kapatılmıştır. Tepe püskülleri ana ekseninin %50 kısmında anterler açılıp polen dökmeye başladığında izolasyon kağıdı ile kapatılmıştır. Çalışmada belirlenen NDF ve ADF değerleri Çizelge 1’de verilen standart değerler ile karşılaştırılmıştır.



**Çizelge 1.** Silaj kalite parametrelerinden NDF ve ADL kalite standardı

Kalite Standardı	ADF	NDF
En İyi	<31	<40
1	31-35	40-46
2	36-40	47-53
3	41-42	54-60
4	43-45	61-65
5	>45	>65

Tarımsal gözlemler Tohumluk Tescil Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü, Tarımsal Değerleri Ölçme Denemeleri Teknik Talimatı, TTSM (2018)' e göre alınmıştır. Yürütülen denemelerden alınan tarımsal gözlemler ve yapılan analizlerin teknik talimata göre yöntemleri aşağıda verilmiştir.

**Çiçeklenme gün sayısı (gün):** Ekim tarihinden parseldeki bitkilerin %50'sinin tepe püskülünü çıkarmasına kadar geçen zaman olarak hesaplanmıştır.

**Bitki boyu (cm):** Her parselde, süt olum döneminde, tesadüfi olarak seçilen 10 adet bitkinin toprak seviyesinden tepe püskülünün en uçtaki noktasına kadar olan mesafe ölçülerek ortalamaları alınmıştır.

**Koçan/Bitki oranı (%):** Her parselden tesadüfen seçilen 10 bitkinin koçan ağırlıkları ve bitki ağırlıkları tartılmış ve oranlanmıştır.

**Yaprak/Sap oranı (%):** Her parselden tesadüfen seçilen 10 bitkinin (koçan hariç) yaprak ve sap ağırlıkları tartılmış ve oranlanmıştır.

**Sap/Bitki oranı (%):** Her parselden tesadüfen seçilen 10 bitkinin sap ağırlıkları alınmış ve tüm bitki ağırlığına oranlanmıştır.

**Yeşil kalma (1-5):** Bir parselde orta iki sıradaki bitkiler hamur olum döneminde yeşil kalma durumuna göre değerlendirilmiştir (1-iyi, 5-kötü).

**Hasat zamanı:** Her parselde orta 2 sıradaki bitkilere ait koçanların, süt olum dönemlerini tamamlayıp sarı olum dönemine geçtiği ve üst kısmında hafif çöküntünün olduğu, (tanedeki süt çizgisi  $\frac{1}{2}$  veya  $\frac{2}{3}$ ) kuru madde oranının % 30-35 civarı olduğu dönemdir. Denemedeki genotipler, silaj hasat olgunluğu dönemine gelme durumuna göre farklı zamanlarda ayrı ayrı hasat edilmiştir.

**Yeşil bitki verimi (t ha<sup>-1</sup>):** Yeşil bitki verimi orta 2 sıradan hasat edilen bitkilerin tartılması ile belirlenmiştir. Biçim toprak seviyesinden 5-6 cm yükseklikten yapılmıştır. Elde edilen veriler birim alan verime çevrilmiştir.

**Kuru madde oranı (%):** Biçimden sonra her parselden yeşil bitki için hasat edilen parseli temsil eden 1 bitki rastgele alınıp parçalanmıştır (1-2 cm), kurutma dolabında 48 saat 105 °C'de kurutulmuştur. Örnek daha sonra 24 saat desikatörde bekletilerek tartılmış ve kuru madde oranı belirlenmiştir.

**Ham protein oranı (%):** Tüm bitki kuru madde verimi belirlenen ve 1 mm'lik elekten geçirilecek şekilde öğütülen örneklerde, Kjeldahl yöntemiyle (AOAC, 1990) belirlenmiştir.

**NDF (%):** Tüm bitki kuru madde oranı belirlenen ve 1 mm'lik elekten geçirilecek şekilde öğütülen örneklerde, Goering ve Van Soest (1970)'in önerdiği yöntemlere göre NDF analizleri yapılmıştır.

**ADF (%):** Tüm bitki kuru madde verimi belirlenen ve 1 mm'lik elekten geçirilecek şekilde öğütülen örneklerde, Goering ve Van Soest (1970)'in önerdiği yöntemlere göre ADF analizleri yapılmıştır.

**ADL (%):** % 72'lik sülfirik asit çözeltisinde bekletilen numunede çözünemeyen kısım belirlenmiştir.

**Ham selüloz (%):** Seyreltik asit ve bazik çözeltilerde çözünemeyen lif miktarına verilen addır. Wendee Analiz Tekniği esaslarına göre tayin edilmiştir (Akyıldız, 1984).

**Ham yağ (%):** Her genotipten alınan örnek numunede Sokselet Metodu ile yağ miktarı belirlenmiştir. AOAC Official Method 920.39 ve ISO 6492.

**Ham protein (%):** Her genotipten alınan örnek numunede Dumas klasik yöntemi ile protein miktarı belirlenmiştir. ICC Standart No.167 ve AOAC Official Method 992.23.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Yüksek YBV ve silaj kalite değerlerine sahip sentetik materyallerin oluşturulması amacı ile 2009 yılında 17 adet kendilenmiş hattın silaj verim denemesi kurulmuştur. Kendilenmiş mısır hatlarının erkek çiçeklenme süresi 66-80 gün, bitki boyu 168-279 cm, yeşil kalma değerleri 1-3 ve yeşil bitki verimleri ise 30.90-61-77 t ha<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. Denemede yaprak/sap oranı, koçan/bitki oranı, YBV, NDF, ADF, ham selüloz, ham protein ve ham yağ değerleri belirlenmiştir. YBV ve kalite parametreleri dikkate alınarak ADK-514-1, ADK-533, ADK-433, ADK-451, ADK-604, ADK-720, ADK-733, ADK-689 ve ADK-694 mısır hatları seçilmiştir (Çizelge 2 ve 3).

**Çizelge 2.** Kendilenmiş mısır hatların silaj verim denemesi değerleri

Çeşit Adı	Çiçeklenme (gün)	Bitki boyu (cm)	Yeşil Kalma (1-5)	Koçan/Bitki (%)	Yaprak/Sap (%)	Yeşil Bitki Verimi (t ha <sup>-1</sup> )
ADK 433	80	251	1.7	13	143	61.77 a
MAE 9301	80	279	1.0	26	125	61.76 a
ADK 455	78	236	1.7	18	138	59.12 ab
ADK 451	76	241	1.3	30	151	57.69 abc
ADK 728	70	205	1.0	25	174	53.78 a-d
ADK 438	80	221	2.3	16	115	51.13 b-e
ADK 694	74	222	3.0	28	94	50.54 cde
ADK 689	76	225	2.0	15	92	50.46 cde
ADK 720	76	199	2.0	22	95	46.27 def
ADK 726	70	199	1.3	25	189	42.88 efg
ADK 533	73	204	1.7	23	101	41.87 fg
ADK 719	68	168	1.7	31	133	40.87 fg
ADK 434	79	225	2.7	23	84	40.56 fg
ADK 733	70	206	1.7	31	146	40.03 fg
ADK 604	66	173	1.0	27	194	39.64 fg
ADK 651	66	175	1.3	32	127	36.02 gh
ADK 514-1	69	172	1.0	29	227	30.90 h
V.F.						*
V.K. (%)						6.6
A.Ö.F. (t h <sup>-1</sup> )						8.51

\*: 0.05 düzeyinde önemlidir.

Kendilenmiş mısır hatları seçilirken NDF, ADF ve ham selüloz değerlerinin düşük olanları, ham protein, ham yağ ve YBV nin yüksek değerleri dikkate alınmıştır. Kendilenmiş hatlar arasında Yöntem

II'ye göre yapılan melezlemeler sonucu 36 adet F<sub>1</sub> elde edilmiştir. Yöntem II'ye göre hazırlanan eşleştirme Çizelge 4'te verilmiştir.

**Çizelge 3.** Kendilenmiş mısır hatlarının silaj kalite değerleri

Çeşit	NDF (%)		ADF (%)		Ham Selüloz (%)		Ham Protein (%)	Ham Yağ (%)
ADK 433	45.9	a	45.1	bcd	20.9	bcd	8.3	1.42 cd
ADK 434	45.2	abc	45.6	bcd	23.2	abc	10.7	1.04 d
ADK 438	43.5	abc	45.5	bcd	23.2	abc	9.4	1.45 cd
ADK 451	42.4	abc	46.6	ab	20.3	cd	9.2	1.72 bcd
ADK 455	46.9	a	45.1	bcd	23.5	ab	8.7	1.29 cd
ADK 514-1	31.3	e	41.7	e	15.8	e	9.5	2.23 abc
ADK 533	40.7	cd	46.1	bc	22.2	bcd	9.1	2.07 abc
ADK 604	44.7	abc	44.8	cd	21.9	bcd	10.3	1.95 bcd
ADK 651	43.2	abc	46.3	abc	21.1	bcd	9.4	2.15 abc
ADK 689	37.3	d	44.2	d	19.2	d	8.5	2.98 a
ADK 694	42.3	abc	45.2	bcd	20.2	cd	9.9	1.60 bcd
ADK 719	43.3	abc	46.0	bcd	21.5	bcd	9.1	2.56 ab
ADK 720	45.3	abc	44.5	cd	20.5	bcd	10.6	1.32 cd
ADK 726	44.7	abc	46.3	abc	21.9	bcd	10.4	2.14 abc
ADK 728	45.3	abc	46.7	ab	21.9	bcd	9.9	1.86 bcd
ADK 733	41.0	bcd	46.2	abc	21.5	bcd	9.6	2.19 abc
MAE 9301	45.6	ab	47.9	a	25.8	a	8.4	1.42 cd
V.F.	**		*		**		ö.d	**
V.K. (%)	6.9		2.4		8.8		11.2	3.2
A.Ö.F. (t h <sup>-1</sup> )	4.89		1.82		3.14		--	0.97

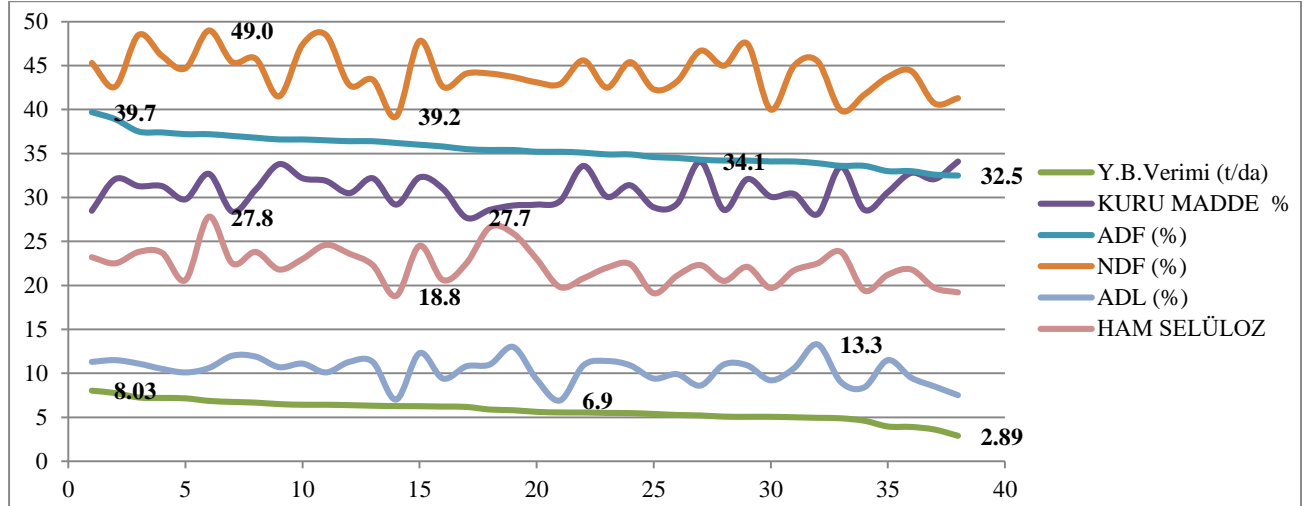
\*\* : 0.01 düzeyinde önemli, \* : 0.05 düzeyinde önemli, ö.d: istatistiki olarak önemli değildir.

**Çizelge 4.** Kendilenmiş mısır hatları ile oluşturulan yarım diallel melez kombinasyonları

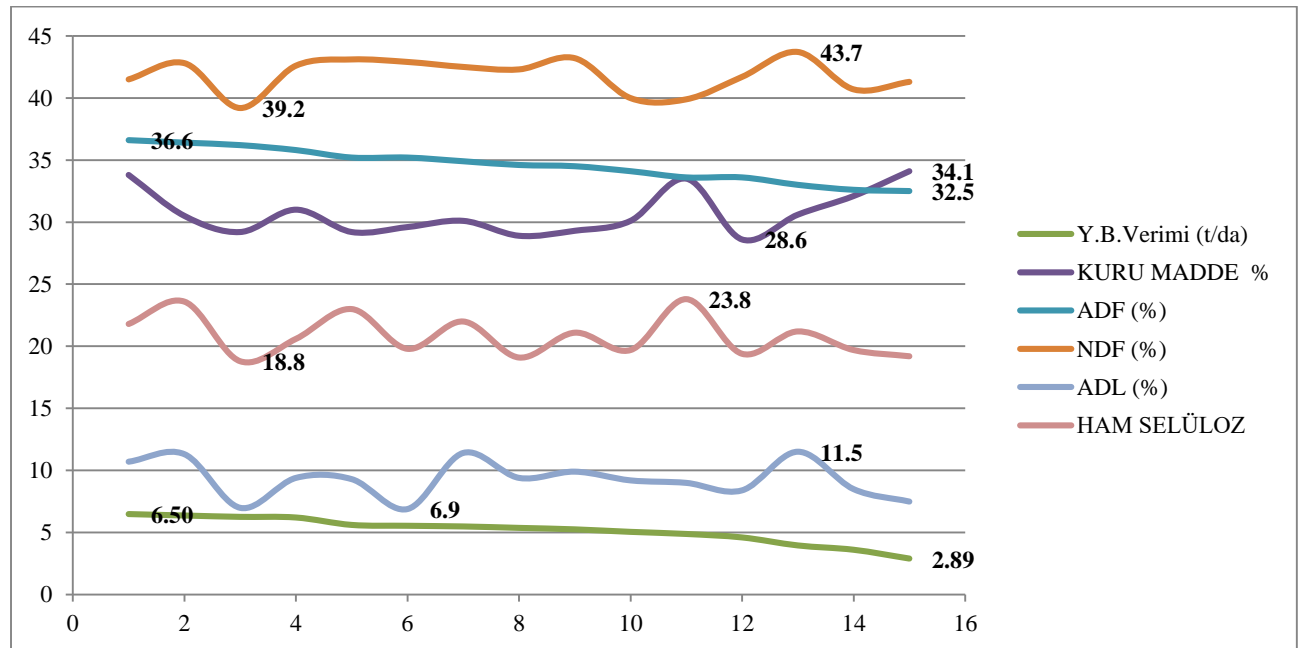
No	Kombinasyonlar	No	Kombinasyonlar
1	ADK-514-1 X ADK-689	19	ADK-694 X ADK-720
2	ADK-514-1 X ADK-694	20	ADK-694 X ADK-733
3	ADK-514-1 X ADK-438	21	ADK-694 X ADK-604
4	ADK-514-1 X ADK-451	22	ADK-438 X ADK-451
5	ADK-514-1 X ADK-533	23	ADK-438 X ADK-533
6	ADK-514-1 X ADK-720	24	ADK-438 X ADK-720
7	ADK-514-1 X ADK-733	25	ADK-438 X ADK-733
8	ADK-514-1 X ADK-604	26	ADK-438 X ADK-604
9	ADK-689 X ADK-694	27	ADK-451 X ADK-533
10	ADK-689 X ADK-438	28	ADK-451 X ADK-720
11	ADK-689 X ADK-451	29	ADK-451 X ADK-733
12	ADK-689 X ADK-533	30	ADK-451 X ADK-604
13	ADK-689 X ADK-720	31	ADK-533 X ADK-720
14	ADK-689 X ADK-733	32	ADK-533 X ADK-733
15	ADK-689 X ADK-604	33	ADK-533 X ADK-604
16	ADK-694 X ADK-438	34	ADK-720 X ADK-733
17	ADK-694 X ADK-451	35	ADK-720 X ADK-604
18	ADK-694 X ADK-533	36	ADK-733 X ADK-604

Yarım diallel melez kombinasyonları üç kontrol çeşit ile tesadüf blokları deneme deseninde 3 tekrarlamalı, parsel uzunluğu 5 m, sıra arası 70 cm ve sıra üzeri 15 cm olacak şekilde denemeye alınmıştır. Denemede YBV 2.89-8.03 t ha<sup>-1</sup>, kuru madde % 27.7-34.1, ham selüloz % 18.8-27.8, ADF

% 32.5-39.7, NDF % 39.2-49.0 ve ADL % 6.9-13.3 değerleri arasında değişmiştir (Şekil 1). Başaran ve ark., (2017), dokuz silajlık mısır çeşidi ile yaptıkları çalışmalarında ADF ve NDF değerlerini sırasıyla % 31.30-37.47 ve % 50.53-60.40 arasında bulmuşlardır. Yarım diallel melezlerin ADF değerleri bu çalışma ile benzer ve NDF değerleri ise daha düşük bulunmuştur. YBV ve silaj kalite değerleri birlikte incelenerek 15 kombinasyon seçilmiştir. Seçilen kombinasyonların YBV ve silaj kalite en düşük ve en yüksek değerleri Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 1. Yarım diallel melezlerin YBV ve silaj kalite parametreleri en düşük ve en yüksek değerleri

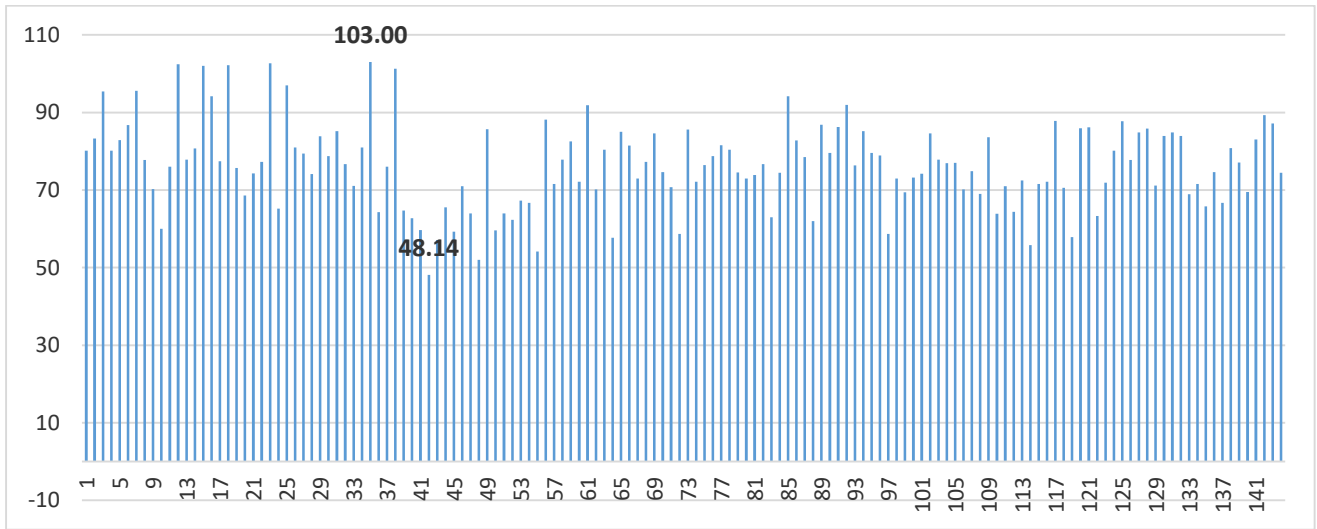


Şekil 2. Yarım diallel melezlerin verim denemesinden seçilen 15 melez kombinasyonunun YBV ve silaj kalite parametreleri en düşük ve en yüksek değerleri

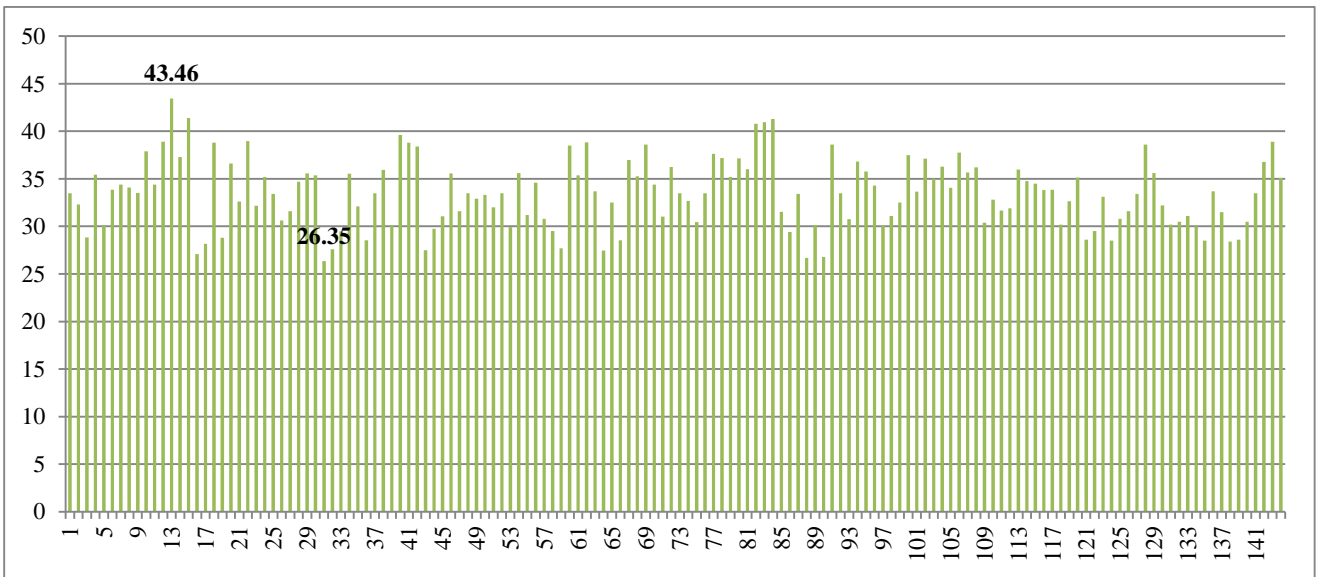
Seçilen 15 melez kombinasyonunun stokta bulunan F<sub>1</sub> tohumundan eşit miktar karıştırılarak en az 3000 bitki olacak şekilde iki farklı zamanda ekim yapılmıştır. Parsellerde sıra uzunluğu 5 m, sıra arası 70 cm ve sıra üzeri 18 cm olarak rekombinasyon bloğu ekilmiştir. Rekombinasyon bloğunda bitkilerin koçan nüveleri izolasyon kağıdı ile kapatılmıştır. Bu bitkilerde tepe püskülleri ana ekseninde % 50 çiçeklenme olduğu zaman izolasyon kağıtları ile kapatılmış ve koçan püskülleri 2-3 cm olunca tepe

püsküllerinden polenler alınıp tam kardeş kendileme işlemi yapılmıştır. Döllenen koçanlar izolasyon kağıdı ile kapatılarak hasada kadar muhafaza edilmiştir. Hasatta alınan koçanlar bir araya tanelenerek popülasyon ıslahının başlangıç materyali oluşturulmuştur.

S<sub>1</sub> tekrarlamalı seleksiyon metodu gereği elde edilen başlangıç popülasyonu 5000 bitki olacak şekilde 5 m uzunluğunda parsellere 70 cm sıra arası ve 18 cm sıra üzeri olacak şekilde ekilmiştir. Parsellerde en sağlıklı bitkilerde koçan nüveleri kapatılmış ve aynı bitkideki tepe püskülü izole edilmiştir. Koçan püskülü dölllenme olgunluğuna geldiğinde aynı bitkinin tepe püskülündeki izole edilen polen alınarak elle tozlaşma işlemi yapılmıştır. Hasatta, 562 adet kendileme yapılmış koçanın içinden 142 koçan seçilmiştir. Her bir koçan bir aileyi temsil etmektedir. Seçilen S<sub>1</sub> aileleri ile 12×12 basit dengeli lattice deneme deseninde 2 tekrarlamalı, 2 sıralı, 5 m parsel uzunluğu, sıra arası 70 cm ve sıra üzeri 15 cm olacak şekilde döl kontrol verim denemesi kurulmuştur. Denemede iki adet kontrol çeşit de yer almıştır. Denemede yer alan genotiplerin YBV değerleri 48.14-103.00 t ha<sup>-1</sup>, ADF % 26.4-43.5, NDF % 37.4-65.4, ADL % 0.8-9.8, ham selüloz % 9.3-25.7 arasında değişmiştir (sırasıyla Şekil 3, 4, 5, 6, 7).

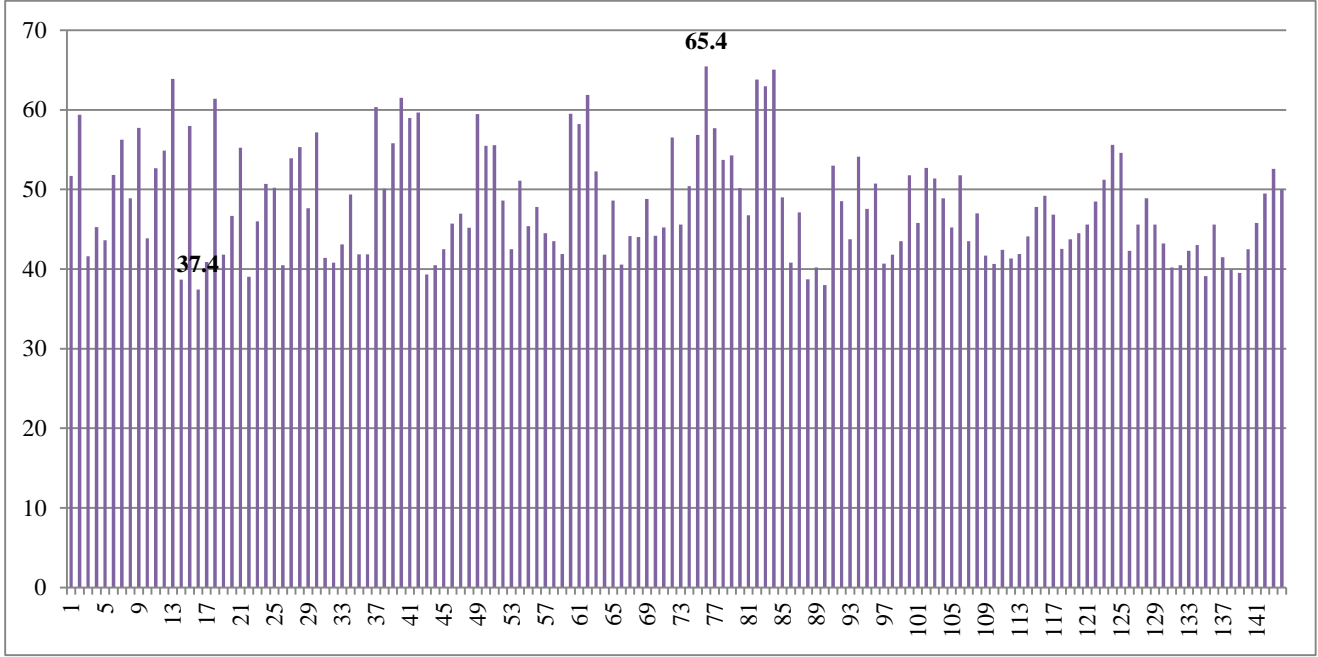


Şekil 3. 12×12 Döl kontrol verim denemesinde yer alan ailelerin YBV (t ha<sup>-1</sup>) değerleri

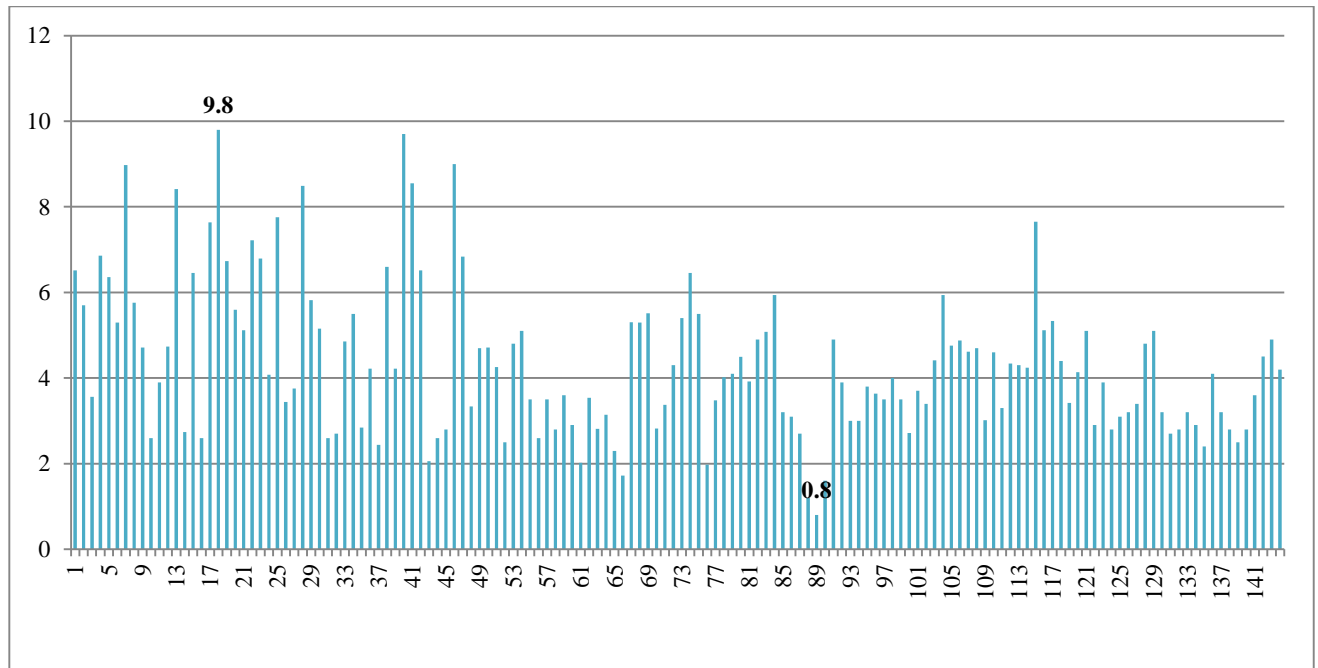


Şekil 4. 12×12 Döl kontrol verim denemesinde yer alan ailelerin ADF (%) değerleri





Şekil 5. 12×12 Döl kontrol verim denemesinde yer alan ailelerin NDF (%) değerleri

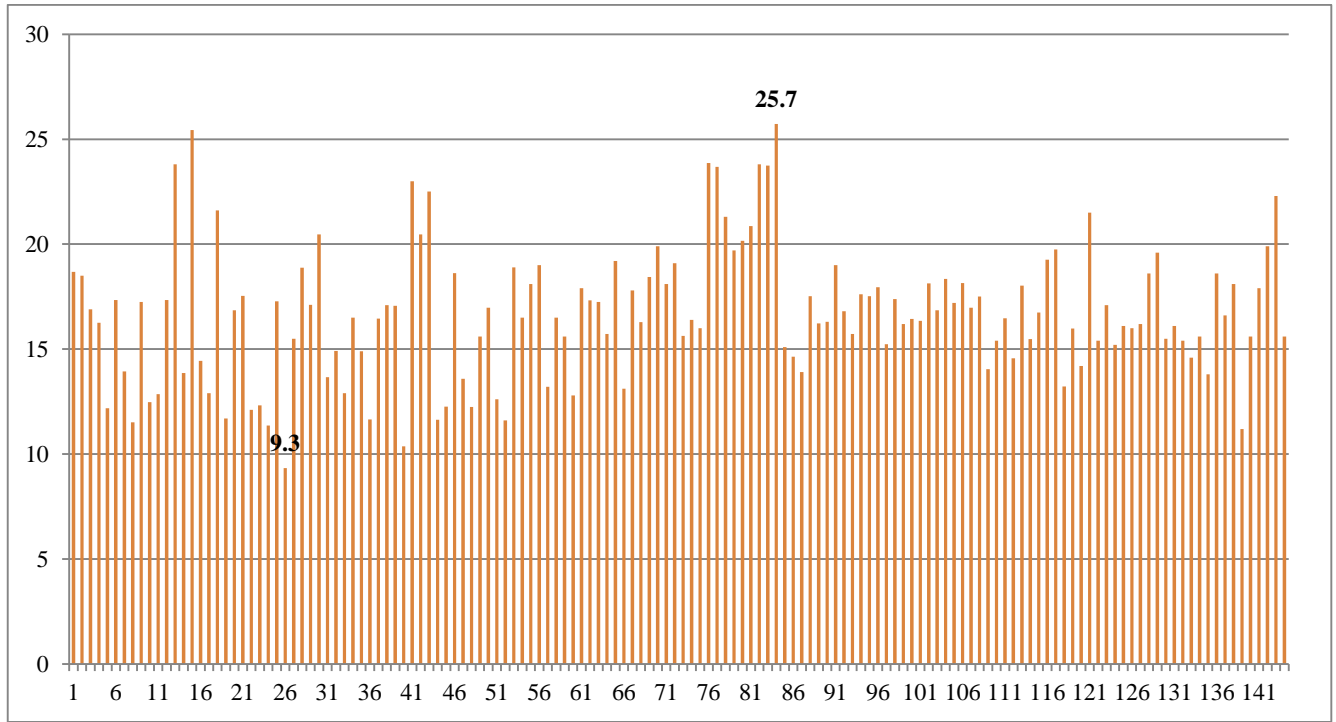


Şekil 6. 12×12 Döl kontrol verim denemesinde yer alan ailelerin ADL (%) değerleri

Döl kontrol verim denemesi sonuçları ile silaj kalite değerleri dikkate alınarak popülasyondan 32  $S_1$  aile seçilmiştir. Seçilen ailelerde YBV 57.14-102.0 t ha<sup>-1</sup>, ADF % 26.4-32.8, NDF % 38.0-43.1, ADL % 0.8-7.6 ve ham selüloz % 9.3-22.5 arasında değişmiştir.

Seçilen 32 ailenin stokta bulunan  $S_1$  koçanlarından ikişer sıralı ana parselleri ve her birinden eşit miktar alınarak karıştırılıp ikişer sıralı baba parselleri Şekil 8'de verilen plana göre ekilmiştir. Rekombinasyon bloğunda ana parsellerde koçan nüveleri püskül çıkarmadan, baba sıralarda ise tepe püskülleri polen dökmeye başladığında izole edilmiş ve el ile tozlaşma gerçekleştirilmiştir. Döllenen koçanlar izolasyon kağıdı ile kapatılarak hasada kadar muhafaza edilmiştir. Hasatta alınan koçanların

tamamı bir araya tanelenmiştir. Rekombinasyon bloğundan alınan tohumlar ADASLJSYN S<sub>1</sub> (C<sub>1</sub>) sentetik popülasyonunu temsil etmektedir.



Şekil 7. 12×12 Döl kontrol verim denemesinde yer alan ailelerin ham selüloz (%) değerleri



Şekil 8. Rekombinasyon bloğu ekim planı; A-ana, B-baba parseller

## SONUÇ

Sentetik kaynak materyal geliştirme sürecine bir döngü S<sub>1</sub> tekrarlamalı seleksiyon yöntemi eklenerek uygulanan bu çalışma sonucunda silaj amaçlı mısır ıslah programlarında kullanılmak üzere kaynak materyal geliştirilmiştir. Elde edilen popülasyon yeni kendilenmiş hatların geliştirilmesinde kaynak materyal olarak ve DH hatların elde edilmesinde donör olarak 2017 yılından beri kullanılmaktadır. ADASLJSYN S<sub>1</sub> (C<sub>1</sub>) popülasyonunda ıslah döngüsü silaj kalite değerleri belirlenmiş yeni hatlar, yöntemin rekombinasyon bloğunda eklenerek devam ettirilebilir.

## TEŞEKKÜR

Bu makale, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından 2009-2018 yılları arasında desteklenen “Marmara Bölgesi Mısır Islah Araştırmaları” projesinden türetilmiştir. Mısır Araştırma Enstitüsü’ne sağladığı olanaklardan dolayı teşekkür ederiz.

**KAYNAKLAR**

- Akyıldız AR, 1984. Yemler Bilgisi Laboratuvar Kılavuzu. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 895, Uygulama Kılavuzu: 213, Ankara, 227s.
- Anonim, 2020a. World Agricultural Production, Circular Series, WAP 4-20, <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>. (Date of access: 13 April 2020).
- Anonim, 2020b. Türkiye İstatistik Kurumu, Tahıllar ve Diğer Bitkisel Ürünler, Yem Bitkileri , [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1001](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001) (Erişim tarihi: 13.04.2020).
- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis, AOAC International, Gaithersburg, MD.
- Barnes RF, Muller LD, Bauman LF, Colenbender VF, 1971. In Vitro Dry Matter Disappearance of Brown Midrib Mutants of Maize (*Zea mays* L.). Journal of Animal Science, 33:4.
- Başaran U, Gülümser E, Çopur Doğrusöz M, Mut H, Şahin A, 2017. Farklı Silajlık Mısır Çeşitlerinin Hamur Olum Döneminde Silaj ve Tane Özelliklerinin Belirlenmesi. KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi, 21(Özel Sayı): 1-5.
- Frey TJ, Coors JG, Shaver RD, Lauer JG, Eilert DT, Flannery PJ, 2004. Selection for Silage Quality in the Wisconsin Quality Synthetic and Related Maize Populations. Crop Science, 44: 1200-1208.
- Goering HK, Van Soest PJ, 1970. Forage Fiber Analysis. Agriculture Handbook No.379, Washington DC, p. 829-835.
- Griffing B, 1956. Concept of General and Specific Combining Ability in Relation to Diallel Crossing Systems. Australian Journal of Biological Sciences, 9: 463-493.
- Hallauer AR, 1981. Selection and Breeding Methods. Plant Breeding II. Iowa State University Press, Ames. p.3-55.
- Hallauer AR, Carena MJ, Filho M, 2010. Quantitative Genetics in Maize Breeding. Handbook of Plant Breeding. Springer Press. Newyork. USA.
- Jones L P, Compton WA, Gardner CO, 1971. Comparison of Full And Half-Sib Reciprocal Recurrent Selection. Theoretical and Applied Genetics, 41: 36-39.
- Lamkey KR, Schnicker BJ, Gocken TL, 1993. Choice of Source Populations for Inbred Line Development. Annual Corn and Sorghum Research Conference of Proceeding, 48:91-103.
- Pollmer WG, Phipps RJ, 1980. Improvement of Quality Traits of Maize for Grain and Silage Use. Nijhoff, The Hague, 504p.
- Singh J, 1987. Field Manual of Maize Breeding Procedures. FAO.
- Sriwatanapongse S, 1987, Türkiye'de Mısır Üretim Potansiyeli (Çeviren: Engin Kınacı), Türkiye'de Mısır Üretimini Geliştirilmesi, Problemler ve Çözüm Yolları Sempozyumu, 23-26 Mart 1987, Ankara.
- Şekerden Ö, 1997. Türkiye'de Silaj. Türkiye Birinci Silaj Kongresi, 16-19 Eylül 1997. Hasad Yayıncılık, BURSA.
- TTSM, 2018. Tarımsal Değerleri Ölçme Denemeleri Teknik Talimatı, Mısır. Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü Yayınları. Ankara.
- Yaylak E, Alççek A, 2003. Sığır Besiciliğinde Ucuz Bir Kaba Yem Kaynağı: Mısır Silajı. Hayvansal Üretim, 44(2): 29-36.
- Zeng SX, 1990. Germplasm Base of Maize Hybrids in China. Scientia Agricultura Sinica, 23: 1-9.

**Hindiba ile Ak Üçgül veya Domuz Ayrığı Karışımlarının Silaj Kalitesinin Belirlenmesi**Mehmet CAN<sup>1</sup>, Zeki ACAR<sup>1\*</sup>, İlknur AYAN<sup>1</sup>, Erdem GÜLÜMSER<sup>2</sup>, Hanife MUT<sup>2</sup>

**ÖZET:** Türkiye de kaliteli kaba yem üretimini artırmanın yanında, üretilen yemi hayvanların tüketeceği zamana kadar en az kalite kaybı ile muhafaza etmek çok önemlidir. Bu noktada ülkemizde hem üretilen yem bitkisi türlerinin arttırılması, hem de yeni türlerin silaj yapım tekniklerinin ortaya konulması gereklidir. Bu çalışmada hindibanın (*Cichorium intybus* L.) “H” ak üçgül (*Trifolium repens* L.) “AÜ” veya domuz ayrığı (*Dactylis glomerata* L.) “DA” ile karışımlarının (% 100:0, 80:20, 60:40, 40:60 ve 20:80) silaj kalite özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bitkiler silaj amacıyla hasat edildikten sonra 2 cm boyutunda parçalanmıştır. Daha sonra vakum poşetlerine doldurularak 25±2 °C’de 45 gün süre ile silolanmıştır. Silo örneklerinde 45. gün sonunda kuru madde oranı, pH, ham protein oranı, laktik asit, asetik asit, bütirik asit oranı ile potasyum, fosfor, kalsiyum, magnezyum, sodyum, demir, mangan, çinko, bakır ve molibden içerikleri belirlenmiştir. Silajların Flieg puanı 75.60 ile 99.62 arasında değişmiş ve silajlar iyi ve pekiyi kalite sınıfında yer almıştır. En yüksek ham protein oranı yalnız ak üçgül (% 19.11), % 40H+60AÜ (% 18.26) ve % 20H+80AÜ (% 18.39), en düşük ise % 12.11 ile yalnız domuz ayrığı silajında belirlenmiştir. Silajlarda asetik ve bütirik asit sırasıyla % 0.048-0.224 ve % 0.002-0.015 arasında değişmiştir. En yüksek laktik asit oranı % 3.088 (yalın domuz ayrığı), % 2.925 (% 20H+80DA), % 2.739 (% 20H+80AÜ) ve % 2.811 (% 40H+60AÜ) olmuştur. Mineral içerikler bakımından hindiba ile ak üçgül karışımları daha üstün performans göstermiştir. Buna göre tüm silaj kalite özellikleri birlikte değerlendirildiğinde; hindibanın ak üçgül ile 40:60 ve 20:80 karışımlarından elde edilen silajların daha iyi olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Hindiba, ak üçgül, domuz ayrığı, karışım, silaj, kalite.

**Silage Quality of Chicory Binary Mixtures with White Clover and Orchard Grass**

**ABSTRACT:** In Turkey, farmers have started to give importance to silage production of solve the roughage problem. Although corn is generally preferred for silage production, there has been an increase in the silage production of mixtures of different plants in recent years. The aim of the current study was to determine the silage quality of mixtures (100:0, 80:20, 60:40, 40:60 and 20:80%) of chicory (*Cichorium intybus* L.) “C” white clover (*Trifolium repens* L.) “WC”, and orchard grass (*Dactylis glomerata* L.) “OG”. Plants were harvested and chopped in size of 2 cm in size. Then, they were filled in vacuum bags and stored at 25 ± 2 °C for 45 days. End of the 45<sup>th</sup> day, silo samples were investigated for dry matter ratio, pH, crude protein ratio, lactic acid, acetic acid, butyric acid ratios with potassium, phosphorus, calcium, magnesium, sodium, iron, manganese, zinc, copper, and molybdenum contents. The Flieg score of the silages ranged from 75.60 to 99.62, and the silages were good and very good in the quality class. The highest crude protein content was determined in sole white clover (19.11%), 40C+60 WC% (18.26%), and 20C+80WC% (18.39%), while the lowest was 12.11% (100 OG %). Acetic and butyric acid ranged between 0.048-0.224% and 0.002-0.015%, respectively. The highest lactic acid was determined 3.088% (100 OG %), 2.925% (20C+80OG %), 2.739% (20C+80WC %), and 2.811% (40C+60WC %). Chicory and white clover mixtures showed superior performance in terms of mineral contents. Accordingly, when all silage quality properties are evaluated together; it was found that silages obtained from the mixture of 40:60 and 20:80 of chicory and white clover are better than the others.

**Keywords:** Chicory, white clover, orchard grass, mixture, silage, quality.

<sup>1</sup>Mehmet CAN (Orcid ID: 0000-0003-0230-6209), Zeki ACAR (Orcid ID: 0000-0002-0484-1961), İlknur AYAN (Orcid ID: 0000-0002-5097-9013), Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü,

<sup>2</sup>Erdem GÜLÜMSER (Orcid ID: 0000-0001-6291-3831), Hanife MUT (Orcid ID: 0000-0002-5814-5275), Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bilecik, Türkiye.

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Zeki ACAR, e-mail: zekiacar@omu.edu.tr

## GİRİŞ

Hayvanların beslenmesinde kaliteli kaba yemler oldukça önemlidir. Çünkü, bir işletmenin girdi maliyetlerinin % 70-80'ini yem masrafları, bunun da çoğunluğunu kaba yemler oluşturmaktadır. Ancak Türkiye’de halen hayvanların yeterli ve dengeli beslendiğini söylemek mümkün değildir. Nitekim Türkiye’de 2018 yılı verilerine göre, 19 milyon BBHB için yıllık 86 milyon ton kaliteli kaba yem gereksinimi bulunurken, karşılanan miktar 30 milyon, açık ise 56 milyon tondur (Acar ve ark., 2020).

Son yıllarda üreticiler kaliteli kaba yem sorununun çözümü için silaj üretimine önem vermeye başlamıştır. Nitekim kuru ota göre daha az besin kaybının olması ve besi hayvanlarının canlı ağırlığında artışlar meydana getirmesi silajı daha da cazip hale getirmiştir (Han ve ark., 2004; Hancock ve Collins, 2006). Su içeriği yüksek yeşil yemlerin oksijensiz ortamda laktik asit bakterileri tarafından fermentasyonu sonucu elde edilen silaj üretiminde kullanılan bitkilerin başında mısır gelirken, birçok bitki yalın olarak veya karışımlar silaj yapımında kullanılabilir. Bu karışımların oluşturulmasında genellikle baklagil ve tahıllar tercih edilmektedir. Baklagiller silajı protein ve besin elementi, tahıllar ise karbonhidrat (enerji) bakımından zenginleştirmektedir. Ancak, son zamanlarda farklı bitkilerin silaja işlenmesi konusunda da çalışmalar yapılmaktadır. Örneğin, Öztürk ve ark., (2020) yem şalgamı ile yulaf karışımlarının silaj kalitesinin belirlenmesi için yürüttükleri çalışmada, en iyi karışımın % 60 yem şalgamı + % 40 yulaf olduğunu bildirmiştir.

Asteraceae familyasına ait olan hindiba (*Cichorium intybus* L.) kısa ömürlü-çok yıllık bir bitkidir. Dünyada farklı amaçlarla kültürü yapılan ve gittikçe yaygınlaşan hindiba bitkisi artan kullanımına rağmen, ülkemizde çok fazla bilinmemekte ve bu bitki üzerinde farmakoloji (Süntar ve ark., 2012), sebze amaçlı kullanımı (Kaya ve ark., 2004) ve ağır metal alımı (Aksoy, 2008) gibi alanlarda yapılan bir kaç çalışma bulunmaktadır.

Bitki sahip olduğu güçlü kök yapısı sayesinde yüksek sıcaklıklara karşı oldukça toleranslıdır ve bu özelliği sayesinde yaz döneminde yeşil kalabilmektedir (Kiers ve ark., 1999). Dolayısıyla da diğer türlerin kurduğu ya da dormant hale geçtiği bu dönemlerde hayvanlar için yeşil yem sağlamaktadır. Scales ve ark. (1994) hindibanın buğdaygiller ile kıyaslandığında daha yüksek besin elementine sahip olduğunu, bazı yonca türlerine ise benzer olduğunu bildirmiştir. Farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda ise hindibanın protein oranının yüksek, selüloz ve hemiselüloz oranının ise düşük olduğu bildirilmiştir (Athanasidou ve ark., 2007; Başaran ve ark., 2019).

Bitkinin yem değerinin ortaya konulması ile ilgili bazı çalışmalar olsa da, silaj kalitesi açısından çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Bu itibarla söz konusu çalışmada, hindibanın ak üçgül veya domuz ayrığı ile ikili karışımlarının ve bitkilerin yalın silolanması sonrasındaki kalite özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada hindibanın ak üçgül veya domuz ayrığı ile karışımlarından (% 100:0, 80:20, 60:40, 40:60 ve 20:80) elde edilen silajlarının kalite özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Çalışmada hindibanın “Grassland Puna II” ak üçgülün “Liflex” domuz ayrığının ise “Lidacta” çeşitleri kullanılmıştır. Arazi çalışmaları 2018–2019 yılları arasında Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Araştırma arazisinde yürütülmüştür. Tarla denemesi Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre 3 tekrarlı olarak kurulmuştur. Araştırmada kullanılan türler yalın ve ikili karışımlar (H+AÜ ve H+DA) halinde ekilmiştir. Sıra arası mesafe 20 cm, parsel boyu 3.5 m olarak ayarlanırken, yalın ekimlerde 4 sıra, ikili karışımlarda 6 sıra yer almıştır. Karışım parsellerinde türler farklı sıraya gelecek şekilde ekilmiştir. Tohumluk miktarı olarak ise hindiba 2 kg da<sup>-1</sup>, ak üçgül



1 kg da<sup>-1</sup> ve domuz ayrığı ise 3 kg da<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Ekimle birlikte 6 kg da<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve 5 kg da<sup>-1</sup> N, sonbaharda tüm parsellere 4 kg da<sup>-1</sup> N uygulanmıştır. Hasat yalın hindiba ve karışımlarda hindibanın çiçeklenme, yalın ak üçgülde kömeçte meyvelerin olduğu dönemde, yalın domuz ayrığında ise süt olum döneminde yapılmıştır. Bitkiler hasat edilmiş ve 2 cm boyutunda (Alaca ve Özasan Parlak, 2017) parçalanmıştır. Silaj örnekleri vakumlu silaj paketlerine doldurulmuş ve havaları alınarak, sıkıca kapatılmıştır. Kapatılan silaj vakum poşetleri ise daha sonra 45 gün süre zarfında 25±2 °C’de muhafaza edilmiştir.

Fermentasyonu tamamlayan ve ağızları açılan örneklerden 20 g alınarak üzerlerine 100 ml saf su ilave edilmiş ve blender yardımıyla karıştırılmıştır. Filtre kâğıdından süzülen örneklerin ilk önce pH metre yardımı ile pH’ları ölçülmüştür. Daha sonra bu örneklerin organik asitlerinin (laktik, asetik ve bütirik) belirlenmesi amacıyla + 4 °C’de saklanmıştır. Örneklerin organik asitleri, HPLC, besin elementleri ise (potasyum, fosfor, kalsiyum, magnezyum, sodyum, demir, mangan, çinko, bakır ve molibden) ICP-MS cihazı kullanılarak belirlenmiştir.

Vakum poşetlerinden alınan silaj örnekleri etüvde 105 °C’de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş ve kuru madde oranları tespit edilmiştir. Ayrıca kuru madde oranı ile pH değerleri kullanılarak silajların Flieg puanları belirlenmiştir.

Flieg Puanı:  $220 + (2 \times \% \text{ Kuru Madde} - 15) - 40 \times \text{pH}$  (Kılıç, 1984)

Silajların Flieg puanlarına göre ise silajların kalite sınıfları tespit edilmiştir. Flieg puanlaması 100 puan üzerinden yapılmış ve 5 kalite sınıfına ayrılmıştır. 81-100 arasında olan silajlar pekiyi, 61-80 arasında olan silajlar iyi, 41-60 arasında olan silajlar orta, 21-40 arasında olan silajlar düşük ve 0-20 arasında olan silajlar ise kötü olarak nitelendirilmiştir.

Silajlar 60°C’de etüvde kurutulmuş ve değirmende (1 mm) öğütülmüştür. Daha sonra örneklerin protein oranlarının belirlenmesi için Kjeldahl yöntemi kullanılarak azot içerikleri tespit edilmiştir. Belirlenen azot miktarları ise 6.25 olan protein dönüşüm faktörü ile çarpılmıştır.

Elde edilen sonuçlar SPSS 20.0 istatistik paket programı kullanılarak Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre analiz edilmiş, grup ortalamaları arasındaki farklılıkların karşılaştırılmasında Duncan testi kullanılmıştır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Hindiba ile ak üçgül ve domuz ayrığının karışımlarına ait kuru madde oranı, pH ve Flieg puanları Çizelge 1’de verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda, silajlar arasında kuru madde oranı (P<0.01), Flieg puanı (P<0.01) ve pH değeri (P<0.05) bakımından istatistiki olarak önemli farklılıklar tespit edilmiştir.

Silajların kuru madde oranı % 28.90 (yalın ak üçgül) - 37.05 (% 60H+40DA olarak) arasında değişim göstermiştir. Silo materyalinde kuru madde oranının % 25 ile % 40 arasında olması gerekmektedir (Panyasak ve Tumwasorn, 2013). Zira kuru madde oranı % 40’ın üzerine çıkarsa, selüloz ve hemiselüloz oranının artmasından dolayı, bitkinin lezzetliliği ve sindirilme oranı düşer. Diğer taraftan kuru madde oranı % 25’in altına düşerse, silaj için enerji kaynağı olan karbonhidrat miktarı azalmaktadır. Buna göre tüm silajların kuru madde değeri % 25 ile % 40 arasında olmuştur. Silajlar arasındaki kuru madde oranı farklılığı büyük ölçüde türlerin karışım içindeki oranlarının farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Nitekim, kuru madde oranı daha yüksek olan domuz ayrığının yer aldığı karışımlarda kuru madde oranı daha yüksek iken, ak üçgül karışımlarında daha düşüktür. McDonald ve ark., (1991) silajın fermentasyonu sırasında oluşan pH’nın silo yeminin ekşiyip ekşimeydiğini gösteren bir sayısal ölçü olduğunu bildirmektedir. Buna göre, silo materyalinde pH değerinin 5’in altında olması gerekmektedir (Filya, 2001). Ancak, yüksek kaliteli silajlarda pH’nın 4.0-4.5 aralığında olması istenir.

Bu, aynı zamanda, silajın uzun süre bozulmadan saklanabilmesi için de gereklidir (Acar ve ark., 2019). Silajlar arasındaki pH farklılıkları, türlerin karbonhidrat içerikleri, kuru madde oranları ve kontrol edilemeyen hatalardan kaynaklanmış olabilir. Çalışmada silajların pH değerleri 4.29 ile 4.68 arasında değişmiş ve kritik seviyenin altında olmuştur. Farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda, silajın pH'sı ile ters, kuru madde oranı ile aynı yönlü olmak üzere Flieg puanı arasında önemli bir ilişki olduğu bildirilmektedir (Woolfort, 1984; İptaş ve Avcıoğlu, 1993). Bu itibarla yalın ak üçgül (75.60), % 80H+20AÜ (82.99) % 60H+40AÜ (83.61) dışında kalan silajlar aynı istatistiksel grupta yer almış ve en yüksek Flieg puanına sahip olmuştur. Yalın ak üçgül silaj kalitesi bakımından iyi sınıfta yer alırken, diğer silajlar pekiyi sınıfta yer almıştır.

**Çizelge 1.** Silajlarda belirlenen pH, kuru madde oranı, Flieg puanı ile kalite sınıfları

Karışımlar	Kuru madde (%)**	pH *	Flieg puanı**	Silaj kalite sınıfı
100H	33.08 a-d	4.59 ab	87.75 ab	Pekiye
100AÜ	28.90 d	4.68 a	75.60 c	İyi
100DA	36.01 a	4.51 abc	96.82 a	Pekiye
80H+20AÜ	31.00 bcd	4.60 ab	82.99 bc	Pekiye
80H+20DA	34.31 abc	4.35 bc	99.62 a	Pekiye
60H+40AÜ	31.21 bcd	4.60 ab	83.61 bc	Pekiye
60H+40DA	37.05 a	4.52 abc	98.43 a	Pekiye
40H+60AÜ	30.43 cd	4.29 c	94.12 ab	Pekiye
40H+60DA	35.34 ab	4.42 abc	98.87 a	Pekiye
20H+80AÜ	30.90 bcd	4.32 c	94.19 ab	Pekiye
20H+80DA	35.98 a	4.47 abc	98.03 a	Pekiye

\*:p<0.05, \*\*:p<0.01. Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur. H: Hindiba, AÜ: Ak üçgül; DA: Domuz ayrığı.

**Çizelge 2.** Silajlara ait ham protein, laktik ve asetik asit oranları (%)

Karışımlar	HPO**	LA*	AA**	BA**
100H	13.93 c	1.931 e	0.198 ab	0.010 abc
100AÜ	19.11 a	2.526 bc	0.060 c	0.015 a
100DA	12.52 de	3.088 a	0.211 ab	0.004 de
80H+20AÜ	15.51 b	2.023 de	0.183 ab	0.012 ab
80H+20DA	12.11 e	2.007 de	0.048 c	0.007 cde
60H+40AÜ	16.05 b	1.852 e	0.224 a	0.010 abc
60H+40DA	12.92 de	1.827 e	0.207 ab	0.002 e
40H+60AÜ	18.26 a	2.811 abc	0.116 bc	0.010 abc
40H+60DA	12.87 de	2.428 cd	0.211 ab	0.007 cd
20H+80AÜ	18.39 a	2.739 abc	0.209 ab	0.013 ab
20H+80DA	13.38 cd	2.925 ab	0.158 ab	0.009 bc

\*:p<0.05, \*\*:p<0.01. Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur. H: Hindiba, AÜ: Ak üçgül; DA: Domuz ayrığı; HPO: Ham protein oranı; LA: Laktik asit; AA: Asetik asit; BA: Bütirik asit.

Silajların ham protein, laktik, asetik ve bütirik asit oranları Çizelge 2'de verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda, ham protein, asetik asit ve bütirik asit (p<0.01), laktik asit bakımından (p<0.05) istatistiki olarak önemli farklılıklar olmuştur. En yüksek ham protein oranı yalın ak üçgül silajında (% 19.11) belirlenmiş, bunu sırasıyla % 40H+60AÜ (% 18.26) ve % 20H+80AÜ (% 18.39) silajları takip etmiş ve söz konusu bu 3 silaj istatistiki olarak farksız bulunmuştur. En düşük ham protein oranı ise % 12.11 ile yalın domuz ayrığı silajında belirlenmiştir. Çalışmada ak üçgülün oranının artması ile ham protein oranı da artmıştır. Bu durum ak üçgülün baklagil olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca hindibanın ham protein içeriği domuz ayrığından daha yüksek olmuştur. Mut ve ark., (2020) yonca ile

bazı arkadaş bitkilerin (Macar fiği, yem şalgamı, yulaf) karışımları ile elde ettikleri silajın ham protein oranının % 10.28 ile % 20.92, Can ve ark., (2019) ise orman üçgülü ve yulaf karışımlarının silajlarının ham protein oranının % 7.51 ile % 16.13 arasında değiştiğini bildirirken, aynı çalışmalarda karışımlarda baklagil oranlarının artmasıyla silajların ham protein oranlarının da arttığı belirtilmiştir. En yüksek laktik asit oranı % 3.088 (yalın domuz ayrığı) olarak tespit edilmiş, bunu sırasıyla % 2.925 (% 20H+80DA), % 2.739 (% 20H+80AÜ) ve % 2.811 (% 40H+60AÜ) takip etmiş ve söz konusu LA oranları istatistiki olarak farksız bulunmuştur. Yalın silajların laktik asit içeriği ise sırasıyla domuz ayrığı > ak üçgül > hindiba şeklinde olmuştur. Domuz ayrığının diğer yalın silajlara göre daha yüksek laktik asit içermesi, karbonhidrat içeriğinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, yalın hindiba (% 1.931) ile birlikte %60H+40DA (% 1.827) ve % 60H+40AÜ (% 1.852) dışında kalan silajların laktik asit içerikleri kaliteli bir silo yemi içerisinde bulunması gereken laktik asit oranının (% 2) (Alçıçek ve Özkan, 1996; Açıkgoz, 2002) üzerinde yer almıştır (Çizelge 2). Silajda istenmeyen asitler olarak da bilinen asetik ve bütirik asit miktarı sırasıyla % 0.048 (% 80H+20DA) – 0.224 (% 60H+40AÜ) ve % 0.002 (% 60H+40DA) – 0.015 (yalın ak üçgül) arasında değişmiştir. Kaliteli bir silajda asetik asit oranının % 0.8'in altında (Alçıçek ve Özkan 1996), bütirik asitin ise hiç bulunması istenmez (Woolford, 1984). Silajlarda asetik asit oranı kritik seviyenin altında iken, bütirik asit oranlarının da çok düşük düzeylerde olduğu saptanmıştır. Başaran ve ark., (2018) mürdümük ile arpa ve yulaf karışımları ile oluşturulan silajlarda asetik ve bütirik asit miktarının sırasıyla % 0.01-0.173 ile % 0.302-1.101 arasında değiştiğini bildirmiştir.

Hindibanın ak üçgül veya domuz ayrığı ile karışımlarından elde edilen silajların potasyum (K), fosfor (P), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg) ve sodyum (Na) içerikleri Çizelge 3'de verilmiştir. Buna göre, işlemlerin etkisi K, P, Mg ( $p<0.01$ ) ve Ca ( $p<0.05$ ) üzerinde önemli, Na üzerinde ise önemsiz olmuştur. Silajların K, P, Ca, ve Mg oranları sırasıyla % 1.679-2.728, % 0.221-0.379, % 0.554-1.019 ve % 0.357-0.621 arasında değişmiştir. Genel olarak hindiba+ak üçgül karışımlarının K, P, Ca ve Mg içerikleri hindiba+domuz ayrığı karışımlarına göre daha yüksek olmuştur. Yalın silajlar söz konusu elementler açısından karşılaştırıldığında ise ak üçgül > hindiba > domuz ayrığı şeklinde sıralandığı görülmektedir. Çalışmada ayrıca tüm işlemlerin K, P, Ca ve Mg içerikleri ruminantların rasyonunda bulunması gereken değerlerin (sırasıyla; % 0.8, % 0.3, % 0.21 ve % 0.1) (Periguad, 1970; Lamand, 1975; Tejada ve ark., 1985; Kidambi ve ark., 1989; NRC, 2001) üzerinde olmuştur. En yüksek Na oranı % 0.147 (% 80H+20DA), en düşük ise % 0.068 (yalın domuz ayrığı) olmuştur. NRC (2001) geniş getiren hayvanlar için Na içeriğinin en az % 0.07 olması gerektiğini bildirmiştir. Çalışmada yalın domuz ayrığı silajı dışında kalan işlemler bu değer üzerinde bulunmuştur. Can ve ark., (2019) orman üçgülü yulaf karışımlarına ait silajların K, P, Ca, Mg ve Na içeriklerinin sırasıyla % 1.511-2.225, % 0.232-0.301, % 0.300-1.117, % 0.118-309 ve % 0.058-0.353 arasında olduğunu bildirmiştir.

Farklı karışım oranlarında silolanan hindiba ile ak üçgül veya domuz ayrığına ait demir (Fe), çinko (Zn), bakır (Cu), Mangan (Mn) ve Molibden (Mo) içerikleri Çizelge 4'te verilmiştir. Silajların Zn, Mn ( $p<0.01$ ) ve Cu ( $p<0.05$ ) içerikleri arasında istatistiki olarak önemli farklılıklar bulunduğu belirlenmiştir. Fe ve Mo bakımından ise silajlar arasında istatistiksel olarak farklılık olmamıştır (Çizelge 4). Çalışmada silajların Fe içeriği 30 ile 60.23 ppm arasında değişmiştir. Farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda geniş getiren hayvanlar için Fe içeriğinin en az 50 ppm olması önerilmektedir (Periguad, 1970; Lamand, 1975). Yalın ak üçgül (30.02 ppm) ve % 80H+20DA (43.13 ppm) dışındaki işlemler bu seviyenin üzerinde olmuştur. En yüksek Zn 5.912 (yalın hindiba), 5.016 (yalın ak üçgül), 5.311 (% 80H+20AÜ) ve 5.636 (% 20H+80AÜ) ppm olarak belirlenmiştir. En düşük ise 3.533 ile % 60H+40AÜ ve 3.826 ppm ile yalın domuz ayrığı silajlarından elde edilmiştir. Büyükbaş hayvanların beslenmesinde Zn değerinin 43 ile 55 ppm arasında olması önerilmektedir (NRC, 2001). Çalışmada yalın

ve karışım olarak silolanın tüm işlemlerin Zn değeri istenen seviyeden düşük olmuştur. Silajların Mn, Cu ve Mo içerikleri sırasıyla 6.973-11.512 ppm, 1.286-2.062 ppm ve 0.062-0.091 ppm arasında değişmiştir. Bitkilerin mineral içerikleri bitki türlerine göre (Önal Aşçı ve Acar, 2018) ve yetiştirildikleri toprağın yapısına bağlı olarak değişmektedir. Örneğin, Yozgat ekolojik koşullarında yürütülen bir çalışmada; mürdümük ile arpa ve yulafın yalın ve ikili karışımlarının silajlarına ait Mn ve Cu içeriği sırasıyla 5.63-7.09 ve 0.850-1.069 ppm arasında değişmiştir (Başaran ve ark., 2018).

**Çizelge 3.** Silajlara ait K, P, Ca, Mg ve Na (%) oranları

Karışımlar	K**	P**	Ca*	Mg**	Na
100H	2.591 a	0.361 ab	0.873 ab	0.621 a	0.100
100AÜ	2.728 a	0.379 a	1.019 a	0.611 a	0.093
100DA	1.996 cd	0.306 abc	0.554 c	0.357 b	0.068
80H+20AÜ	2.341 abc	0.354 ab	0.877 ab	0.576 a	0.125
80H+20DA	2.066 bcd	0.316 abc	0.870 ab	0.426 b	0.147
60H+40AÜ	1.689 d	0.237 c	0.910 ab	0.365 b	0.107
60H+40DA	1.679 d	0.221 c	0.869 ab	0.421 b	0.106
40H+60AÜ	2.016 bcd	0.271 bc	0.915 ab	0.454 b	0.096
40H+60DA	1.954 cd	0.267 bc	0.820 ab	0.427 b	0.091
20H+80AÜ	2.529 ab	0.349 ab	0.946 a	0.572 a	0.107
20H+80DA	2.417 abc	0.355 ab	0.655 bc	0.423 b	0.144

\*:p<0.05, \*\*:p<0.01. Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur. H: Hindiba, AÜ: Ak üçgül; DA: Domuz ayrığı, K: Potasyum; P: Fosfor; Ca: Kalsiyum; Mg: Magnezyum; Fe: Demir.

**Çizelge 4.** Silajlara ait Fe, Zn, Mn, Cu ve Mo (ppm) oranları

Karışımlar	Fe	Zn**	Mn**	Cu*	Mo
100H	60.23	5.912 a	11.512 a	2.062 a	0.065
100AÜ	30.02	5.016 ab	9.269 bc	1.867 abc	0.081
100DA	57.27	3.826 c	8.624 bcd	1.412 cd	0.073
80H+20AÜ	55.61	5.311 a	8.721 bcd	1.913 ab	0.072
80H+20DA	43.13	4.086 bc	9.250 bc	1.405 cd	0.091
60H+40AÜ	51.35	3.533 c	6.976 d	1.286 d	0.062
60H+40DA	54.44	4.243 bc	6.973 d	1.495 bcd	0.076
40H+60AÜ	52.23	4.242 bc	7.408 cd	1.608 a-d	0.065
40H+60DA	51.28	4.038 bc	9.093 bc	1.397 cd	0.065
20H+80AÜ	50.27	5.636 a	9.577 b	1.617 a-d	0.068
20H+80DA	56.02	4.244 bc	9.736 ab	1.567 bcd	0.069

\*:p<0.05, \*\*:p<0.01. Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur. H: Hindiba, AÜ: Ak üçgül; DA: Domuz ayrığı, Fe: Demir; Zn: Çinko; Mn: Mangan; Cu: Bakır; Mo: Molibden.

## SONUÇ

Hindiba ile ak üçgül veya domuz ayrığının farklı karışımlarının silajlarına ait kalite özelliklerinin belirlendiği bu çalışmada, yalınlar göre karışımlardan daha iyi sonuçlar alınmıştır. Bu durum hindibanın hem ak üçgül hem de domuz ayrığı ile karışık olarak silolanmasının mümkün olduğunu göstermektedir. Hindibanın domuz ayrığı ile karışımları Flieg puanına ve organik asitlere göre silaj kalitesi açısından yeterli olsa da, ham protein ve besin elementleri açısından yetersiz olduğu görülmüştür. Bu nedenle tüm silaj kalite özellikleri birlikte değerlendirildiğinde; hindibanın ak üçgül ile 40:60 ve 20:80 karışımlarından elde edilen silajların hayvan besleme açısından daha üstün olduğu tespit edilmiştir.

**KAYNAKLAR**

- Acar Z, Ayan İ, Aşçı Ö Ö, Mut Z, Mut H, Başaran U, Garipoğlu A V, Gülümser E, Köse E D E, Can M ve Kaymak G, 2019. Silajlık Mısır Tarımı. Tarım Gündem Dergisi Özel Yayını, İzmir, s.88.
- Acar Z, Tan M, Ayan İ, Önal Aşçı Ö, Mut H, Başaran U, Gülümser E, Can M, Kaymak G, 2020. Türkiye’de Yem Bitkileri Tarımının Durumu ve Geliştirme Olanakları. Türkiye Ziraat Mühendisleri IX. Teknik Kongresi,13-17 Ocak 2020, Ankara.
- Açıkgöz E, 2002. Silaj Yapımında Kullanılan Diğer Bitkilerin Tarımı. Silaj Bitkileri Yetiştirme ve Silaj Yapımı Hasad Yayıncılık, s.35-57, Ankara-Türkiye.
- Alaca B, Özasan Parlak AÖ, 2017. Mısır, sorgum sudanotu melezi ile soya, börülce ve guarin karışık ekimlerinin silaj verimi ve kalitesine etkileri. ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 5 (1): 99–104.
- Alçıçek A, Özkan K, 1996. Silo Yemlerinde destilasyon yöntemi ile süt asidi, asetik asit ve bütirik asit tayini. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 3 (2-3): 191-198.
- Aksoy A, 2008. Chicory (*Cichorium intybus* L.): A Possible Biomonitor of Metal Pollution. Pakistan Journal of Botany, 40 (2): 791-797.
- Aşçı Ö Ö ve Acar Z. 2018. Kaba Yemlerde Kalite. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Yayını, Ankara, s.112.
- Athanasiadou S, Gray D, Younie D, Tzamoloukas O, Jackson F, Kyriazakis I, 2007. The use of chicory for parasite control in organic ewes and their lambs. Parasitology 134: 299-307.
- Filya, İ., 2001. Silaj teknolojisi. Hakan Ofset, İzmir-Türkiye.
- Başaran U, Gülümser E, Mut H, Çopur Doğrusöz M. 2018. Mürdümük +Tahıl Karışımlarının Silaj Verimi ve Kalitesinin Belirlenmesi. Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6 (9): 1237-1242.
- Başaran U, Gülümser E, Çopur Doğrusöz M, Mut H, 2019. The Variation for Dry Weight and Hay Quality in Turkish Origin Wild Chicory (*Cichorium intybus* L.) Genotypes. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 29 (2): 187-194.
- Can M, Kaymak G, Gülümser E, Acar Z, Ayan İ, 2019. Orman üçgülü yulaf karışımlarının silaj kalitesinin belirlenmesi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 34: 371-376.
- Han KJ, Collins M, Vanzant ES, Dougherty CT, 2004. Bale density and moisture effects on alfalfa round bale silage. Crop Science, 44: 914–919.
- Hancock DW, Collins M, 2006. Forage Preservation Method Influences Alfalfa Nutritive Value and Feeding Characteristics. Crop Science, 46: 688–694.
- İptaş S, Avcıoğlu R, 1993. Yalın ve karışık olarak silolanan değişik mısır çeşitleri ve baklagillerin yem değerleri üzerinde bir araştırma, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 10: 202-209.
- Kaya, İ, İncekara, N., Nemli, Y. 2004. Ege Bölgesi’nde Sebze Olarak Tüketilen Yabani Kuşkonmaz, Sirken, Yabani Hindiba, Rezene, Gelincik, Çoban Değneği ve Ebegümececinin Bazı Kimyasal Analizleri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi, 14 (1): 1-6.
- Kiers AM, Mes TH, Van Der Meijden R, Bachmann K, 1999. Morphologically defined Cichorium (*Asteraceae*) species reflect lineages based on chloroplast and nuclear (ITS) DNA data. Systematic Botany, 645-659.
- Kılıç A, 1984. Silo yemi. Bilgehan Basımevi, s. 350, İzmir-Türkiye.
- Kidambi SP, Matches AG, Gricgs TC, 1989. Variability for Ca, Mg, K, Cu, Zn and K/(Ca +Mg) ratio among 3 wheat grasses and sainfoin on the southern high plains. Journal of Range Management, 42: 316-322.
- Lamand MI, 1975. Symtoms de carence et roles des oligo-elements chez 1 animal: Diagnostic Clinique.II. Nations de digestibility et teneurs recommandees dans laration: prophylaxie et yraite mets. Oligo Elemnts. No special Bull. Trech. CRVZde theix 1, 5-13
- McDonald P, Henderson AR, Heron SJE, 1991. The Biochemistry of Silage. Second Edition. Chalcombe Publication, p.340, Marlow-England.
- Mut H, Gülümser E. Çopur Doğrusöz M, Başaran U, 2020. Değişik Arkadaş Bitkilerin Yonca Silaj Kalitesine Etkisi. KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi, 23 (4): 975-980.
- NRC 2001. Nutrient requirements of dairy cattle seventh revised edition.



- Öztürk YE, Gülümser E, Mut H, Başaran U, Çopur Doğrusöz M, 2020. Yem Şalgamı Yulaf Karışımlarının Silaj Verimi Ve Kalitesinin Tespiti. I. Uluslararası Çayır-Mera ve Yem Bitkileri Kongresi, 22-23 Şubat 2020, Adana.
- Periguad S, 1970. Les carences en oligo-elements chez les ruminants en france leurdiagnost.les problems souleves par l'intensification fourragere. Ann Agron, 21: 635 – 669.
- Panyasak A, Tumwasorn S, 2013.Effect of Moisture Content and Storage Time on Sweet. Walailak Journal of Science and Technology, 12 (3): 237-243.
- Scales GH, Knight TL, Saville DJ, 1994.Effect of herbage species and feeding level on internal parasites and production performance of grazing lambsNew Zealand Journal of Agricultural Research 38: 237-247.
- Süntar I, Akkola EK, Kelesb H, Yesiladac E, Sarkerd SD, Baykala T, 2012. Comparative evaluation of traditional prescriptions from *Cichorium intybus* L. for wound healing: stepwise isolation of an active component by in vivo bioassay and its mode of activity. Journal of Ethnopharmacology, 3 (1) : 299–309.
- Tejada R, Codowell LR, Martin MFG, Concard JH, 1985. Mineral element analyses of various tropical forages in Guatemala and their relationship to soil concentrations. Nutrition Reports International, 32: 313-323.
- Woolfort MK, 1984. The silage ferment. Grassland Research Inst press, p. 350 Hurley-England.

## İkinci Ürün Tatlı Sorgum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] 'un Şanlıurfa Koşullarında Bazı Tarımsal ve Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi

Cemile ADIYAMAN<sup>1</sup>, Erdal ERBİL<sup>1</sup>, Ayşegül EFENDİOĞLU ÇELİK<sup>2</sup>, Halil HATİPOĞLU<sup>1</sup>, Mine AKSOY<sup>2</sup>, Mustafa ACAR<sup>2</sup>, Mahmut DOK<sup>2</sup>

**ÖZET:** Bu çalışma, 2016-2017 yıllarında ikinci ürün olarak GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğüne bağlı Talat Demirören araştırma istasyonunda altı tatlı sorgum (Dale, M81-E, PHS 12-10, Urja, Top 76-6, Theis) çeşidinin bazı tarımsal ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre dört tekerrürlü olarak kurulmuş, parseller sıra arası 70 cm, sıra üzeri 20 cm olacak şekilde beş sıralı olarak düzenlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; çeşitlerin ana sap çapları 22.53-28.83 mm, yeşil ot verimi dekara 10 633-16 172 kg arasında, yapraksız sap verimi dekara 9 117-13 413 kg arasında değişmiştir. Teknolojik özelliklerden, kuru madde oranı %19.1-26.1, özsu verimi, şeker verimi ve biyoetanol verimi sırasıyla 3 658-5 163 l da<sup>-1</sup>, 394-928 kg da<sup>-1</sup> ve 160-237 l da<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, tatlı sorgum çeşitlerinin farklı kullanılması amaçlandığında; yeşil ot verimi, özsu verimi, şeker verimi yönünden Urja, biyoetanol verimi bakımından ise M81 E çeşidi tavsiye edilen çeşitler olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Biyoetanol, biyokütle, tatlı sorgum, yeşil ot verimi

## Determination of Some Agricultural and Technological Characteristics of Second Product Sweet Sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] in Şanlıurfa Conditions

**ABSTRACT:** This study was carried out to determine some agricultural and technological characteristics of six varieties of sweet sorghums (Dale, M81-E, PHS 12-10, Urja, Top 76-6, Theis) as the second crop at the Talat Demiroren research station of the GAP Agricultural Research Institute in 2016-2017 years. The trial was set up in a randomized blocks trial design with four replications, parcels were arranged in five rows which are inter rows 70 cm and intra rows 20 cm. According to the research results; the main stem diameters of the cultivars ranged between 22.53-28.83 mm, green herbage yield per decare 10 633-16 172 kg, leafless stem yield per decare 9 117-13 413 kg. Among the technological properties, the dry matter ratio varied between 19.1-26.1%, sap yield, sugar yield and bioethanol yield ranged between 3 658-5 163 l da<sup>-1</sup>, 394-928 kg da<sup>-1</sup> and 160-237 l da<sup>-1</sup>, respectively. According to the research results, when different uses of sweet sorghum varieties are aimed; In terms of green grass yield, sap yield, sugar yield, Urja and M81 E type was recommended for bioethanol yield.

Keywords: Bioethanol, biomass, sweet sorghum, green herbage yield

<sup>1</sup> Cemile ADIYAMAN (Orcid ID: 0000-0003-0516-0014), Erdal ERBİL (Orcid ID: 0000-0001-6044-5165), Halil HATİPOĞLU (Orcid ID: 0000-0002-8456-2320), GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Şanlıurfa Türkiye,

<sup>2</sup> Ayşegül EFENDİOĞLU ÇELİK (Orcid ID: 0000-0002-5679-5005), Mine AKSOY (Orcid ID: 0000-0002-3173-6577), Mustafa ACAR (Orcid ID: 0000-0003-3831-1894), Mahmut DOK (Orcid ID: 0000-0002-1558-7452) Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Samsun, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: erdal\_erbil@hotmail.com

## GİRİŞ

Graminea familyasına ait, anavatanı kuzey ve orta Afrika olarak bilinen Tatlı sorgum (*Sorghum bicolor* var (L.) Moench) güçlü kök yapısıyla her türlü iklim şartlarında yetiştirilen C4 bitkisidir. Yetiştirme süresi 3-4 aylık bir peryotta olduğunda ülkemizde daha çok ikinci ürün olarak yetiştirilmektedir. Tatlı sorgum hem insan beslenmesinde hem de hayvan beslenmesinde kullanılan ekstem toprak ve iklim koşullarına adaptasyonu iyi biyokütle bitkisidir (Guiying ve ark., 2003; Köppen ve ark., 2009). Biyokütle doğrudan enerji kaynağı olarak ta kullanılabilen olup, katı, gaz ve sıvı forma dönüştürülerek yakıtla çevrilebilmektedir. Biyokütleden elde edilen enerjiye ise biyokütle enerjisi denir. (Karayılmazlar ve ark., 2011). Bitkiler, biyokütlelerini oluşturabilmeleri için yeterli miktarda güneş ışığına ve sıcaklığa ihtiyaç duyarlar. Türkiye, özellikle Şanlıurfa bu yönüyle tatlı sorgum tarımına uygun iklim kuşağında olduğu düşünülmektedir.

Tatlı sorgum, biyoetanol üretimi için en ümit verici olan türlerden biri olup, gelişmekte olan ülkelerde enerji tarımı için en çok araştırılan bitkiler arasındadır (Balat ve ark., 2008). Amerika, Brezilya, Çin, Hindistan, Etiyopya gibi ülkelerde yapılan tarımsal ve endüstriyel araştırmalarla yüksek biyokütle verimi ve sapında (% 10-22) içerdiği şeker oranı sayesinde biyoetanol üretiminde kullanılabilenliği belirlenmiştir. Ayrıca biyoetanol üretim aşamasının yan ürün olarak elde edilen CO<sub>2</sub> tıpta, yangın söndürme tüplerinde, gazlı içeceklerde ve kuru buz imalatında da faydalanılan bir bitkidir. Tatlı sorgumdan elde edilen hidrojen yakıt pillerinin üretim aşamasında önemli bir hammadDEDİR (Eren, 2011).

Türkiye’de ve dünyada tatlı sorgumla ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Geren ve ark., (2011), tarafından 2009 yılında Bornova koşullarında yürütülen çalışmada, ikinci ürün koşullarında tatlı sorgumun yöre şartlarına oldukça iyi adapte olduğu belirtilmiştir. Araştırmada; ortalama bitki boyunun 204 cm, kardeş sayısının 3.2 adet bitki<sup>-1</sup>, toplam yeşil ot veriminin 5600 kg da<sup>-1</sup>, tüm bitki kuru madde oranının % 28.4, özsu veriminin 1300 l da<sup>-1</sup>, şeker oranının % 11.9, şeker veriminin 156 kg da<sup>-1</sup> ve teorik etanol veriminin 83.1 l da<sup>-1</sup> olduğunu bildirmişlerdir.

Bornova-İzmir koşullarında ikinci ürün olarak Keller adlı tatlı sorgum çeşidi ile yapılan beş farklı azot dozu gübre çalışmasında, en yüksek yeşil ot, tane, özsu, şeker ve etanol verimi 22.5 kg da<sup>-1</sup> N uygulamasından elde edilmiştir. Bölge koşullarında, tatlı sorgum bitkisinden biri silajlık biçim, diğeri ot amacıyla iki biçimde toplam 6 t da<sup>-1</sup>’dan fazla biyokütle verimi ve bir biçimde de dekara 200 kg’dan fazla tane verimi alınmıştır. Tatlı sorgum bitkisi saplarının, mekanik olarak sıkıldıklarında dekara 2 tona yakın özsu verimi sağladığı, dekara 150 litreden fazla biyoetanol ve 287 kg şeker üretim kapasitesi bulunduğu, şeker oranının % 17.33 olduğu da saptanmıştır (Girgin, 2012).

Amerika’da Dale, Theis ve M 81E çeşitleri kullanarak yapılan çalışmada ekimden, 85, 99 ve 113 gün sonra alınan ölçümlere göre; bitki boyu değerleri 230-281 cm arasında değişmiş en yüksek bitki boyu 99 ve 113. günlerde ölçülmüştür. Sap çapları 17-22 mm ve şeker oranları % 9.4-14.9 arasında değişerek bu değerlerin en yüksek sonuçları 113. günden elde edilmiştir (Ekefre ve ark., 2017).

Şanlıurfa Türkiye’nin en sıcak illerindedir. Ortalama yıllık yağış 400-450 mm’dir. Sulama ile bu iklim koşullarına uygun bitkilerin yetiştirilmesi büyük önem arz etmektedir. Tatlı sorgum hem toprak hem de iklim istekleri bakımında bölgeye uyum sağlaması beklenen türler arasındadır.

Bu çalışma ile; tatlı sorgum çeşitlerinin Şanlıurfa koşullarına adaptasyonu, biyoetanol üretimi, biyokütlenin enerji değeri, verim ve verimle ilişkili bazı tarımsal ve teknolojik özellikleri incelenerek biyoetanol verimi yüksek adaptasyon yeteneği iyi çeşitlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma, Şanlıurfa ilinde yer alan GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne ait Talat Demirören Araştırma İstasyonunda yürütülmüştür.

Denemenin yürütüldüğü araştırma istasyonu, 36° 42' kuzey enlemi, 38° 58' doğu boylamında olup denizden yüksekliği 410 m'dir (Anonim, 2020).

Deneme, bölgede geniş yayılım alanına sahip ve araştırma istasyonunun tamamında yer alan Harran Toprak Serisinde yürütülmüştür. Bu seri toprakları, alüviyal ana materyalli, düz ve düze yakın eğimli, derin profilli topraklardır. Tipik kırmızı profilleri killi tekstürlü ve tüm profil çok kireçlidir. A,B,C horizonlu topraklar olup, pH 7.3 ile 7.8 arasında, organik madde içeriği düşük, katyon değişim kapasitesi yüksektir. Katyon değişim kapasitesi kil içeriğine bağlı olarak alt katmanlara doğru artmaktadır (Dinç ve ark. 1988). Ekim yapılan parselleri temsil edecek şekilde 0-30 cm derinliğinden alınan toprak numuneleri harmanlanmıştır. Elde edilen harman Tarım bakanlığınca akredite olan GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü bünyesindeki Toprak Laboratuvarında analiz edilmiştir. Analiz sonuçları çizelge 1.'de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Deneme alanına ait bazı toprak özellikleri

Yıllar	Toprak Derinliği (cm)	Ec (ds m <sup>-1</sup> )	Kireç (%)	pH	Fosfor (kg da <sup>-1</sup> )	Potasyum (kg da <sup>-1</sup> )	Organik Madde	Suya Doy. (%)
2016	0-30	1.27	29.8	7.89	3.74	121.1	1.11	68
2017	0-30	1.13	28.9	7.65	4.68	119.4	1.37	71

Şanlıurfa karasal iklim bölgesine girmekle beraber, Akdeniz ikliminin etkisi görülmektedir. Yazları kurak ve sıcak, kışları ılık geçmektedir. Yaz mevsiminde çoğunlukla Basra alçak basınç merkezine yerleşmiş olan kurak ve sıcak tropikal hava kütesinin etkisinde kalmaktadır. Gündüz sıcaklığı 40 °C'nin üzerine çıkmaktadır. Bağlı nemin çok düşük oluşu buharlaşmayı arttırmaktadır. (Atalay ve Mortan, 2006). Uzun yıllar içinde gerçekleşen ortalama iklim verileri çizelge 2'de verilmiştir.

**Çizelge 2.** Deneme yılları ve uzun yıllar ortalamalarına ait sıcaklık verileri (Anonim, 2018)

Aylar	-----2016-----		-----2017-----		Uzun Yıllar Ortalaması	
	Ort.Sıc. (°C)	Max.Sıc. (°C)	Ort.Sıc. (°C)	Max.Sıc. (°C)	Ort. Sıc. (°C)	Max. Sıc. (°C)
Ocak	5.1	15.3	4.9	14.6	5.5	21.6
Şubat	11.2	25.2	6.5	22.7	6.9	25.5
Mart	13.4	26.1	12.7	23.9	10.7	29.4
Nisan	20.1	33.0	16.6	32.3	16.1	36.4
Mayıs	23.2	36.3	22.7	36.5	22.1	40.3
Haziran	29.6	42.8	29.1	42.7	28.1	44.1
Temmuz	32.2	44.1	33.0	44.7	31.9	46.8
Ağustos	32.0	43.0	31.1	45.3	31.3	46.2
Eylül	25.4	38.8	27.5	40.8	26.8	42.1
Ekim	20.5	34.2	19.5	31.1	20.1	37.8
Kasım	11.3	25.6	12.5	26.2	12.8	30.8
Aralık	5.5	15.1	7.9	15.7	7.5	26.0

Denemenin arazi çalışmaları, Şanlıurfa ilinde yer alan GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne ait Talat Demirören Araştırma İstasyonu deneme alanında yürütülmüştür. Denemenin bütün laboratuvar analizleri ve biyokütle çalışmaları Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü bünyesinde bulunan Enerji Tarımı Araştırma Merkezi Laboratuvarında yapılmıştır.

Denemede Dale, Theis, M 81E, Top 76-6, PHS 12-10 ve Urja olmak üzere 6 farklı tatlı sorgum çeşidi kullanılmıştır. Dale, Top 76-6, PHS 12-10 ve Urja çeşitleri erkenci ve orta erkenci olup, şeker oranları % 15-17 arasında değişmektedir. Theis ve M 81E çeşitleri ise geç olgunlaşan, hastalık ve zararlılara dayanıklı olup şeker oranları %15-16 arasında değişmektedir. Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak kurulmuş, parseller sıra arası 70 cm, sıra üzeri 20 cm ve sıra uzunluğu 10 m ( $10 \times 0,7 \times 5 = 35 \text{ m}^2$ ) olacak şekilde beş sıralı olarak düzenlenmiştir. Ana ürün (buğday) hasadından hemen sonra goble diskaro ile toprakta oluşan kesekler parçalanmış ve toprak tapan ile düzeltilmiştir. Bu işlemlerden sonra parselasyon işlemi yapılmıştır. Yapılan toprak analizleri dikkate alınarak verilen gübre miktarı saf olarak  $15 \text{ kg da}^{-1}$  azot (N) ve  $8 \text{ kg da}^{-1}$  fosfora (P) tamamlanacak şekilde yapılmıştır. Fosforun tamamı ve azotun  $8 \text{ kg}'ı$  ekimden önce taban gübresi olarak (20-20-0) uygulanmış, bitkiler 35-40 cm boyuna geldiğinde ara çapa ile birlikte azotlu gübrenin kalan kısmı üst gübre (AS %21) olarak uygulanmıştır (Geren ve ark., 2011). Hasat işlemi her parselin kenarlarından birer sıra, sıra başı ve sonundan 1 m kenar tesiri bırakılarak geriye kalan ortadaki üç sıradan yapılmıştır. Saplarda şeker miktarının en çok olduğu dönemde (arazide refraktometre ile kuru madde miktarına bakılarak belirlenmiş), 5 cm anız yüksekliği bırakılarak biçim yapılmıştır (Tsuchihashi and Goto, 2004; Zhao ve ark., 2009; Davila-Gomez ve ark., 2011).

Ana sap çapı (mm): Bitkiler tohum bağladıktan sonra her parselden çeşidi temsil eden 10 adet bitki seçilmiş, bitkinin ana sap çapı yerden 30 cm yükseklikten kumpas ile ölçülmüş ve ortalamaları alınmıştır (Soleymani ve ark., 2013). Parseldeki bitki sayısı (adet): Hasattan önce her parselin ortasındaki üç sıradan salkım oluşturan bitki sayısı tespit edilip sayılmıştır. Yeşil ot verimi ( $\text{kg da}^{-1}$ ): Her parselin kenarlarından 1'er sıra, üst ve alt kısmından 1 m kenar tesiri olarak bırakıldıktan sonra hasat alanı olarak tanımlanan orta üç sıra hasat edilmiş ve hasat edilen bitkilerin tartılması ile belirlenmiştir. Biçim, 5 cm anız yüksekliği bırakılarak yapılmıştır. Elde edilen veriler birim alan verimine çevrilmiştir. Yapraksız sap verimi ( $\text{kg da}^{-1}$ ): Biçimden sonra elde edilen bitkilerin yaprak, sap ve başakları ayrılarak saplar tartılmış ve dekara verime dönüştürülmüştür (Geren ve ark., 2011). Kuru madde oranı (%) ve kuru madde verimi ( $\text{kg da}^{-1}$ ): Biçimden sonra her parselden elde edilen bitkilerden 2-3 adedi bıçakla 1-2 cm boyunda parçalanmış, yeşil ot içerisinden tüm örneği temsil edecek şekilde  $0.5 \text{ kg}'lık$  örnekler alınıp kurutma dolabında 48 saat  $105 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de kurutulmuştur. Örnek daha sonra 24 saat desikatörde bekletilip tartılmış ve kuru madde oranı belirlenmiştir. Elde edilen kuru madde oranı, birim alan yeşil ot verimi ile çarpılarak birim alan kuru madde verimine çevrilmiştir. Özsu verimi ( $\text{l da}^{-1}$ ): Bitkiler topluca hasat edilip bitkilerin yaprakları soyulduktan sonra çiçek salkımı kesilerek elde edilen bitkilerden yaklaşık  $5 \text{ kg}$  örnek alınıp preslenmiş ve sırası (özsuyu) çıkarılmıştır. Çıkan sıra dereceli ölçü silindiri ile ölçülmüş ve birim alan özsu verimi hesaplanmıştır. Elde edilen birim alan özsu miktarları dekardan elde edilen yapraksız sap verimiyle çarpılarak dekardan elde edilen özsu miktarına dönüştürülmüştür. Birim alanda şeker verimi ( $\text{kg da}^{-1}$ ): Birim alan özsu verimi ve briks derecesinden (şeker oranından) hesaplamayla (briks derecesi x özsu verimi) birim alan şeker verimi,  $\text{kg da}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır. Ölçümü ve tartımı yapılan tüm agronomik özellikler Anonim, (2010)'a göre yapılmıştır. Biyoetanol verimi ( $\text{l da}^{-1}$ ): Biyoetanol üretimi sorgum bitkisinin özsuyu kullanılarak, Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü bünyesinde bulunan Enerji Tarımı Araştırma Merkezi Laboratuvarında bulunan biyoetanol pilot tesisinde 3 aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada şekerleştirme ünitesinde  $\alpha$ -amilaz ve glukoamilaz enzimleri kullanılarak özsuda bulunan şekerler fermente edilebilir şekere dönüştürülmüştür. İkinci aşamada numune fermantasyon ünitesine alınarak yaklaşık  $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$  de *Saccharomyces cerevisiae* mayası kullanılarak etil alkole dönüştürülmüş, son aşama olarak da destilasyon ünitesinde saflaştırma işlemi yapılarak etanol oranı yükseltilmiştir. Elde edilen etanolün



alkol yüzdesi Davila-Gomes ve ark., 2011 tarafından belirtilen yöntemle göre GC cihazı (FID dedektör, 1.5 mL dak<sup>-1</sup>. Helyum, 280 °C dedektör sıcaklığı, 1 µL enjeksiyon hacmi) kullanılarak belirlenmiştir.

### İstatistiksel Analizler

Araştırmada 2016-2017 yıllarında elde edilen veriler JMP 7.1 istatistik paket programından yararlanılarak varyans analizine tabi tutulmuş ve farkların önemli olması durumunda LSD testiyle gruplandırılarak değerlendirilmiştir.

### BULGULAR VE TARTIŞMA

#### Ana Sap Çapı (mm)

Araştırmada ele alınan çeşitlerin ana sap çaplarına ait varyans analiz sonucu uygulanan LSD testine göre oluşan gruplar, birleştirilmiş varyans analiz sonucu oluşan gruplar ve varyasyon katsayısı (% Cv) değerleri Çizelge 3.'te verilmiştir. Yıllara ait tüm agronomik ölçümlere ait varyansların homojenliği Levene homojenlik testiyle test edilmiş olup, yapılan homojenlik testinde varyansların homojen olduğu görüldüğünde (*Sig. p>0.01*) veriler hem yıllar ayrı ayrı ve hem de birleşik varyans analizi şeklinde uygulanarak yorumlanmıştır.

Çizelge 3. incelendiğinde ana sap çapı bakımından çeşitler arasındaki farklılıklar 2016 ve 2017 yılları ayrı ayrı ve yıllar birleştirilerek değerlendirildiğinde, varyans analiz sonuçlarına göre istatistiki olarak önemli bulunmuştur.

**Çizelge 3.** Farklı tatlı sorgum çeşitlerinde ana sap çaplarına ve parseldeki bitki sayısına ait 2016-2017 yılları ve birleştirilmiş analiz sonucu yapılan LSD testine göre oluşan gruplar

Çeşitler	Ana Sap Çapı(mm)			Parseldeki Bitki Sayısı (adet)		
	2016**	2017**	Birleşik**	2016**	2017*	Birleşik**
<b>Dale</b>	28.47 a	26.64 ab	27.55 a	345.15 f	331.98 b	337.90 d
<b>Theis</b>	23.03 b	22.03 c	22.53 c	364.28 e	363.00 ab	363.63 c
<b>M 81E</b>	25.00 b	25.09 b	25.04 b	403.43 d	376.20 ab	389.81 b
<b>Top 76-6</b>	24.63 b	25.56 b	25.09 b	432.23 c	402.60 a	417.41 a
<b>PHS 12-10</b>	24.91 b	25.00 b	24.95 b	477.68 a	346.50 b	412.08 a
<b>Urja</b>	28.89 a	28.78 a	28.83 a	462.15 b	343.20 b	402.67 ab
<b>LSD</b>	2.85	2.62	2.248	15.51	1.58	21.12
<b>Cv(%)</b>	7.33	6.18	6.81	2.48	7.84	5.34

\*: %5 önem seviyesine göre önemli

\*\* : %1 önem seviyesine göre önemli

Çizelge 3.'e göre 2016 ve 2017 ile iki yılın birleşik varyans analiz sonuçlarına göre Urja çeşidi 28.89-28.78-28.83 mm ve Dale çeşidi 28.47-26.64-27.55 mm ile en yüksek sap çapı değerlerine sahipken, Theis çeşidi ise 23.03-22.03-22.53 mm'lik değerlerle en düşük sonucu vermiştir. 2016 yılında en yüksek ana sap çapı Dale ve Urja çeşitlerinden elde edilmiş ve iki çeşit istatistiki açıdan aynı grubu paylaşmıştır. Benzer şekilde 2017 yılında da Dale ve Urja çeşitleri istatistiki olarak aynı grupta yer almış ve en yüksek değerlere ulaşmıştır. Seydoşoğlu ve Cengiz (2020), Siirt ilinde yapılan araştırmada silajlık mısır bitkisinin ana sap çapı ekim zamanlarına göre değişmekle birlikte 20.65 cm ile 26.40 cm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Tsuchihashi ve Goto (2004), Wray, Keller ve Rio çeşitlerini kullandıkları çalışmalarında ekimden 36 gün sonra çeşitlerin sap çaplarının ortalama 18 mm olduğunu, olgunlaşmaya kadar bu değerlerin hemen hemen stabil kaldığını; Geren ve ark.. (2011), bir çeşit tatlı sorgum ile silaj üretimi amacıyla yürüttükleri çalışmada(süt olum döneminde) sap çapı değerinin 13.9-21.2 mm arasında değiştiğini bildirmektedirler. Değerlerimizin, araştırmacıların bulgularından yüksek çıkmasının nedeni, ölçümlerimizin hasatta yapılması ve çeşit özelliği ile ilişkilendirilmektedir. Tatlı sorgumun sap çapının

hem silaj üretimi hem de biyoetanol üretiminde yüksek olması istenir. Silaj üretiminde daha fazla yeşil ot üretimi, biyoetanol üretiminde ise şekerin sap kısmında depolanmasından dolayı ana sap çapının yüksek olması üretim açısından önemlidir.

### Parseldeki Bitki Sayısı (adet)

Çizelge 3. incelendiğinde çeşitlerin parseldeki bitki sayıları arasındaki farklılıkların her iki yılda ve yılların birleşik varyans analiz sonuçlarına göre istatistiki olarak önemli bulunduğu görülmektedir. 2016 yılında parseldeki bitki sayılarının 477.68-345.15 adet arasında değiştiği görülmektedir. İl yıl için, istatistiki açıdan en yüksek değer PHS 12-10 (477.68 adet) çeşidinde, en düşük değer ise Dale (345.15 adet) çeşidinde görülmektedir. 2017 yılında en yüksek parseldeki bitki sayısı istatistiki yönünden farksız olan Theis, M81E ve Top76-6 çeşitlerden elde edilirken, en düşük parseldeki bitki sayısı ise istatistiki yönünden aynı grubu paylaşan Dale, PHS 12-10 ve Urja çeşitlerinden elde edilmiştir. İki yılın birleşik varyans analiz sonuçlarına göre; araştırmada incelenen çeşitler arasında parselde en yüksek bitki sayısına sahip olan Top 76-6 (417.41 adet) çeşidi PHS 12-10 (412.08 adet) çeşidi ile aynı grupta yer almaktadır. Parselde en az bitki sayısına sahip olan çeşit ise Dale (337.90 adet) çeşidi olmuştur. Soleymani ve ark.. (2013), Rio ve Keller çeşitlerinde bitki sıklığının, bitki boyuna, sap çapına, yaş sap ağırlığına ve etanol verimine etkisinin önemli olduğunu bildirmişlerdir. Yaptığımız çalışmada da parseldeki bitki sayısı yeşil ot veriminde, yapraksız sap veriminde ve biyoetanol veriminde doğrudan etkili olmuştur.

### Yeşil Ot Verimi (kg da<sup>-1</sup>)

Çizelge 4.'e göre çeşitlerin yeşil ot verimleri arasındaki farklılıkların her iki yılda ve yılların birleşik varyans analiz sonuçlarına göre istatistiki olarak önemli bulunduğu görülmektedir. 2016 yılında en yüksek yeşil ot verimi 17740.3 kg da<sup>-1</sup> ile Urja çeşidinden en düşük değer ise 10969.9 kg da<sup>-1</sup> ile Dale çeşidinden elde edilmiştir. 2017 yılında en yüksek değer 16886.65 kg da<sup>-1</sup> ile Top 76-6 çeşidinden, en düşük değer ise 10123.67 kg da<sup>-1</sup> ile Dale çeşidinden elde edilmiştir. 2016 yılında Urja çeşidinin ana sap çapının ve parseldeki bitki sayısının fazla olması yeşil ot verimini artırmıştır. 2017 yılında ise Urja çeşidinin parseldeki bitki sayısı Top 76-6 çeşidine kıyasla daha azalmış bu durum yeşil ot verimini olumsuz etkilemiştir. Theis. M 81E ve Urja çeşitleri ise aynı grupta (14631.44. 14917.94. 14603.87 kg da<sup>-1</sup>) yer almaktadır. Birleştirilmiş analiz sonucunda yapılan LSD testinde Urja (16172.07 kg da<sup>-1</sup>) çeşidi en yüksek yeşil ot verimine ulaşırken, Dale (10633.45 kg da<sup>-1</sup>) çeşidi en düşük yeşil ot verimini vermiştir.

**Çizelge 4.** Farklı tatlı sorgum çeşitlerinde yeşil ot verimleri ve yapraksız sap verimlerine ait 2016-2017 yılları ve birleştirilmiş analiz sonucu yapılan LSD testine göre oluşan gruplar

Çeşitler	Yeşil Ot Verimi (kg da <sup>-1</sup> )			Yapraksız Sap Verimi (kg da <sup>-1</sup> )		
	2016**	2017**	Birleşik**	2016**	2017**	Birleşik**
Dale	10 969.9 e	10 123.67 c	10 633.45 d	9 386.1 d	8 849.10 c	9 117.60 e
Theis	12 432.6 de	14 631.44 b	13 532.03 c	10 147.2 cd	12 547.60 ab	11 347.40 cd
M 81E	14 997.6 b	14 917.94 b	14 957.76 b	11 312.8 bc	14 188.32 a	12 750.58 ab
Top 76-6	13 214.2 cd	16 886.65 a	15 050.44 b	11 354.9 bc	13 107.79 ab	12 231.38 bc
PHS 12-10	14 393.9 bc	11 174.09 c	12 783.98 c	12 616.5 b	8 761.08 c	10 688.77 d
Urja	17 740.3 a	14 603.87 b	16 172.07 a	15 186.3 a	11 640.21 b	13 413.24 a
LSD	1604.7	1428.20	979.56	1415.9	2107.58	1127.55
Cv(%)	7.62	6.17	6.92	8.05	10.6	9.52

\*: %5 önem seviyesine göre önemli

\*\* : %1 önem seviyesine göre önemli

Claassen ve ark., (2004), Yunanistan'da Keller sorgum çeşidi ile yaptıkları çalışmada 12600 kg da<sup>-1</sup> biyokütle elde edildiği; Almodares ve ark.. (2008), beş çeşit ve dört hat kullanarak yaptıkları çalışmada yeşil ot verimini 7400-7800 kg da<sup>-1</sup> olarak bulunduğu; Chavan ve ark.. (2009), 14 tatlı sorgum genotipinde biyokütle verimlerinin 3646-7488 kg da<sup>-1</sup> arasında değiştiği; Geren ve ark.. (2011), bir çeşit tatlı sorgumun yeşil ot verimini 5600 kg da<sup>-1</sup> olarak elde edildiği; Girgin (2012), İzmir koşullarında Keller çeşidinden 6841 kg da<sup>-1</sup> yeşil ot verimi alındığı bildirilmektedir. Elde edilen yeşil ot verimi değerleri ile yukarıda adı geçen araştırmacıların sonuçları arasında farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Bunun başlıca nedenleri, araştırmada kullanılan çeşitlerin, ekolojik koşulların ve toprak yapısının farklılığından kaynaklandığı söylenebilir.

### Yapraksız Sap Verimi (kg da<sup>-1</sup>)

Çizelge 4.'e göre yapraksız sap verimleri bakımından çeşitler arasındaki farklılıklar yapılan istatistiksel analizler sonucunda her iki yılda ve birleşik varyans analiz sonuçlarına göre önemli bulunmuştur. 2016 yılında en yüksek yapraksız sap verimi 15186.3 kg da<sup>-1</sup> ile Urja çeşidinden, en düşük değer ise 9386.1 kg da<sup>-1</sup> ile Dale çeşidinden alınmıştır. 2017 yılında ise yapraksız sap verimleri 14188.32-8761.08 kg da<sup>-1</sup> (Top 76-6 ve PHS 12-10) arasında değişmiştir. Reddy ve ark.. (2005). Hindistan'da farklı tatlı sorgum çeşitlerinin kullanıldığı araştırmada sap verimlerinin 5200-4100 kg da<sup>-1</sup> olarak değiştiğini; Chavan ve ark., (2009), 14 tatlı sorgum genotipinde yapraksız sap verimlerinin 2276-4485 kg da<sup>-1</sup> arasında değiştiği; Geren ve ark., (2011), bir çeşit tatlı sorgumun yapraksız sap veriminin 2150-2660 kg da<sup>-1</sup> arasında değiştiği vurgulanmıştır. Çalışmamızın ve araştırmacıların yapraksız sap verim değerleri arasında farklılıklar olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar, tatlı sorgumun yapraksız sap veriminde; çeşit özelliğinin, yetiştirildiği bölgenin iklim ve toprak yapısının etkili olabileceği sonucuna varılmaktadır.

**Çizelge 5.** Farklı tatlı sorgum çeşitlerinde kuru madde oranları ve kuru madde verimlerine ait 2016-2017 yılları ve birleştirilmiş analiz sonucu yapılan LSD testine göre oluşan gruplar

Çeşitler	Kuru Madde Oranı(%)			Kuru Madde Verimi (kg da <sup>-1</sup> )	
	2016*	2017**	Birleşik**	2016**	2017**
Dale	23.8 ab	19.9 bc	21.8 b	2 593.36 cd	1 985.96 b
Theis	21.0 abc	27.5 a	24.2 a	2 664.99 cd	3 989.85 a
M 81E	25.4 a	24.7 ab	25.0 a	3 843.26 b	3 595.45 a
Top 76-6	17.7 c	25.1 a	21.4 b	2 314.53 d	3 827.83 a
PHS 12-10	19.3 bc	19.0 c	19.1 c	2 770.37 c	1 815.64 b
Urja	25.5 a	26.8 a	26.1 a	4 529.74 a	3 569.75 a
LSD	5.1	5.0	2.1	1 000.3	1 228.16
Cv(%)	16.94	13.05	9.31	7.63	12.34

\*: %5 önem seviyesine göre önemli

\*\* : %1 önem seviyesine göre önemli

### Kuru Madde Oranı(%)

Çizelge 5. incelendiğinde kuru madde oranları bakımından çeşitler arasındaki farklılıklar 2016 ve 2017 yıllarıyla birlikte, yılların birleşik varyans analiz sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Kuru madde verimleri bakımından çeşitler arasındaki farklılıklar 2016 ve 2017 yılları sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

2016 yılına ait kuru madde oranı en yüksek çeşitler istatistiki yönden aynı grupta yer alan Urja (% 25.5) ve M 81E (%25.4) çeşitlerinden, en düşük değer ise % 17.7 ile Top 76-6 çeşidinden elde edilmiştir.

2017 yılında ise en yüksek değer % 27.5 ile Theis çeşidinden, en düşük değer ise % 19.0 ile PHS 12-10 çeşidinden elde edilmiştir. İki yılın birleşik varyans analiz sonuçlarına göre; çeşitler arasında en yüksek kuru madde oranına sahip Urja (% 26.17) çeşidi, M 81E (% 25.09) ve Theis (% 24.25) çeşitleri ile aynı grupta yer almaktadır. PHS 12-10 (% 19.15) çeşidinin ise en düşük kuru madde oranına sahip olduğu görülmektedir. Geren ve ark.. (2011), bir çeşit tatlı sorgumda tüm bitki kuru madde oranını %28.4 olarak bildirmişlerdir.

### Kuru Madde Verimi (kg da<sup>-1</sup>)

Çizelge 5.'e göre 2016 yılında kuru madde verimine bakıldığında en yüksek değer 4529.74 kg da<sup>-1</sup> ile Urja çeşidinden, en düşük değer olan 2314.53 kg da<sup>-1</sup> ise Top 76-6 çeşidinden alınmıştır. 2017 yılında 3989.85 kg da<sup>-1</sup>'lık verim ile Theis ilk sırada yer alırken. 1815.64 kg da<sup>-1</sup>'lık verimle PH 12-10 çeşidi son sırada yer almaktadır. Theis (3989.85 kg da<sup>-1</sup>), Top 76-6 (3827.83 kg da<sup>-1</sup>), M 81E(3595.45 kg da<sup>-1</sup>) ve Urja (3569.75 kg da<sup>-1</sup>) çeşitleri istatistiki olarak aynı grupta yer alırken, Dale (1985.96 kg da<sup>-1</sup>) ve PH 12-10 (1815.64 kg da<sup>-1</sup>) çeşitleri aynı grupta yer almaktadır. Beş hibrit tatlı sorgum çeşidi kullanılarak yürütülen çalışmada kuru madde verimi 1320-2710 kg da<sup>-1</sup> arasında değişmiştir (Zhao ve ark., 2009). Araştırmamızdaki kuru madde verimi değerlerinin araştırmacıların bulgularından daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum çalışmamızda kullanılan çeşitlerin biyokütle oranlarının yüksek olması ile açıklanabilir.

**Çizelge 6.** Farklı tatlı sorgum çeşitlerinin özsu verimi ve şeker verimlerine ait 2016-2017 yılları ve birleştirilmiş analiz sonucu yapılan LSD testine göre oluşan gruplar

Çeşitler	Özsu Verimi(l da <sup>-1</sup> )			Şeker Verimi (kg da <sup>-1</sup> )	
	2016**	2017**	Birleşik**	2016**	2017**
Dale	3 410.98 c	3 234.85 c	3 658.76 b	506.14 d	394.24 c
Theis	4 497.68 b	4 347.83 ab	4 826.11 a	633.34 c	714.22 b
M 81E	4 912.53 b	3 868.15 bc	4 568.56 a	717.47 bc	764.76 ab
Top 76-6	4 827.37 b	4 878.63 a	4 767.06 a	742.39 bc	871.74 a
PHS 12-10	4 943.41 b	3 127.57 c	3 847.19 b	830.75 ab	448.62 c
Urja	6 614.84 a	4 856.52 a	5 163.93 a	928.68 a	502.48 c
LSD	731.2	792.41	602.89	114.4	130.51
CV(%)	9.97	11.78	13.20	10.44	12.58

\*: %5 önem seviyesine göre önemli

\*\* : %1 önem seviyesine göre önemli

### Özsu Verimi (l da<sup>-1</sup>)

Çizelge 6. incelendiğinde özsu verimleri bakımından çeşitler arasındaki farklılıklar 2016 ve 2017 yıllarıyla birlikte, yılların birleşik varyans analiz sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. 2016 yılında özsu verimleri 6614.84-3410.98 l da<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. En yüksek özsu verimi Urja (6614.84 l da<sup>-1</sup>) çeşidinden, en düşük verim ise Dale (3410.98 l da<sup>-1</sup>) çeşidinden alınmıştır. Diğer dört çeşit özsu verimi bakımından aynı grupta yer almaktadır. 2017 yılına bakıldığında istatistiki yönden aynı gruba giren Top 76-6 ve Urja (4878.63-4856.52 l da<sup>-1</sup>) çeşitleri en yüksek özsu verimini verirken, en düşük değer 3127.57 l da<sup>-1</sup> ile PHS 12-10 çeşidinden elde edilmiştir. İki yılın birleşik varyans analiz sonuçlarına göre; en yüksek özsu verimi Urja (5163.93 l da<sup>-1</sup>) çeşidinden elde edilmiş ve Theis. Top 76-6 ve M 81E çeşitleri ile aynı istatistik gruba girmiştir. En düşük öz su verimi ise 3658.76 l da<sup>-1</sup> ile Dale çeşidinden elde edilmiş ve bu çeşit PHS 12-10 (3847.19 l da<sup>-1</sup>) çeşidi ile aynı grupta yer almıştır.

Tsuchihashi ve Goto (2004). Wray. Keller ve Rio çeşitlerini kullandıkları çalışmalarında özsu verimleri 2347-3296 l da<sup>-1</sup> olarak; Reddy ne ark., (2005). Hindistan'da farklı tatlı sorgum çeşitlerinin

kullanıldığı çalışmada 1210-1850 l da<sup>-1</sup> olarak; Girgin (2012), Keller çeşidinin özsu verimini 1158-1853 l da<sup>-1</sup> olarak; Chavan ve ark.. (2009), 14 tatlı sorgum genotipinde özsu verimleri 269-1137 l da<sup>-1</sup> olarak; Geren ve ark., (2011), bir çeşit tatlı sorgumun özsu verimi 1300 l/da olarak bulunduğu belirtilmektedir. Özsu verimi olarak oldukça iyi sonuçlar aldığımız çalışmamızda, elde edilen sonuçlar bazı araştırmacıların bulduğu değerlerden yüksek bazılarının ki ile uyum içerisindedir. Çalışmamızın ve araştırmacıların verim değerleri arasındaki benzerlik ve farklılıkların; kullanılan çeşitlerin özelliklerinden, yetiştirildiği bölgelerin iklim ve toprak yapısının etkili olabileceği düşünülmektedir.

### Şeker Verimi (kg da<sup>-1</sup>)

Araştırmada kullanılan Urja çeşidi en yüksek (928.68 kg da<sup>-1</sup>) şeker verimine ulaşırken, en düşük şeker verimi ise Dale (506.14 kg da<sup>-1</sup>) çeşidinden elde edilmiştir. Top 76-6 (742.39 kg da<sup>-1</sup>) ve M 81E (717.47 kg da<sup>-1</sup>) aynı istatistiki grupta yer alırken diğer çeşitler farklı gruplarda yer almıştır. 2017 yılına bakıldığında 871.74 kg da<sup>-1</sup> verimle Top 76-6 çeşidi en yüksek verime ulaşırken, en düşük verim PHS 12-10 ve Urja çeşitleri ile aynı istatistik grupta yer alan Dale (394.24 kg da<sup>-1</sup>) çeşidinden alınmıştır. Tsuchihashi ve Goto., (2004), Wray, Keller ve Rio çeşitlerini kullandıkları çalışmalarında şeker verimlerinin 286-401 kg/da; Reddy ve ark.. (2005), Hindistan'da farklı tatlı sorgum çeşitlerinin kullanıldığı araştırmada 240-290 kg/da; Almodares ve ark.. (2008), beş çeşit ve dört hattın kullanıldığı çalışmada 101-152 kg da<sup>-1</sup>; Zhao ve ark.. (2009), beş hibrit çeşitte şeker veriminin 410-740 kg da<sup>-1</sup>; Davila-Gomez ve ark. (2011), Rio, M81-E ve Della çeşitlerinin şeker verimlerinin 202-185 kg da<sup>-1</sup> olarak bulunduğu belirtilmektedir. Çalışmamızda elde edilen sonuçların bazı araştırmacıların (Reddy ve ark. 2005; Almodares ve ark. 2007; Davila-Gomez ve ark., 2011) sonuçlarından yüksek, bazıları (Tsuchihashi ve Goto , 2004; Zhao ve ark., 2009) ile uyumlu çıktığı görülmektedir.

### Biyöetanol Verimi (l da<sup>-1</sup>)

Çizelge 7. incelendiğinde biyoetanol verimleri bakımından çeşitler arasındaki farklılıklar 2016 ve 2017 yıllarında istatistiksel olarak önemsiz, yılların birleşik varyans analiz sonuçlarına göre ise istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. İki yılın birleşik varyans analiz sonuçlarına göre; en yüksek biyoetanol verimi M 81E (237.59 l da<sup>-1</sup>) çeşidinden elde edilmiştir. Urja (234.58 l da<sup>-1</sup>). Top 76-6 (225.62 l da<sup>-1</sup>) ve PHS 12-10 (213.80 l da<sup>-1</sup>) çeşitleri aynı istatistiki grupta yer almıştır. En düşük biyoetanol verimi ise Dale (160.10 l da<sup>-1</sup>) çeşidinden elde edilmiştir.

**Çizelge 7.** Farklı tatlı sorgum çeşitlerinde biyoetanol oranlarına ait 2016-2017 yılları ve birleşik analiz sonucu yapılan LSD testine göre oluşan gruplar

Çeşitler	Biyöetanol Verimi(l da <sup>-1</sup> )		
	2016	2017	Birleşik*
Dale	139.99	180.22	160.10 b
Theis	228.59	165.81	197.20 ab
M 81E	239.52	235.67	237.59 a
Top 76-6	195.49	255.76	225.62 a
PHS 12-10	209.28	218.33	213.80 a
Urja	223.62	245.55	234.58 a
LSD	Ö.D.	ÖD	49.08
CV(%)	22.88	22.56	22.72

\*: %5 önem seviyesine göre önemli

\*\* : %1 önem seviyesine göre önemli

Chavan ve ark., (2009), 14 tatlı sorgum genotipinde teorik biyoetanol veriminin 34-121 l/da arasında değiştiği; Zhao ve ark., (2009), beş hibrit çeşitte biyoetanol veriminin 94-113 l/da arasında değiştiği, Davila-Gomez ve ark., (2011), Rio, M81-E ve Della çeşitlerinin biyoetanol verimlerinin 92-



105 l/da arasında değiştiği, Geren ve ark. (2011), bir çeşit tatlı sorgumun teorik etanol verimi 83.1 l/da olarak elde edildiği vurgulanmıştır. Biyoetanol verimi bakımından da oldukça doyurucu bulguların elde edildiği çalışmamızda, söz konusu verim değerlerinin. bazı araştırmacıların (Chavan ve ark., 2009; Zhao ve ark., 2009; Davila-Gomez ve ark., 2011) sonuçlarından yüksek bulunduğu görülmektedir. Bu araştırmalarda biyoetanol verimi teorik olarak hesaplanmıştır. Ancak bizim çalışmamızda üretilen biyoetanol bir pilot tesis kullanılarak fermantasyon yolu ile elde edilmiştir.

## SONUÇ

Araştırma sonuçlarına göre, tatlı sorgum çeşitlerinin farklı kullanım amaçlarına göre; yeşil ot verimi, özsu verimi, şeker verimi yönünden Urja, biyoetanol verimi bakımından ise M81 E çeşidi tavsiye edilen çeşitler olmuşlardır. Tatlı sorgum çeşitleriyle ülkemizin tüm ekolojik bölgelerinde çalışmaların yapılarak enerji tarımına katkıda bulunacak çeşitlerin belirlenmesi özel önem arz etmektedir. GAP Bölgesinde yapılacak tatlı sorgum araştırmalarında Urja ne M81 E çeşitlerinin diğer agronomik çalışmalarla da (Sulama, gübreleme, ekim normu vb.) değerlendirilerek yapılacak yeni araştırmalarda bitki materyali olarak kullanılmasının bölge tarımına yeni koridorlar açacağı kanaatine varılmıştır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, TAGEM'e bağlı GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü tarafından "TAGEM/TBAD/15/A04/P09/01" kodlu proje ile desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Almodares A, Taheri R, Adeli S, 2007. Inter-relationship Between Growth Analysis and Carbohydrate Contents of Sweet Sorghum Cultivars and Lines. *Journal of Environmental Biology*, 28(3): 527-531.
- Almodares A, Taheri R, Adeli S, 2008. Stalk Yield Carbohydrate Composition of Sweet Sorghum (*sorghum bicolor* (L.) Moench) Cultivars and Lines at Different Growth Stages. *Malaysia Applied Biology*, 37 (1): 31-36.
- Anonim, 2020. 2002 Su Yılı Hidrometeorolojik Rasat Verileri. Şanlıurfa- Harran Ovası. Köy Hizmetleri Şanlıurfa Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları.
- Anonim, 2010. Tarımsal Değerleri Ölçme Denemeleri Teknik Talimatı. Sorgum (*Sorghum spp.*). T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü Tohumluk Tescil Ve Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü. 1-13.
- Anonim, 2018. <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=SANLIURFA>
- Atalay I, Mortan K, 2006. Türkiye Bölgesel Coğrafyası. İnkılap Kitabevi. 3. Baskı, s.585-620 Ankara-Türkiye.
- Chavan U.D, Patil J.V, Shinde M.S, 2009. An Assessment of Sweet Sorghum Cultivars for Ethanol Production. *Sugar Technology*, 11(4): 319-323.
- Claassen P.A.M, DE Vrije T, Budde M.A.W, 2004. Biological Hydrogen Production from Sweet Sorghum by Thermophilic Bacteria. 2nd World Conference on Biomass for Energy. Industry and Climate Protection. Rome. Italy. 10-14 May. 2004, 1522-1525.
- Balat M, Balat H, Öz C, 2008. Progress in Bioethanol Processing. *Progress in Energy and Combustion Science*. (34): 551-573.
- Davila-Gomez F.J, Chuck-Hernandez C, Perez-Carrillo E, Rooney W.L, Serna-Saldivar S.O, 2011. Evaluation of Bioethanol Production from Five Different Varieties of Sweet and Forage Sorghums (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Industrial Crops and Products*. (33): 611-616.
- Ekefre D.E, Mahapatra A.K, Latimore JR, Bellmer D.D, Jena. U, Whitehead G.J, Williams A.L, 2017. Evaluation of Three Cultivars of Sweet Sorghum as Feedstocks for Ethanol Production in the Southeast United States. *Heliyon*. doi: 10.1016/j.heliyon.2017. e00490.

- Eren, Ö, 2011. Çukurova Bölgesinde Tatlı Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Üretiminde Yaşam Döngüsü Enerji ve Çevresel Etki Analizi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Tarım Makinaları Anabilim Dalı. Doktora Tezi. 1-196 (Basılmış).
- Geren H, Avcıoğlu R, Kavut Y.T, Sakinoğlu Oruç Ç, Öztarhan H, 2011. İkinci Ürün Olarak Yetiştirilen Şeker Darısının (*Sorghum bicolor* (L.) Moench var. *Saccharatum*) Verim ve Verimle İlgili Diğer Bazı Özellikleri Üzerinde Bir Ön Araştırma. Türkiye IV. Tohumculuk Kongresi. Samsun. 2: 525-530. 14-17 Haziran 2011.
- Girgin V.Ç, 2012. Bornova Koşullarında İkinci Ürün Olarak Yetiştirilen Tatlı Sorgum(*Sorghum bicolor* L.)'da Farklı Azot Dozlarının Bazı Tarımsal ve Teknolojik Özelliklere Etkisi Üzerinde Araştırmalar. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Tarla Bitkileri Anabilim Dalı. Yüksek lisans tezi. 1-42 (Basılmış).
- Guiying L, Weibin G, Hicks A, Chapman K.R, 2003. A Training Manual for Sweet Sorghum. FAO-TCP/CPR/0066. 1-73. <http://ecoport.org/ep?SearchType=earticleView&earticleId=172&page=-2> (Erişim: 31.10.2019).
- Karayılmazlar S, Saraçoğlu N, Çabuk Y, Kurt R, 2011. Biyokütlenin Türkiye'de Enerji Üretiminde Değerlendirilmesi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 13 (19):63-75.
- Köppen S, Reinhard G, Gartner S, 2009. Assessment of Energy and Greenhouse Gas Inventories of Sweet Sorghum for First and Second Generation Bioethanol. Environment and Natural Resources Management series. 30. FAO. pp. 1-86. Rome.
- Reddy B.V.S, Ramesh S, Reddy P.S, Ramaiah B, Salimath P.M, Kachapur R, 2005. Sweet Sorghum a Potential Alternate Raw Material for Bio-ethanol and Bioenergy. International Sorghum and Millets Newsletter. (46): 79-86.
- Seydoşoğlu S, Cengiz R, 2020. İkinci Ürün Olarak Yetiştirilen Silajlık Mısır Çeşitlerinde Farklı Ekim Zamanları ile FAO Olum Gruplarının Verim ve Verim Unsurlarına Etkisinin Belirlenmesi. Euroasia Journal of Mathematics-Engineering Natural & Medical Sciences, (8):117-125.
- Soleymani A, Almodares A, Shahrajabian M.H, 2013. The Effect of Increase in Plant Density on Stem Yield. Sucrose Content and Ethanol Yield in Two Sweet Sorghum Cultivars. International Journal of Agronomy and Plant Production, 4 (4):642-646.
- Tsuchihashi N, Goto Y, 2004. Cultivation of Sweet Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) and Determination of its Harvest Time to Make Use as the Raw Material for Fermentation. Practiced During Rainy Season in Dry Land of Indonesia. Plant Production Science. 7(4): 442-448.
- Zhao Y.L, Dolat A, Steinberger Y, Wanga X, Osman A, Xie G.H, 2009. Biomass Yield and Changes in Chemical Composition of Sweet Sorghum Cultivars Grown for Biofuel. Field Crops Research, (111): 55-64.

**Kinoada Yüksek Tohum Üretimi İçin Uygun Ekim Zamanı ve Çeşitlerin Belirlenmesi**Süleyman TEMEL<sup>1\*</sup>, Alemşah TUFUR ÖZTÜRK<sup>2</sup>

**ÖZET:** Yüksek tane verimi ve kalitesini etkileyen teknik ve fizyolojik olgunluğun sağlanabilmesi için doğru ekim zamanı tespitlerinin yapılması büyük önem taşımaktadır. Mevcut çalışma ile İğdir sululu koşullarda ekilen kinoada yüksek tohum üretimi için uygun ekim zamanı ve çeşitlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla 15 kinoa genotipi ile öncesinde yürütülen adaptasyon çalışmasında en yüksek tohum verimine sahip Mint Vanilla ve Titicaca çeşitleri 10'ar gün aralıklarla (Mart'ın ortası, Mart'ın son haftası, Nisan'ın ilk haftası ve Nisan'ın ortası) ekilerek test edilmiştir. Çalışma 2017 ve 2018 yıllarında tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kuruldu. Analiz sonucunda; incelenen bazı parametreler üzerine yılların, ekim zamanların ve çeşitlerin etkisi önemli bulunmuştur. Buna göre bin tane ağırlığı (BTA) ve sapta ham protein (HP) oranı hariç diğer parametrelerin 2018 yılında daha yüksek olduğu görülmüştür. En yüksek salkım oranı, BTA, tohum verimi, hasat indeksi, tohumda ve sapta HP oranı Titicaca'da belirlenirken, olgunlaşma süresi, sap kalınlığı, bitki boyu, dal sayısı, saman ve biyolojik verim ise Mint Vanilla'da tespit edilmiştir. Diğer ekim zamanları ile kıyaslandığında olgunlaşma süresi, BTA ve hasat indeksi birinci ekim döneminde, sap kalınlığı, bitki boyu, dal sayısı, saman ve biyolojik verim ise ikinci ekim döneminde daha yüksek bulunmuştur. Sonuç olarak tohum verim ve kalite değerlerinde düşüşlerin yaşanmaması için ekimlerin geciktirilmeden (Mart'ın üçüncü haftasında) yapılması ve tohum üretimi için Titicaca çeşidinin bölge için uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Ekim zamanları, Ham protein, Mint Vanilla, Titicaca, Tohum özellikleri.

**Determination of Suitable Sowing Date and Varieties for High Seed Production in Quinoa**

**ABSTRACT:** It is of great importance to determine the correct sowing dates to ensure technical and physiological maturity that affects high grain yield and quality. With present study, it was aimed to determine the suitable sowing date and varieties in quinoa grown under Iğdir irrigated conditions for high seed production. For this purpose, in the adaptation study carried out with 15 quinoa genotypes, Mint Vanilla and Titicaca varieties with the highest seed yield were tested by sowing at 10-day intervals (mid-March, last week of March, early April and mid-April). The study was established according to split plot experimental design on completely randomized blocks with 3 replications in 2017 and 2018. As a result of analysis; the effects of years, sowing dates and varieties on some parameters examined were found to be significant. Accordingly, it was observed that the other parameters except for thousand grain weight (TGW) and crude protein (CP) ratio in stem were higher in 2018. While the highest panicle ratio, TGW, seed yield, harvest index, CP ratio in grain and stem were determined in Titicaca, ripening time, stem thickness, plant height, number of branches, straw and biological yield were determined in Mint Vanilla. Compared to other sowing dates, ripening period, TGW and harvest index were found to be higher in the first sowing period, but stem thickness, plant height, branch number, straw and biological yield in the second sowing date. Consequently, it was concluded that sowings should be done without delay (in the third week of March) to avoid significant decreases in seed yield and quality characteristics and that Titicaca for seed production was the suitable variety for this region.

**Keywords:** Sowing date, Crude protein, Mint Vanilla, Titicaca, Seed properties.

<sup>1</sup> Süleyman TEMEL (Orcid ID: 0000-0001-9334-8601), İğdir Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, İğdir, Türkiye

<sup>2</sup> Alemşah TUFUR ÖZTÜRK (Orcid ID: 0000-0001-8049-2655), Karakoyunlu İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, İğdir, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Süleyman TEMEL, e-mail: suleyman.temel@igdir.edu.tr

Bu çalışmanın ilk yılına ait veriler Alemşah TUFUR ÖZTÜRK'ün Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir

Geliş tarihi / Received: 13-09-2020

Kabul tarihi / Accepted: 04-10-2020

## GİRİŞ

And dağlarının bitkisi olarak bilinen kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), Orta ve Güney Amerika bölgesinde çok uzun yıllardan beri kültürü yapılan ve yerli halk tarafından tercih edilen tek yıllık bir türdür (Vega-Galves ve ark., 2010). Tohumları protein (%12.55-21.02), mineral maddeler (%3-4) ve karbonhidrat (%60-69), lif (%4-10) yönünden zengin olup, insan ve hayvan beslenmesinde iyi bir gıda kaynağıdır (Comai ve ark., 2007; Bhargava ve ark., 2008; Gül ve Tekce, 2016; Tan, 2019; Temel ve Tan, 2020). Ayrıca yüksek verim ve kaliteye sahip otu ve tohum hasadından sonra arta kalan samanı farklı hayvan gruplarının beslenmesinde iyi bir yem kaynağıdır (Bertero ve Ruiz, 2010, Tan ve Temel, 2017a, 2018; Keskin ve Önkür, 2019; Tan ve Temel, 2019; Temel ve Şurgun, 2019; Temel ve Keskin, 2020; Temel ve Yolcu, 2020). Kinoa, yüksek verim ve besin değeri yanında ekstrem iklim ve toprak koşullarına dayanıklı olması ve farklı yükseltilerde yetişebilmesiyle de ön plana çıkan bir bitki konumundadır (Gonzalez ve ark., 2009; Razzaghi ve ark., 2012). Sahip olduğu bu özelliklerinden dolayı FAO 2013 yılını kinoa yılı ilan etmesi ve NASA'nın kinoayı astronotların beslenmesinde kullanmaya başlaması bitkiye olan ilgiyi arttırmış ve bugün Dünya'da 50'den fazla ülkede yetiştiriciliği yapılmaktadır (Tan ve Temel, 2019).

Bitkinin marjinal alanlarda yetişebilmesi, farklı amaçlar için kullanılabilmesi ve ekonomik getirisinin yüksek olmasından dolayı son yıllarda Ülkemizde de kinoa bitkisine olan talep artmıştır (Tan ve Temel, 2019). Artan bu taleple birlikte bilim insanları kinoada yüksek verim ve kaliteye sahip ot ve tohum tipi çeşitlerin belirlenmesi ve bölgelere göre uygun agronomik özelliklerin (ekim zamanı, ekim normu, gübreleme, sulama v.b.) ortaya konulması amacıyla çok sayıda araştırma yürütmüşlerdir (Geren, 2015; Geren ve ark., 2015; Kır ve Temel, 2016, 2017; Geren ve Güre, 2017; Tan ve Temel, 2017; 2018; Çakmakçı ve Temel, 2019; Keskin ve Önkür, 2019; Önkür ve Keskin, 2019; Temel ve Keskin, 2019a, 2019b; Temel ve Şurgun, 2019; Kaya ve Kızıl Aydemir, 2020; Temel ve Yolcu, 2020; Temel ve Tan, 2020). Ancak ülkemizde kinoada yüksek tohum verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla farklı ekim zamanlarının test edildiği araştırma sayısı yok denecek kadar azdır. Bu amaçla sadece Altuner ve ark. (2019) Kızıltepe-Mardin koşullarında 2 kinoa çeşidini 3 ekim zamanında, Geren ve ark. (2014) Bornova-İzmir koşullarında ve Alper (2017) ise Kazova-Tokat koşullarda tek bir kinoa çeşidini 4 ekim zamanında test etmişlerdir. Ancak yürütülen bu çalışmalarda tercih edilen çeşitler öncesinde her hangi bir adaptasyon çalışması yapılmadan incelemeye alınmıştır. Doğrusu bölge için uygun çeşit veya çeşitler belirlendikten sonra ekim zamanı çalışmalarının planlanmasıdır.

Bu anlamda mevcut çalışmada, iki yıl süreyle öncesinde bölgede yürütülen adaptasyon çalışmasında 15 kinoa genotipi arasında en yüksek tohum verim değerleri gösteren Titicaca ve Mint Vanilla çeşitleri kullanılarak, tohum üretimi için uygun ekim dönemlerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Ayrıca bölgelere göre tercih edilen ekim zamanı ve çeşitlerin tohum verim ve kalite değerlerinin farklılık gösterdiği bilinen bir geçektir. Dolayısıyla kinoa tarımının Ülkemizde yaygınlaştırılması ve karlı bir üretim için bu tür çalışmaların artırılması ve bölgelere göre yapılması önem arz etmektedir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma 2017-2018 yıllarında 876 m rakımda yer alan Iğdır Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkez sahasında yürütülmüştür. Çizelge 1'de araştırma yürütüldüğü yıllar ve uzun yıllar ortalamasına ait bazı iklim değerleri verilmiştir (MGM, 2019). Bu verilere göre araştırmanın yapıldığı yıllar uzun yıllar ortalamasına göre daha yüksek sıcaklık ve nispi nem değerine ve daha düşük yağış miktarına (özellikle de 2017 yılı) sahip olduğu görülmüştür. Sonuçta ise araştırmanın yürütüldüğü yıllar daha kurak olmuştur.

**Çizelge 1.** Araştırma bölgesine ait bazı iklim verileri

Aylar	Sıcaklık (°C)			Yağış (mm)			Nispi nem (%)		
	UYO**	2017	2018	UYO	2017	2018	UYO	2017	2018
<b>Mart</b>	8.5	6.7	12.3	19.0	11.4	16.5	47.7	59.9	51.9
<b>Nisan</b>	14.4	13.4	14.2	43.9	18.1	18.2	50.5	47.2	49.6
<b>Mayıs</b>	18.4	18.6	18.4	57.2	57.0	69.3	56.2	54.0	65.5
<b>Haziran</b>	23.6	24.2	23.4	30.5	8.2	31.8	46.1	42.9	54.5
<b>Temmuz</b>	26.9	28.0	29.2	15.8	5.3	5.8	42.7	35.4	42.8
<b>Ağustos</b>	26.8	27.8	26.4	9.3	8.9	4.1	41.8	44.2	48.4
<b>Eylül</b>	21.8	23.5	22.8	12.4	2.2	6.5	46.4	44.8	48.2
<b>Ortalama/Toplam</b>	20.1	20.3	21.0	188.1	111.1	152.2	47.3	46.9	51.6

\*\* Uzun yıllar ortalaması

Her iki yılda da deneme alanından toprak örnekleri alınmış ve analiz sonucu toprakların; killi-tınlı yapıda, az tuzlu (7.6-8.3 dS m<sup>-1</sup> EC), hafif alkali (7.6-8.3 pH), orta kireçli (%10.57-11.10), yarayıslı fosfor içeriği az (2.55-5.33 kg da<sup>-1</sup>) ve potasyum içeriği yüksek (130.0-136.9 kg da<sup>-1</sup>) bulunmuştur. Organik madde içeriği ise 2017 ve 2018 yıllarında sırasıyla iyi (%3.08) ve az (%1.27) olarak belirlenmiştir (Kacar, 2012). Mevcut çalışmada bitki materyali olarak öncesinde yapılan adaptasyon çalışmasında en yüksek tohum verim özellikleri gösteren Mint Vanilla ve Titicaca çeşitleri (Kır ve Temel, 2017), deneme materyali olarak da 4 farklı ekim zamanı (Mart'ın ortası, Mart'ın son haftası, Nisan'ın ilk haftası ve Nisan'ın ortası) tercih edilmiştir. Gübrelemede azot kaynağı olarak amonyum sülfat, fosfor kaynağı olarak da triple süper fosfat kullanılmıştır.

Denemede ana parsellere ekim zamanları, alt parsellere çeşitler yerleştirilerek araştırma tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Ana parseller ve bloklar arasında 2.0 m, alt parseller arasında ise 1.0 m boşluk bırakılarak hazırlanan deneme deseninde, parsel uzunlukları 3.0 m, genişlikleri ise 1.75 m olarak ayarlanmıştır. Tohumlar 35 cm sıra aralığında markörle açılan çizilere 1.5-2.0 cm derinliğinde ve 15 cm sıra üzeri olacak şekilde ekilmişlerdir (Pulvento ve ark., 2010; Geren ve ark., 2015). Ekimler arasında 10 günlük zaman diliminin olmasına dikkat edilmiş ve buna göre 2017 yılında ilk ekimler (EZ<sub>1</sub>) 15 Mart, ikinci ekimler (EZ<sub>2</sub>) 25 Mart, üçüncü ekimler (EZ<sub>3</sub>) 5 Nisan ve dördüncü ekimler (EZ<sub>4</sub>) 15 Nisan'da, 2018 yılında ise birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü ekimler sırasıyla 16 Mart, 27 Mart, 7 Nisan ve 19 Nisan tarihlerinde gerçekleştirilmiştir. Ekim öncesi dekara 7.5 kg N ve 8 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> gelecek şekilde gübreleme yapılmıştır. Ayrıca bitkiler 30-40 cm boya ulaştıklarında ilave 5 kg daha N uygulanmıştır (Geren ve ark., 2015). Yağış durumu, bitki ve topraktaki nem içeriği dikkate alınarak çiçeklenme öncesine kadar sulamalar yağmurlama şeklinde, sonrasında ise salma sulama şeklinde gerçekleştirilmiştir. Hasatlar bitkilerdeki çiçek salkımlarının kurduğu ve yaprakların sararıp dökülmeye başladığı dönemde yapılmış (Bertero ve ark., 2004) ve ekim tarihinden hasat dönemine kadar geçen süre olgunlaşma süresi olarak kaydedilmiştir. Hasat alanı içerisinden rastgele seçilen 10 bitkinin kök boğazından en uç tepe kısmına kadar olan mesafe ölçülerek ortalama bitki boyu (cm), toprak seviyesinden 7.5 cm yükseklikteki kısım kumpas aleti ile ölçülerek bitkinin ana sap kalınlığı (mm) ve ana sap üzerinde çıkan dallar sayılarak dal sayısı (adet) belirlenmiştir. Yine bu 10 bitki üzerindeki sap ve salkımlar ayırt edilerek ayrı ayrı kurutulup (40 °C) tartılmış ve daha sonra salkım ağırlıkları toplam ağırlıklarına oranlanarak salkım oranları (%) belirlenmiştir. Hasat döneminde kenar kısımlarından birer sıra, parsel başlarından da 0.5 m'lik kısımlar atılarak geri kalan alan içerisindeki bitkiler hasat edilmiştir. Daha sonra 40 °C'ye ayarlı kurutma fırınında ağırlıkları sabit oluncaya kadar örnekler kurutulmuş ve tartım sonucu önce birim alandaki daha sonra da basit bir eşitlikle dekara biyolojik verimleri belirlenmiştir. Sonra bu bitkiler harman edilerek tohumlar, sap, salkım ve kavuzlarından ayırt edilmiş ve tartım sonucu kavuzsuz tohum verimleri (kg da<sup>-1</sup>) belirlenmiştir. Geri kalan kısımlar (sap+kavuz) ise saman verimi (kg da<sup>-1</sup>) olarak hesaplanmıştır. Daha sonra elde edilen



tohum verimleri, biyolojik verime oranlanarak hasat indeksleri (%) bulunmuştur. Tohumları çıkartılan her bir çeşitten 4 tekerrürlü 100 adet tohum sayılarak tartılmış ve daha sonra ortalaması alınıp 10 ile çarpılarak bin tane ağırlıkları (g) hesaplanmıştır. Son olarak öğütülmüş örneklerde Mikro Kjeldahl yöntemine göre önce %N oranları, daha sonra elde edilen bu oranlar 6.25 katsayısı ile çarpılarak bitkilerin sapta ve tohumda ham protein oranları belirlenmiştir (AOAC, 1997).

Araştırma sonucunda elde edilen veriler JMP İstatistik Paket programında tesadüf bloklarında yıl tekrarlamalı bölünmüş parseller deneme desenine göre istatistiki analizine tabii tutulmuş ve önemli çıkan ortalamalar LSD testine göre gruplandırılmıştır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Farklı zamanlarda ekilen kinoa çeşitlerinin olgunlaşma süreleri ve sap kalınlıkları (yıl hariç) ana faktörler bakımından önemli bulunmuştur (Çizelge 2). Olgunlaşma süreleri açısından en geç olgunlaşma (152.7 gün) 2018 yılında, ekim zamanları açısından ilk dönemde yapılan ekimde (157.7 gün) ve çeşitler arasında ise Mint Vanilla (155.5 gün)'da belirlenmiştir. 2018 yılının 2017 yılına göre daha yağışlı geçmesi bitkilerin vejetatif gelişmesini arttırdığından, daha geç dönemde hasat olgunluğuna gelmesine neden olmuş olabilir. Ekim zamanı açısından oluşan farklılığın sebebi ise geç dönemde yapılan ekimlerde hava sıcaklıklarının artmasıyla bitkilerin yeterli bir vejetatif gelişme göstermeden generatif aşamaya geçmesinden kaynaklanmış olabilir. Çünkü toplam sıcaklık gereksinimlerini daha kısa zaman diliminde karşılayan bitkiler daha erken bir dönemde hasat olgunluğuna gelebilmektedirler (Spehar ve De Barros Santos, 2005; Pulvento ve ark., 2010; Munir, 2011). Çeşitler arasında oluşan farklılık ise çeşitlerin genetik yapılarına bağlı olarak geçici ve erkenci olmalarından kaynaklanmış olabilir. Nitekim kinoa genotipleri arasında olgunlaşma sürelerinin farklılık gösterdiği pek çok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Jacobsen, 2003; Bhargava ve ark., 2007; Gesinski, 2008). Ayrıca Kır ve Temel (2017), Titicaca ve Mint Vanilla çeşitlerinde olgunlaşma sürelerinin sırasıyla 148.8 ve 157.5 gün olduğunu belirtmişlerdir. 2017 yılına göre 2018 yılında ilk dönemde yapılan ekimlerin olgunlaşma sürelerindeki artış diğer ekim dönemlerinden daha yüksek oranda gerçekleşmiş, bu da yıl x ekim zamanı etkisinin önemli çıkmasına neden olmuş olabilir (Şekil 1a).

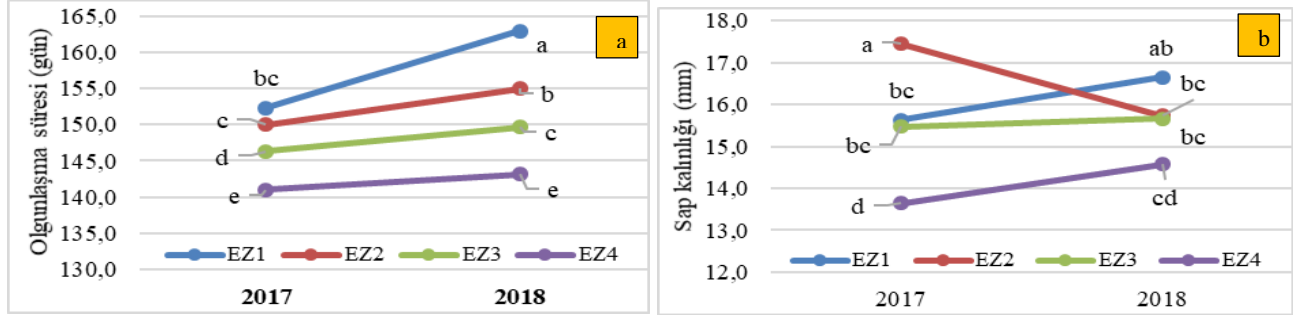
**Çizelge 2.** İki yıl süreyle farklı dönemlerde ekilen kinoa çeşitlerinin olgunlaşma süreleri ve sap kalınlıkları

Yıllar	Çeşitler	Olgunlaşma süresi (gün)				Yıl (Y) Ort.	Sap kalınlığı (mm)				Yıl (Y) Ort.
		EZ <sub>1</sub>	EZ <sub>2</sub>	EZ <sub>3</sub>	EZ <sub>4</sub>		EZ <sub>1</sub>	EZ <sub>2</sub>	EZ <sub>3</sub>	EZ <sub>4</sub>	
2017	Mint Vanilla	159.7	156.7	150.7	144.0	147.4 b	16.2	18.9	16.1	13.9	15.6
	Titicaca	145.0	143.3	142.0	138.0		15.1	16.0	14.8	13.4	
2018	Mint Vanilla	169.3	160.7	153.3	149.3	152.7 a	17.3	16.2	16.2	15.3	15.7
	Titicaca	156.7	149.3	146.0	137.0		16.0	15.3	15.2	13.8	
<b>Ekim zamanı (EZ) Ort.</b>		157.7 a	152.5 b	148.0 c	142.1 d		16.1 ab	16.6 a	15.6 b	14.1 c	
<b>Çeşit (Ç) Ort.</b>		Mint Vanilla: 155.5 a				Titicaca: 144.7 b	Mint Vanilla: 16.3 a				Titicaca: 14.9 b
<b>LSD değeri ve önemlilik</b>		Y: 1.53**, EZ: 2.17**, Ç: 1.57**, Y x EZ: 3.06**, Y: ö.d., EZ: 0.99**, Ç: 0.64**, Y x EZ: 1.40*, Y x Ç: ö.d., EZ x Ç: ö.d., Y x EZ x Ç: ö.d.					Y x Ç: ö.d., EZ x Ç: ö.d., Y x EZ x Ç: ö.d.				

\*: p<0.05, \*\*: p<0.01, ö.d.: önemsiz değer. Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur

Sap kalınlığı açısından değerlendirildiğinde Mint Vanilla çeşidi (16.3 mm) Titicaca (14.9 mm)'dan daha yüksek sap kalınlığına sahip olmuştur (Çizelge 2). Konu ile ilgili olarak Kır ve Temel (2017), 11 kinoa çeşidi ile yürüttükleri bir çalışmada çeşitlerin 12.08-19.05 mm arasında değişen sap kalınlıklarına sahip olduklarını belirtmişlerdir. Bu, çeşitlerin genetik yapılarına bağlı olarak ve ortam koşullarına farklı tepki vermesinden kaynaklanmış olabilir. Ekim dönemleri açısından ise en yüksek sap kalınlığı (16.6 mm) ikinci dönemde yapılan ekimde, en düşük (14.1 mm) ise son dönemde yapılan ekimde belirlenmiştir (Çizelge 2). Geç ekimlerde sap kalınlıklarının düşük çıkması, ilk ekim dönemlerine göre geç dönemde

yapılan ekimlerde bitkilerin daha yüksek hava sıcaklıklarına maruz kalması ve yeterli bir vejetatif gelişme sağlamadan generatif aşamaya geçmesinden kaynaklanmış olabilir. Çünkü sıcaklık artışları kinoanın daha erken bir dönemde generatif aşamaya geçmesine neden olmaktadır (Spehar ve De Barros Santos, 2005; Pulvento ve ark., 2010; Munir, 2011). Şekil 1b incelendiğinde, 2017 yılına göre 2018 yılında ikinci dönemde yapılan ekimlerin sap kalınlıkları düşüş gösterirken, diğer ekim dönemlerin sap kalınlıkları artış göstermiştir. Bu da yıl x ekim zamanı interaksiyonun önemli çıkmasına neden olmuştur.



Şekil 1. Olgunlaşma süresi (a) ve sap kalınlığı (b) üzerine yıl x ekim zamanı interaksiyonun etkisi.

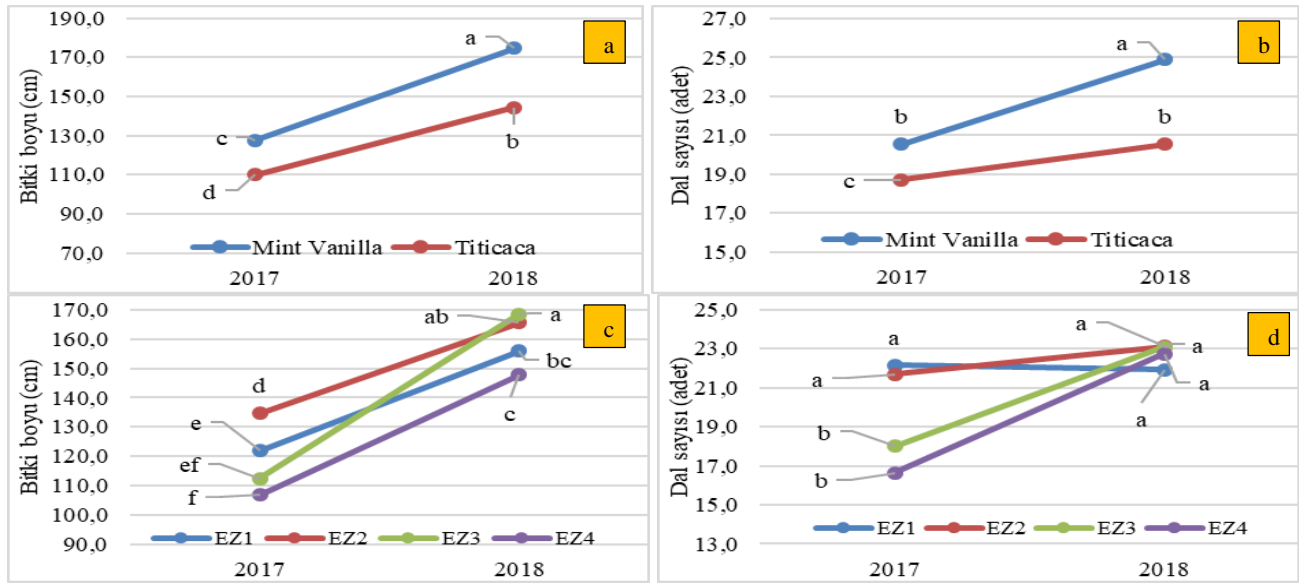
İki yıl süreyle yürütülen bu çalışmada bitki boyu ve dal sayısı üzerine yıl, ekim zamanı ve çeşitlerin etkisi istatistik olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 3). Çizelge 3 incelendiğinde 2018 yılında yapılan ekimlerde bitki boyu ve dal sayısının daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu, 2018 yılının 2017 yılına göre daha ılıman geçmesinden kaynaklanmış olabilir. Çeşitler açısından değerlendirildiğinde Mint Vanilla çeşidi, Titicaca'dan daha yüksek bir boylanma ve dal sayısına sahip olmuştur (Çizelge 3). Nitekim Temel ve Kır (2017) 11 kinoa çeşidi ile yürüttükleri çalışmada, çeşitler arasında bitki boyu ve dal sayılarının farklılık gösterdiğini ve Mint Vanilla çeşidinin Titicaca'dan daha fazla dal sayısı ve boylanma gösterdiğini rapor etmişlerdir. Ekim zamanları açısından ise Mart'ın sonunda (EZ<sub>2</sub>) yapılan ekimlerin bitki boyu diğer ekim dönemlerine göre daha yüksek olmuştur (Çizelge 3). Bu tarihten önce yapılan ekimlerde kinoanın çimlenme ve fide gelişimi için sıcaklığın düşük olması, sonrasında yapılan ekimlerde ise vejetatif gelişmeyi olumsuz etkileyip generatif aşamaya geçmeye teşvik eden sıcaklığın fazla olması, buna neden olmuş olabilir. Nitekim Bertero ve ark. (2004), erken ekimlerde düşük sıcaklıklar, geç ekimlerde ise yüksek sıcaklıklar kinoanın vejetatif gelişmesini aksatarak bitki boylarını kısalttığını bildirmişlerdir. Çizelge 3 incelendiğinde dal sayılarının geç dönemlerde yapılan ekimlere göre ilk dönemlerde yapılan ekimlerde (EZ<sub>1</sub> ve EZ<sub>2</sub>) daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu erken dönemlerde yapılan ekimlerde bitkilerin daha uzun bir yetiştirme süresine sahip olması ve dolayısıyla vejetatif gelişmesini etkin bir şekilde tamamlayabilmesinden kaynaklanmış olabilir. Nitekim kinoa bitkisi ile yapılan çalışmalar, erken ekimlerin geç ekimlere kıyasla daha fazla dal sayısına sahip olduğunu göstermiştir (Geren ve ark., 2014; Alper, 2017).

Çizelge 3. İki yıl süreyle farklı dönemlerde ekilen kinoa çeşitlerinin bitki boyu ve dal sayıları

Yıllar	Çeşitler	Bitki boyu (cm)				Yıl (Y) Ort.	Dal sayısı (adet)				Yıl (Y) Ort.
		EZ <sub>1</sub>	EZ <sub>2</sub>	EZ <sub>3</sub>	EZ <sub>4</sub>		EZ <sub>1</sub>	EZ <sub>2</sub>	EZ <sub>3</sub>	EZ <sub>4</sub>	
2017	Mint Vanilla	133.6	146.5	118.9	111.9	118.9 b	23.6	22.9	18.7	17.0	19.6 b
	Titicaca	110.3	122.7	105.8	101.7		20.7	20.5	17.3	16.3	
2018	Mint Vanilla	175.8	181.2	183.3	157.8	159.5 a	25.1	25.5	24.7	24.2	22.7 a
	Titicaca	136.3	150.0	153.8	137.7		18.7	20.7	21.4	21.2	
<b>Ekim zamanı (EZ) Ort.</b>		139.0 b	150.1 a	140.5 b	127.3 c		22.0 a	22.4 a	20.5 b	19.7 b	
<b>Çeşit (Ç) Ort.</b>		Mint Vanilla: 151.1 a					Mint Vanilla: 22.7 a				
		Titicaca: 1127.3 b					Titicaca: 19.6 b				
<b>LSD değeri ve önemlilik</b>		Y: 6.22**, EZ: 8.80**, Ç: 4.58**, Y x EZ: 12.44**, Y: 1.06**, EZ: 1.50**, Ç: 0.90**, Y x EZ: 2.12**, Y x Ç: 6.47**, EZ x Ç: ö.d., Y x EZ x Ç: ö.d. Y x Ç: 1.27**, EZ x Ç: ö.d., Y x EZ x Ç: ö.d.									

\*\* : p<0.01, ö.d.: önemsiz değer. Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur

Bu çalışmada bitki boyu ve dal sayısı üzerine yıl x çeşit ve yıl x ekim zamanı interaksyonunun etkisi önemli bulunmuştur (Şekil 2). 2017 yılına göre 2018 yılında Mint Vanilla çeşidinin bitki boyu ve dal sayısındaki artış Titicaca'dan daha yüksek oranda gerçekleşmiştir (Şekil 2a; Şekil 2b). Bu da bitki boyu ve dal sayısı açısından yıl x çeşit interaksyonunun önemli çıkmasına neden olmuştur. Şekil 2c incelendiğinde, 2017 yılına göre 2018 yılında Mayıs'ın ilk haftasında yapılan ekimdeki (EZ<sub>3</sub>) boylanmanın diğer ekim zamanlarına göre daha yüksek oranda artış gösterdiği görülmektedir. Dal sayısı açısından yıl x ekim zamanı interaksyonu değerlendirildiğinde, birinci (EZ<sub>1</sub>) ve ikinci (EZ<sub>2</sub>) dönemde yapılan ekimlerin dal sayısı yıllara göre değişmezken, üçüncü (EZ<sub>3</sub>) ve dördüncü (EZ<sub>4</sub>) zamanda yapılan ekimlerin dal sayıları ise 2017 yılına göre 2018 yılında önemli oranda artış göstermiştir (Şekil 2d). Oluşan bu farklılıklar ise yıl x ekim zamanı interaksyonunun önemli çıkmasına neden olmuş olabilir.



Şekil 2. Bitki boyu ve dal sayısı üzerine yıl x çeşit (a ve b) yıl x ekim zamanı (c ve d) interaksyonunun etkisi.

Yapılan bu çalışmada salkım oranı yıl ve çeşitler arasında, bin tane ağırlığı ise yıl, ekim zamanı ve çeşitler açısından önemli farklılıklar göstermiştir (Çizelge 4). Çizelge 4 incelendiğinde, en yüksek salkım oranının (%73.75) 2018 yılında, bin tane ağırlığının (2.35 g) ise 2017 yılında alındığı görülmüştür. Bu, 2017 yılına göre daha ılıman geçen 2018 yılında bitkilerin daha fazla kütle (dal sayısı, salkım uzunluğu, kuru salkım ağırlığı v.b.) oluşturmasından ve daha fazla kütle oluşturan bitkilerin ise su, besin elementi, ışık ve sıcaklık yönünden daha fazla rekabete girmesinden kaynaklanmış olabilir. Çeşitler açısından ise en yüksek salkım oranı (%73.61) ve bin tane ağırlığı (2.36 g) Titicaca'da belirlenmiştir (Çizelge 4). Çeşitlerin genetik özelliklerinin farklı olması buna neden olmuş olabilir. Nitekim öncesinde yürütülen çalışmalarda salkım oranı ve bin tane ağırlıklarının çeşitler arasında (1.98-3.46) farklılıklar gösterdiği ortaya konmuştur (Bertero ve ark., 2004; Bertero ve Ruiz, 2010; Sajjad ve ark., 2014; Kır ve Temel, 2016; 2017; Tan ve Temel, 2018; Altuner ve ark., 2019).

Ekim zamanı açısından değerlendirildiğinde, en yüksek bin tane ağırlığı (2.63 g) Mart ayı ortasında yapılan ekimlerden, en düşük değer ise son dönemde yapılan ekimlerden elde edilmiştir (Çizelge 4). Birçok araştırmacı erken dönemde yapılan ekimlerde salkımlardaki tane sayısının seyrek ve dolayısıyla besin maddesi taşınımının daha yüksek oranda olduğunu, oysa geç dönemde yapılan ekimlerde ise tanelerin aşırı sıcaklıktan cılız kalması sonucu bin tane ağırlıklarının düştüğünü bildirmişlerdir (Risi ve Galwey, 1991; Iliadis ve ark., 1999; Hirich ve ark., 2014). Nitekim yapılan çalışmalarda ekim zamanı ilerledikçe bin tane ağırlıklarının sürekli olarak düştüğü bildirilmiştir (Geren ve ark., 2014; Sajjad ve ark., 2014). Çizelge 4 incelendiğinde, salkım oranı üzerine ikili interaksyonlar

yanında üçlü interaksiyonun da önemli çıktığı görülmüştür. Buna göre en yüksek salkım oranı 2018 yılında Mart (EZ<sub>1</sub>) ve Nisan ayı ortasında (EZ<sub>4</sub>) ekilen Titicaca'dan, en düşük oran ise 2017 yılında Nisan ayı ortasında (EZ<sub>4</sub>) ekilen Mint Vanilla çeşidinden alınmıştır. Bu, Mint Vanilla çeşidinin Titicaca çeşidine göre değişen çevresel koşullara daha yüksek oranda tepki vermesinden kaynaklanmış olabilir. Nitekim Bertero ve ark. (2004), kinoanın vejetatif ve generatif gelişmesinin çeşit ve çevre faktörlerinden önemli oranda etkilendiğini belirtmişlerdir.

**Çizelge 4.** İki yıl süreyle farklı dönemlerde ekilen kinoa çeşitlerinin salkım oranları ve bin tane ağırlıkları

Yıllar	Çeşitler	Salkım oranı (%)				Yıl (Y) Ort.	Bin tane ağırlığı (g)				Yıl (Y) Ort.
		EZ <sub>1</sub>	EZ <sub>2</sub>	EZ <sub>3</sub>	EZ <sub>4</sub>		EZ <sub>1</sub>	EZ <sub>2</sub>	EZ <sub>3</sub>	EZ <sub>4</sub>	
2017	Mint Vanilla	56.89 f	63.38 e	55.85cf	52.35 g	63.49 b	2.54	2.38	2.09	1.81	2.35 a
	Titicaca	67.91 d	70.69 cd	69.76 d	71.11 cd		2.96	2.52	2.44	2.04	
2018	Mint Vanilla	69.37 d	68.72 d	69.16 d	73.35 bc	73.75 a	2.32	2.13	1.91	1.74	2.13 b
	Titicaca	82.90 a	70.10 cd	76.52 b	79.93 a		2.70	2.23	2.13	1.87	
<b>Ekim zamanı (EZ) Ort.</b>		69.27	68.22	67.82	69.18		2.63 a	2.32 b	2.14 b	1.86 c	
<b>Çeşit (Ç) Ort.</b>		Mint Vanilla: 63.63 b					Titicaca: 73.61 a				
<b>LSD değeri ve önemlilik</b>		Y: 1.43**, EZ: ö.d., Ç: 1.17**, Y x EZ: 2.86**, Y x Ç: 1.65**, EZ x Ç: 2.34**, Y x EZ x Ç: 3.31**					Mint Vanilla: 2.11 b				
		Titicaca: 2.36 a					Titicaca: 2.36 a				

\*\* : p<0.01, ö.d.: önemsiz değer. Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur

Farklı zamanlarda ekilen kinoa çeşitlerinin tohum ve saman verimleri üzerine yılların (saman verimi hariç), çeşitlerin ve ekim zamanların etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge 5). Çizelge 5 incelendiğinde, 2018 yılında elde edilen tohum verimlerinin 2017 yılından daha yüksek çıktığı görülmüş, bu da iklim özelliklerin yıllara göre farklılık göstermesinden kaynaklanmış olabilir (Tan ve Temel, 2018). Tohum ve saman verimi ile ilişkili olan salkım oranı, bitki boyu, sap kalınlığı ve dal sayısı gibi özellikler genetik yapılarından dolayı çeşitlere göre farklılık gösterebilmektedir (Kır ve Temel, 2016; 2017). Yürütülen bu çalışmada da salkım oranı yüksek olan Titicaca (Çizelge 4) en yüksek tohum verimine, bitki boyu, sap kalınlığı ve dal sayısı daha yüksek olan Mint Vanilla çeşidi (Çizelge 2; Çizelge 3) ise en fazla saman verimine sahip olmuştur (Çizelge 5). Öncesinde yürütülen çalışmalarda da çeşitler arasında tohum (11.02-983.0 kg da<sup>-1</sup>) ve saman (289.00.73-1507.60 kg da<sup>-1</sup>) verimlerinin farklılık gösterdiği ortaya konmuştur (Bhargava ve ark., 2008; Pulvento ve ark., 2010; Razzaghi ve ark., 2012; Kır ve Temel, 2016; 2017; Tan ve Temel, 2017b; 2018).

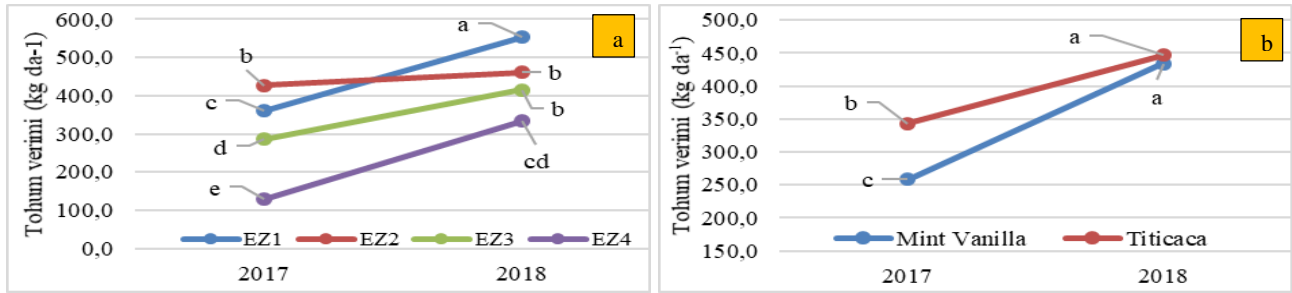
İki yıl süreyle yürütülen mevcut çalışmada, ilk iki ekim (EZ<sub>1</sub> ve EZ<sub>2</sub>) döneminden elde edilen tohum verimlerin diğer ekim dönemlerinden daha yüksek olduğu saptanmıştır. Saman verimi açısından ise en yüksek verimlerin Mart ayının son haftasında (EZ<sub>2</sub>), en düşük verimlerin ise Nisan ayının ortasında (EZ<sub>4</sub>) yapılan ekimlerden alındığı görülmüştür (Çizelge 5). Bu, geç dönemde yapılan ekimlerde artan sıcaklıklarla birlikte bitkilerin vejetatif gelişimini hızlı bir şekilde tamamlayıp generatif döneme geçmesinden kaynaklanmış olabilir. Ayrıca yüksek sıcaklıkların etkisiyle döllenme ve tohum oluşumunun olumsuz etkilenmesi, tohum verimlerinin geç dönemlerde yapılan ekimlerde düşük olmasının sebebi olarak görülebilir. Çünkü yüksek sıcaklıklar kinoada fizyolojik olgunluğu engellemekte ve verimin düşmesine sebep olmaktadır (Gonzalez ve ark., 2012). Nitekim Alper (2017), çiçeklenme döneminde görülen yüksek sıcaklık ve kuru havanın etkisiyle kinoa bitkisinden tane verimlerinin alınamadığını bildirmiştir. Ayrıca farklı ekolojilerde yürütülen çalışmalarda ekim zamanındaki gecikme ile birlikte tohum ve saman verimlerinde önemli düşüşlerin olduğu ortaya konmuştur (Iliadis ve ark., 1999; Shams, 2011; Geren ve ark., 2014; Hirich ve ark., 2014).

**Çizelge 5.** İki yıl süreyle farklı dönemlerde ekilen kinoa çeşitlerinin tohum ve saman verimleri

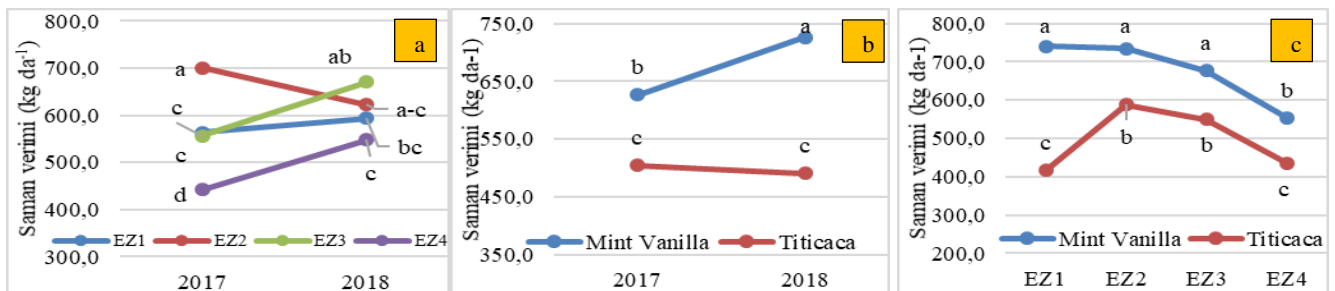
Yıllar	Çeşitler	Tohum verimi (kg da <sup>-1</sup> )				Yıl (Y)	Saman verimi (kg da <sup>-1</sup> )				Yıl (Y)
		EZ <sub>1</sub>	EZ <sub>2</sub>	EZ <sub>3</sub>	EZ <sub>4</sub>		EZ <sub>1</sub>	EZ <sub>2</sub>	EZ <sub>3</sub>	EZ <sub>4</sub>	
2017	Mint Vanilla	297.3	418.6	255.8	61.9	300.7 b	656.0	756.4	604.6	490.2	565.7
	Titicaca	424.0	435.5	315.8	196.6		470.6	644.8	509.2	393.6	
2018	Mint Vanilla	572.1	475.5	410.0	280.3	440.7 a	824.1	711.9	749.9	618.8	608.7
	Titicaca	534.7	445.7	419.8	387.6		362.3	532.7	591.4	478.3	
<b>Ekim zamanı (EZ) Ort.</b>		457.0 a	443.8 a	350.3 b	231.6 c		578.2 b	661.4 a	613.8 ab	495.2 c	
<b>Çeşit (Ç) Ort.</b>		Mint Vanilla: 346.4 b					Titicaca: 395.0 a				
<b>LSD değeri ve önemlilik</b>		Y:24.33**, EZ:34.41**, Ç:35.72*, Y x EZ:48.66**, Y: ö.d., EZ:61.27**, Ç: 40.81**, Y x EZ:86.55*, Y x Ç:50.51*, EZ x Ç:ö.d., Y x EZ x Ç:ö.d.					Y x Ç:57.72**, EZ x Ç:81.63**, Y x EZ x Ç: ö.d.				

\*: p<0.05, \*\*: p<0.01, ö.d.: önemsiz değer. Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur

Tohum verimi üzerine yıl x ekim zamanı ve yıl x çeşit interaksiyonunun etkisi sırasıyla %1 ve %5 seviyesinde önemli bulunmuştur (Çizelge 5). Şekil 3a incelendiğinde, ikinci ekim zamanının (EZ<sub>2</sub>) tohum verimi yıllara göre değişmezken, diğer ekim zamanlarının tohum verimleri 2017 yılına göre 2018 yılında önemli oranda artış göstermiştir. Yıl x çeşit interaksiyonu açısından değerlendirildiğinde, 2017 yılına göre 2018 yılında Titicaca daha düşük oranda bir tohum verim artışı gösterirken, Mint Vanilla çeşidi daha yüksek oranda bir artış göstermiştir. Oluşan bu farklılıklar tohum verimi açısından ikili interaksiyonların önemli çıkmasına neden olmuştur.

**Şekil 3.** Tohum verimi üzerine yıl x ekim zamanı (a) ve yıl x çeşit (b) interaksiyonunun etkisi.

Saman verimi üzerine ise tüm ikili interaksiyonların etkisi istatistiki olarak önemli farklılık göstermiştir (P< 0.01) (Şekil 4). Şekil 4a incelendiğinde, 2017 yılına göre 2018 yılında ikinci ekim zamanının (EZ<sub>2</sub>) saman verimi düşüş gösterirken, diğer ekim dönemlerin saman verimi artış göstermiştir. Yıl x çeşit interaksiyonu açısından ise Mint Vanilla çeşidinin saman verimi 2017 yılına göre 2018 yılında artış gösterirken, Titicaca çeşidinin saman verimi azalış göstermiştir (Şekil 4b). Ekim zamanı x çeşit interaksiyonu bakımından değerlendirildiğinde, birinci ekim zamanından son ekim dönemine doğru Titicaca çeşidinin saman verimi önce artmış, sonra sabit kalmış ve en sonunda ise azalış gösterirken, Mint Vanilla çeşidinin saman verimi ise ilk üç ekim döneminde değişmezken, son ekim döneminde düşüş göstermiştir. Ana faktörlere göre saman verimlerinde oluşan bu farklılıklar ikili interaksiyonların önemli çıkmasına neden olmuştur.

**Şekil 4.** Saman verimi üzerine yıl x ekim zamanı (a), yıl x çeşit (b) ve ekim zamanı x çeşit (c) interaksiyonunun etkisi.



Biyolojik verim ve hasat indeksi üzerine tüm ana faktörlerin etkisi  $P \leq 0.01$  seviyesinde önemli farklılık göstermiştir (Çizelge 6). Yıllar arasında en yüksek biyolojik verim ( $1049.4 \text{ kg da}^{-1}$ ) ve hasat indeksi (%42.43) 2018 yılında belirlenmiştir. Toplam verim ve hasat indeksine etki eden parametrelerin (bitki boyu, dal sayısı, tohum verimi ve salkım oranı) 2018 yılında daha yüksek bulunması buna neden olmuş olabilir. Nitekim Geren ve ark. (2014) değişen iklim koşullarına bağlı olarak kinoa bitkisinde verim ve hasat indeksinin yıllar arasında farklılık gösterdiğini rapor etmişlerdir. Ekim zamanları açısından incelendiğinde, en yüksek biyolojik verim ( $1105.3 \text{ kg da}^{-1}$ ) ikinci ekim zamanında, en yüksek hasat indeksi (%44.92) ise ilk ekim döneminde tespit edilmiş ve ekim zamanı geciktirildikçe biyolojik verim ve özellikle de hasat indekslerinin sürekli düştüğü görülmüştür (Çizelge 6). Kinoa bitkisi ile ilgili öncesinde yapılan çalışma sonuçları da, ekim tarihlerinin geciktirilmesi ile biyolojik verimlerde önemli düşüşler yaşandığını ortaya koymuştur (Munir, 2011; Shams, 2011; Geren ve ark., 2014; Alper, 2017).

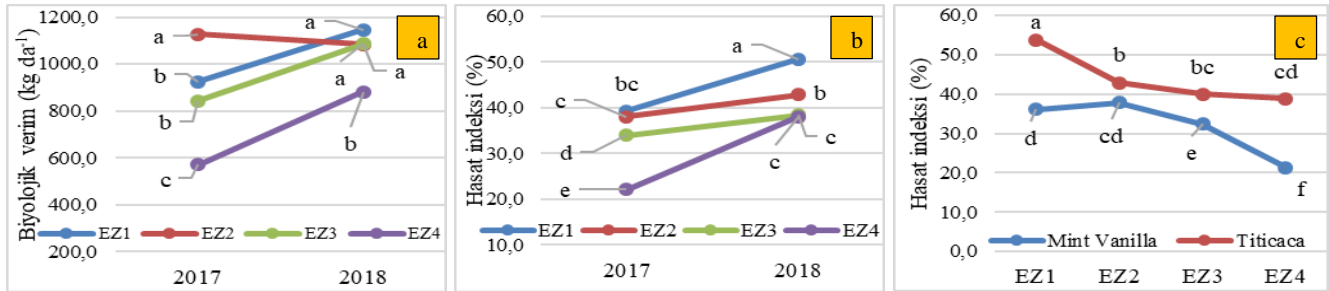
Çeşitler açısından değerlendirildiğinde, en yüksek biyolojik verim Mint Vanilla ( $1022.9 \text{ kg da}^{-1}$ )'da, hasat indeksi ise Titicaca (%43.85) çeşidinde belirlenmiştir (Çizelge 6). Bu, çeşitlerin sahip oldukları tohum ve sap verimlerinden kaynaklanmış olabilir. Nitekim bu değerler biyolojik verim ve hasat indeksi ile sıkı ilişki içerisindedirler (Albayrak ve ark., 2005). Ayrıca çeşitlerin farklı genetik yapıya sahip olmaları buna neden olmuş olabilir. Çünkü tescil edilen kinoa çeşitleri orijinleri ve bitkisel özelliklerine göre 5 farklı ekotipten geliştirilmiştir (Bhargava ve ark., 2007; Jancurova ve ark., 2009; Fuentes ve ark., 2012). Dünya'nın farklı coğrafyalarında yürütülen araştırmalarda da çeşitlerin biyolojik verimlerinin  $345.0\text{-}1750.2 \text{ kg da}^{-1}$ , hasat indekslerinin ise %13.9-59.0 arasında değiştiği ortaya konulmuştur (Bertero ve ark., 2004; Bertero and Ruiz, 2008; Razzaghi ve ark., 2012; Lavini ve ark., 2014; Kır ve Temel, 2016; 2017; Tan ve Temel, 2018).

**Çizelge 6.** İki yıl süreyle farklı dönemlerde ekilen kinoa çeşitlerinin biyolojik verimleri ve hasat indeksleri

Yıllar	Çeşitler	Biyolojik verim ( $\text{kg da}^{-1}$ )				Yıl (Y) Ort.	Hasat indeksi (%)				Yıl (Y) Ort.
		EZ <sub>1</sub>	EZ <sub>2</sub>	EZ <sub>3</sub>	EZ <sub>4</sub>		EZ <sub>1</sub>	EZ <sub>2</sub>	EZ <sub>3</sub>	EZ <sub>4</sub>	
2017	Mint Vanilla	953.2	1175.0	860.4	552.1	866.3 b	31.13	35.70	29.70	11.29	33.34 b
	Titicaca	894.6	1080.3	824.9	590.2		47.41	40.26	38.21	33.02	
2018	Mint Vanilla	1396.2	1187.4	1159.9	899.1	1049.4 a	41.12	40.09	35.08	31.32	42.43 a
	Titicaca	897.0	978.4	1011.2	865.8		60.01	45.55	41.64	44.66	
<b>Ekim zamanı (EZ) Ort.</b>		1035.3 ab	1105.3 a	964.1 b	726.8 c		44.92 a	40.40 b	36.16 c	30.07 d	
<b>Çeşit (Ç) Ort.</b>		Mint Vanilla: 1022.9 a				Titicaca: 892.8 b	Mint Vanilla: 31.93 b				Titicaca: 43.85 a
<b>LSD değeri ve önemlilik</b>		Y: 58.74**, EZ:83.07**, Ç:68.15**, Y x EZ:117.47**, Y: 1.88**, EZ: 2.65**, Ç: 1.68**, Y x EZ: 3.75**, Y x Ç:ö.d., EZ x Ç:ö.d., Y x EZ x Ç:ö.d.					Y x Ç: ö.d., EZ x Ç: 3.37**, Y x EZ x Ç: ö.d.				

\*\* :  $p < 0.01$ , ö.d.: önemsiz değer. Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur

Yürütülen bu çalışmada biyolojik verim üzerine yıl x ekim zamanı interaksyonu (Şekil 5a), hasat indeksi üzerine ise yıl x ekim zamanı (Şekil 5b) ve ekim zamanı x çeşit interaksyonunun (Şekil 5c) etkisi önemli bulunmuştur. Şekil 5a incelendiğinde, ikinci ekim zamanının biyolojik verimi yıllara göre değişmezken, diğer ekim zamanların biyolojik verimleri 2017 yılına göre 2018 yılında önemli oranda artış göstermiştir. Bu da yıl x ekim zamanı interaksyonunun önemli çıkmasına neden olmuş olabilir. Hasat indeksi açısından yıl x ekim zamanı interaksyonu değerlendirildiğinde, 2017 yılına göre 2018 yılında ikinci ve üçüncü ekim dönemlerin hasat indeksleri daha düşük oranda artış gösterirken, birinci ve dördüncü ekim zamanların hasat indeksleri daha yüksek oranda artış göstermiştir (Şekil 5b). Ekim zamanı x çeşit interaksyonu bakımından incelendiğinde, Titicaca çeşidinin hasat indeksi ekim zamanları geciktikçe sürekli düşüş gösterirken, Mint Vanilla çeşidinin hasat indeksi ikinci ekim zamanında artış göstermiş, sonraki ekim dönemlerinde ise azalış göstermiştir (Şekil 5c). Oluşan bu farklılıklar hasat indeksi üzerine ikili interaksyonların önemli çıkmasına neden olmuş olabilir.



Şekil 5. Biyolojik verim üzerine yıl x ekim zamanı (a) ile hasat indeksi üzerine yıl x ekim zamanı (b) ve ekim zamanı x çeşit (c) interaksiyonunun etkisi.

Yapılan istatistik analiz sonucu tohum ve saman (sap) ham protein içeriği üzerine ekim zamanlarının her hangi bir etkisi bulunmazken, yılların (tohumda ham protein oranı hariç) ve çeşitlerin etkisi önemli farklılık göstermiştir (Çizelge 7). Çizelge 7 incelendiğinde, 2017 yılında yapılan ekimlerin saman ham protein içerikleri (%6.45) 2018 yılından (%5.62) daha yüksek bulunmuştur. Bu, daha kurak geçen 2017 yılında yapısal karbonhidratlar yönünden zengin olan dal sayısı ve bitki boylarının daha düşük olmasından kaynaklanmış olabilir. Çünkü bu kısımlar bitki bünyesinde selüloz ve lignin gibi yapısal maddelerin miktarlarında artışlara, protein gibi yapısal olmayan karbonhidrat oranlarında ise azalışlara neden olmaktadır (Önal Aşçı ve Acar, 2018). Çeşitler açısından ise hem tohum (%14.35) hem de saman (%6.56) ham protein içerikleri Titicaca çeşidinde daha yüksek belirlenmiştir (Çizelge 7). Titicaca çeşidinin daha yüksek bin tane ağırlığına sahip olması tohum ham protein içeriklerinin ve daha düşük bir boylanma, sap kalınlığı ve dal sayısına sahip olması ise saman ham protein içeriklerinin fazla olmasına neden olmuş olabilir. Öncesinde yürütülen çalışmalarda da kinoa çeşitleri arasında tohum ve sap (saman) ham protein içeriklerinin önemli derecede farklılık gösterdiği ve çeşitlerin tohum ham protein oranlarının %9.19-23.00, saman ham protein oranlarının ise %3.47-6.49 arasında değiştiğini bildirmişlerdir (Bhargava ve ark., 2008; Shams, 2011; Miranda ve ark., 2012; Kır ve Temel, 2016; 2017; Kaya ve Kızıl Aydemir, 2020).

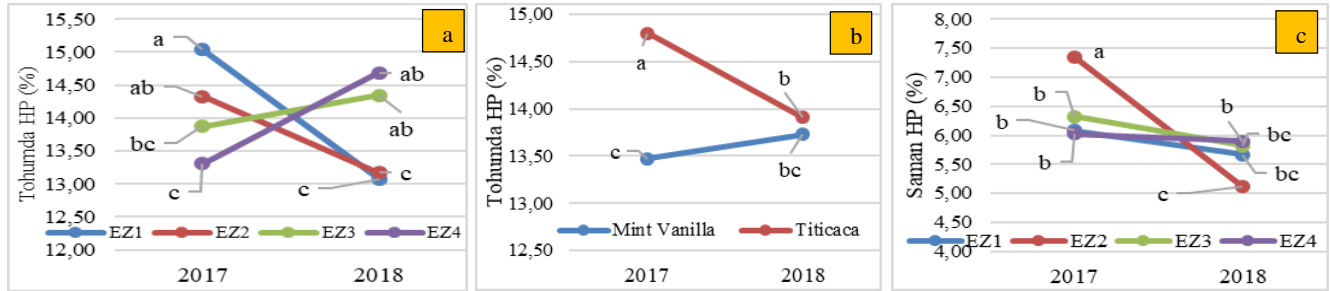
Çizelge 7. İki yıl süreyle farklı dönemlerde ekilen kinoa çeşitlerinin tohum ve saman ham protein oranları

Yıllar	Çeşitler	Tohumda ham protein oranı (%)				Yıl (Y)	Saman ham protein oranı (%)				Yıl (Y)
		EZ <sub>1</sub>	EZ <sub>2</sub>	EZ <sub>3</sub>	EZ <sub>4</sub>		EZ <sub>1</sub>	EZ <sub>2</sub>	EZ <sub>3</sub>	EZ <sub>4</sub>	
2017	Mint Vanilla	14.55	13.64	13.10	12,61	14.14	5.75	6.37	6.01	5.72	6.45 a
	Titicaca	15.52	15.02	14.65	14,01		6.42	8.33	6.64	6.34	
2018	Mint Vanilla	13.19	12.69	14.26	14,78	13.82	4.79	4.69	5.18	5.61	5.62 b
	Titicaca	12.97	13.65	14.42	14,59		6.54	5.54	6.47	6.19	
Ekim zamanı (EZ) Ort.		14,06	13,75	14,11	14,00		5,87	6,23	6,08	5,96	
Çeşit (Ç) Ort.		Mint Vanilla: 13.60 b					Titicaca: 14.35 a				
LSD değeri ve önemlilik		Y: ö.d., EZ: ö.d., Ç: 2.88**, Y x EZ: 0.91**, Y x Ç: 0.39**, EZ x Ç: ö.d., Y x EZ x Ç: ö.d.					Y: 0.38**, EZ: ö.d., Ç: 0.42**, Y x EZ: 0.76**, Y x Ç: ö.d., EZ x Ç: ö.d., Y x EZ x Ç: ö.d.				

\*\* : p<0.01, ö.d.: önemsiz değer. Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur

Araştırmada tohum ham protein oranı üzerine yıl x ekim zamanı ve yıl x çeşit etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge 7). Yıl x ekim zamanı etkisi açısından incelendiğinde, 2017 yılına göre 2018 yılında birinci (EZ<sub>1</sub>) ve ikinci (EZ<sub>2</sub>) ekim zamanlarının tohum ham protein içerikleri önemli oranda azalış gösterirken, üçüncü (EZ<sub>3</sub>) ve dördüncü (EZ<sub>4</sub>) ekim zamanlarının HP oranları ise artış göstermiştir (Şekil 6a). Yıl x çeşit etkisi açısından değerlendirildiğinde, Mint Vanilla çeşidinin tohum ham protein içeriği 2017 yılına göre 2018 artış gösterirken, Titicaca çeşidinin tohum ham protein oranı ise azalış göstermiştir (Şekil 6b). Oluşan bu farklılıklar ikili etkileşimlerin önemli çıkmasına neden olmuştur. Mevcut çalışmada ayrıca yıl x ekim zamanı etkisi açısından saman ham protein oranı önemli farklılık göstermiştir (Çizelge 7). Şekil 6c incelendiğinde, 2017 yılına göre 2018 yılında ikinci

dönemde (EZ<sub>2</sub>) ekilen bitkilerin saman ham protein içerikleri önemli oranda düşüş gösterirken, diğer çeşitlerin saman ham protein içeriklerindeki düşüş istatistik olarak önemli bulunmamıştır. Bu da, yıl x ekim zamanı interaksyonunun önemli çıkmasına neden olmuştur.



Şekil 6. Tohum ham protein (HP) oranı üzerine yıl x ekim zamanı (a) ve yıl x çeşit (b) interaksyonunu ile saman ham protein oranı üzerine yıl x ekim zamanı (c) interaksyonunun etkisi.

## SONUÇ

Yürütülen bu çalışmada, incelenen parametreler üzerine yılların önemli etkisi olmuş ve daha ilıman geçen 2018 yılında tohum verim değerleri daha yüksek bulunmuştur. Çeşitler arasında en yüksek tohum verimi ve hasat indeksi Titicaca çeşidinde, biyolojik ve saman verimleri ise Mint Vanilla'da belirlenmiştir. Tohum verimi ile incelenen diğer bazı özellikler ekim zamanlarına göre farklılık göstermiş ve en yüksek değerler genellikle ilk iki ekim döneminde alınmıştır. Sonuç olarak yüksek tohum üretimleri için ekimlerin ilkbaharda ilk fırsatta yapılması gerektiği ve Titicaca çeşidinin tercih edilmesinin daha uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın ilk yılı Iğdır Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. Bizler BAP Birimine finansman desteklerinden dolayı teşekkür ederiz. Proje Numarası: 2017-FBE-L08.

## KAYNAKLAR

- Albayrak S, Güler M, Töngel Ö, 2005. Yaygın fiğ (*Vicia sativa* L.) hatlarının tohum verimi ve verim ögeleri arasındaki ilişkiler. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20 (1): 56-63.
- Alper M, 2017. Kazova-Tokat koşullarda farklı ekim zamanlarında kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) bitkisinde bazı verim ve verim unsurlarının belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Altuner F, Oral E, Kulaz H, 2019. The impact of different sowing-times of the quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and its varieties on the yield and yield components in Turkey-Mardin ecology condition. Applied Ecology and Environmental Research, 17 (4):10105-10117
- AOAC, 1997. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. 16. ed. 3. revision. Arlington, VA, USA.
- Bertero HD, De la Vega AJ, Correa G, Jacobsen SE, Mujica A, 2004. Genotype and genotype-by-environment interaction effects for grain yield and grain size of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as revealed by pattern analysis of multi-environment trials. Field Crop Research, 89: 299-318.
- Bertero HD, Ruiz RA, 2008. Determination of seed number in sea level quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars. European Journal of Agronomy, 28 (3): 186-194.
- Bertero HD, Ruiz RA, 2010. Reproductive partitioning in sea level quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars. Field Crops Research, 118: 94-101.

- Bhargava A, Shukla S, Ohri D, 2007. Genetic variability and interrelationship among various morphological and quality traits in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Field Crops Research*, 101: 104-116.
- Bhargava A, Shukla S, Ohri D, 2008. Implications of direct and indirect selection parameters for improvement of grain yield and quality components in *Chenopodium quinoa* Willd. *International Journal of Plant Production*, 2 (3): 183-191.
- Comai S, Bertazzo A, Bailoni L, Zancato M, Costa CVL, Allegri G, 2007. The content of proteic and nonproteic (free and protein bound) tryptophan in quinoa and cereal flours, *Food Chemical*, 100: 1350-1355.
- Çakmakçı S, Temel S, 2019. Tohum tipi kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) hatlarının geliştirilmesi için seleksiyon çalışmaları. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 5 (2): 334-344.
- Fuentes FF, Bazile D, Bhargava A, Martinez EA, 2012. Implications of farmers' seed exchanges for on-farm conservation of quinoa, as revealed by its genetic diversity in Chile. *Journal of Agricultural Science*, 15: 702- 716.
- Geren H, 2015. Effect of different nitrogen levels on the grain yield and some yield components of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under Mediterranean climatic conditions. *Turkish Journal of Field Crops*, 20: 59-64.
- Geren H, Güre E, 2017. Farklı azot ve fosfor seviyelerinin kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)'da tane verimi ve bazı verim unsurlarına etkisi üzerinde bir ön araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 54: 1-8.
- Geren H, Kavut YT, Demiroğlu Topçu G, Ekren S, İştipliler D, 2014. Akdeniz iklimi koşullarında yetiştirilen kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)'da farklı ekim zamanlarının tane verimi ve bazı verim unsurlarına etkileri, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 51 (3): 297-305.
- Geren H, Kavut YT, Altınbaş M, 2015. Bornova ekolojik koşullarında farklı sıra arası uzaklıkların kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)'da tane verimi ve bazı verim özellikleri üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 52: 69-78.
- Gesinski K, 2008. Evaluation of the development yielding potential of *Chenopodium quinoa* Willd. under the climatic conditions of Europe, Part Two: Yielding potential of *Chenopodium quinoa* under different conditions. *Acta Agrobotanica*, 61 (1): 185-189.
- Gonzalez JA, Gallardo M, Hilal M, Rosa M, Prado FE, 2009. Physiological responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to drought and waterlogging stresses: Dry matter partitioning. *Botanical Studies*, 50: 35-42.
- Gonzalez JA, Konishi Y, Bruno M, Valoya M, Pradoc FE, 2012. Interrelationships among seed yield, total protein and amino acid composition of ten quinoa (*Chenopodium quinoa*) cultivars from two different agroecological regions. *Journal Science Food Agriculture*, 92: 1222-1229.
- Gül M, Tekce E, 2016. Hayvan beslemede yeni bir yem maddesi; Kinoa. *Türkiye Yem Sanayicileri Birliği Derneği Dergisi*, 24: 29-35.
- Hirich A, Choukr-Allah R, Jacobsen SE, 2014. Quinoa in Morocco -Effect of sowing dates on development and yield, *Journal of Agronomy and Crop Science*, 1-7.
- Iliadis C, Karyotis TH, Jacobsen S, 1999. Effect of sowing date on seed quality and yield of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) in Greece, *Alternative crops for sustainable agriculture, Research Progress, COST 814, Workshop held at BioCity, Turku, Finland 13-15 June 1999*, 226-231.
- Jacobsen SE, 2003. The Worldwide potential for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Reviews International*, 19 (1-2): 167-177.
- Jancurova M, Minarovicova L, Dandar A, 2009. Quinoa - A review. *Czech Journal of Food Science*, 27: 71-79.
- Kacar B, 2012. Toprak Analizleri. Nobel Akademik Yayıncılık, Yayın No: 484, Ankara.
- Kaya E, Kızıl Aydemir S, 2020. Determining the forage yield, quality and nutritional element contents of quinoa cultivars and correlation analysis on these parameters. *Pakistan Journal of Agriculture Science*, 57 (2): 311-317.
- Keskin ve Önkür, 2019. Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)'nın tohum ve saplarındaki bazı yem kalite özelliklerine sıra arası ve sıra üzeri mesafelerinin etkileri. *UMTEB 6. Uluslararası Mesleki ve Teknik Bilimler Kongresi*, 11-12 Nisan 2019, Iğdır, 271-278.



- Kır AE, Temel S, 2016. Iğdır ovası kuru koşullarında farklı kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) çeşit ve popülasyonlarının tohum verimi ile bazı tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 4: 145-154.
- Kır AE, Temel S, 2017. Sulu koşullarda farklı kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotiplerinin tohum verimi ile bazı tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7 (1): 353-361.
- Lavini A, Pulvento C, Andria RD, Riccardi M, Choukr-Allah R, Belhabib O, Yazar A, Incekaya C, Sezen SM, Qadir M, Jacobsen SE, 2014. Quinoa's potential in the Mediterranean Region. Journal of Agronomy and Crop Science, 200 (5): 344-360.
- Miranda M, Vega-Gálvez A, Quispe-Fuentes I, Rodríguez MJ, Maureira H, Martínez EA, 2012. Nutritional aspects of six quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) ecotypes from three geographical areas of Chile. Chilean Journal of Agricultural Research, 72 (2): 175.
- MGM, 2019. Başbakanlık DMİ Genel Müdürlüğü Meteoroloji Bültenleri, Ankara.
- Munir H, 2011. Introduction and Assessment for Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) As A Potential Climate Proof Grain Crop. Ph D thesis, University of Agriculture, Faisalabad.
- Önal Aşçı Ö, Acar Z, 2018. Kaba Yemlerde Kalite. Pozitif Matbaacılık ve Ambalaj Sanayi Ticaret Limited Şirketi, Ankara.
- Önkür H, Keskin B, 2019. Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)'nın tohum verimi ve bazı bitkisel özellikleri üzerine sıra üzeri ve sıra arası mesafelerinin etkileri. KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi, 22 (Ek Sayı 1): 51-59.
- Pulvento C, Riccardi M, Lavini A, D'Andria R, Lafelice G, Marconi E, 2010. Field trial evaluation of two *Chenopodium quinoa* genotypes grown under rain-fed conditions in a typical Mediterranean environment in South Italy. Journal of Agronomy and Crop Science, 196: 407-411.
- Razzaghi F, Ahmadi SH, Jacobsen SE, Jensen CR, Andersen MN, 2012. Effects of salinity and soil-drying on radiation use efficiency, water productivity and yield of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Journal of Agronomy and Crop Science, 198 (3): 173-184.
- Risi J, Galwey NW, 1991. Effects of sowing date and sowing rate on plant development and grain yield of quinoa (*Chenopodium quinoa*) in a temperate environment. The Journal of Agricultural Science, 117 (3): 325-332.
- Sajjad A, Munir H, Anjum ESA, Tanveer M, Rehman A, 2014. Growth and development of *Chenopodium quinoa* genotypes at different sowing dates. Journal of Agricultural Research, 52 (4): 535-546.
- Shams A, 2011. Combat degradation in rain fed areas by introducing new drought tolerant crops in Egypt, International Journal of Water Resources and Arid Environments, 1 (5): 318-325.
- Spehar CR, De Barros Santos RL, 2005. Agronomic performance of quinoa selected in the Brazilian Savannah. Pesquisa Agropecuaria, Brasileira, Brasilia, 40 (6): 609-612.
- Tan M, 2019. Macro- and micromineral contents of different quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) varieties used as forage by cattle. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 44: 46-53
- Tan M, Temel S, 2017a. Erzurum ve Iğdır şartlarında yetiştirilen farklı kinoa genotiplerinin kuru madde verimi ve bazı özelliklerinin belirlenmesi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7 (4): 257-263.
- Tan M, Temel S, 2017b. Studies on the adaptation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to Eastern Anatolia Region of Turkey. AGROFOR International Journal, 2(2), 33-39.
- Tan M, Temel S, 2018. Performance of some quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotypes grown in different climate conditions. Turkish Journal of Field Crops, 23 (2): 180-186.
- Tan M, Temel S, 2019. Her Yöneye Kinoa, Önemi, Kullanılması ve Yetiştiriciliği. Iksad Publishsing House, Ankara.
- Temel I, Keskin B, 2019a. Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)'nın ot verimi ve bazı verim unsurlarına farklı sıra üzeri ve sıra arası mesafelerin etkileri. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9 (1): 522-532.
- Temel I, Keskin B, 2019b. Farklı sıra arası ve sıra üzeri mesafelerinin kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)'nın besin içeriğine etkisi. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi (UTYHBD), 5 (1): 110-116.
- Temel S, Keskin, B, 2020. The effect of morphological components on the herbage yield and quality of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) grown in different dates. Turk J Agric For., 44(5): 533-542.



- Temel S, Şurgun N, 2019. Farklı dozlarda uygulanan azot ve fosforlu gübrelemenin kinoanın ot verimi ve kalitesine etkisi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9 (3): 1785-1796.
- Temel S, Tan M, 2020. Kuru koşullarda yetiştirilen farklı kinoa çeşitlerinin kaba yem kalite özellikleri açısından değerlendirilmesi. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi. 6 (2): 347-354.
- Temel S, Yolcu S, 2020. The effect of different sowing time and harvesting stages on the herbage yield and quality of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Turkish Journal of Field Crops, 25 (1): 41-49.
- Vega-Galvez A, Miranda M, Vergara J, Uribe E, Puente L, Martinez EA, 2010. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: A review. Journal of the Science Food Agriculture, 90: 2541-2547.

## Tuz Stresine Maruz Bırakılan Kanola (*Brassica napus* L.)’da Priming Uygulamalarının (Salisilik Asit ve Askorbik Asit) Çimlenme Üzerine Etkisi

Münüre TANUR ERKOYUNCU<sup>1\*</sup>, Mustafa YORGANCILAR<sup>1</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada, tuz stresine maruz bırakılan kanola (*Brassica napus* L.) tohumlarına salisilik asit (SA) ve askorbik asit (AsA) ile priming yapılarak çimlenmeye etkilerinin belirlenmesi ve bu uygulamaların optimum konsantrasyonlarının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Araştırmada, 5 farklı NaCl konsantrasyonu (kontrol, 50, 100, 150, 200 mM) ile 2 farklı priming uygulaması (SA ve AsA) ve her priming uygulamasının 5 farklı konsantrasyonu (kontrol, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 mM) ele alınmıştır. Çalışma tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre dört tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Araştırma sonucunda çimlenme oranı (%), ortalama çimlenme süresi (gün) ve çimlenme indeksi (hızı) değerleri incelenmiştir. SA uygulamaları arasında, 0.5 mM SA konsantrasyonunun, artan tuz dozlarında tuz stresinin olumsuz etkisini azaltarak çimlenmeyi hızlandırdığı, ortalama çimlenme süresini kısalttığı ve çimlenme oranını artırdığı tespit edilmiştir. SA konsantrasyonu artıkça (1.5 mM ve 2.0 mM SA) tüm tuz uygulamalarında çimlenmenin olumsuz etkilendiği belirlenmiştir. AsA uygulamaları arasında ise 0.5, 1.0, 1.5 mM konsantrasyonlarının, tuz stresinin olumsuz etkisini büyük ölçüde azaltarak çimlenme oranı ve çimlenme indeksi değerlerine olumlu etkide bulunduğu belirlenirken, ortalama çimlenme süresi üzerine etki etmediği tespit edilmiştir. Kanola tohumlarına çimlenme öncesi uygulanan SA ve AsA ile priming uygulamalarının, tuz stresinin çimlenme engelleyici etkisini önemli ölçüde ortadan kaldırdığı saptanmış olup, 0.5 mM SA/AsA konsantrasyonları optimum doz olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kanola, Çimlenme, Tuz, Priming, Salisilik asit, Askorbik asit

### Effect of Priming Applications (Salicylic Acid and Ascorbic Acid) on Germination in Canola Under Salt Stress (*Brassica napus* L.)

**ABSTRACT:** In this study, it was aimed to determine the effects of germination of canola (*Brassica napus* L.) seeds on germination by priming with salicylic acid (SA) and ascorbic acid (AsA) and to determine the optimum concentrations of these applications. In the study, 5 different NaCl concentrations (control, 50, 100, 150, 200 mM) and 2 different priming applications (SA and AsA) and 5 different concentrations (control, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 mM) of each priming application were discussed. The experiment was established in randomized plots with 4 replications according to the factorial design. As a result of the research, the germination rate (%), mean germination time (days) and germination index were examined. Among SA applications, 0.5 mM SA concentration was found to reduce the negative effect of salt stress at increasing salt doses, accelerate germination, shorten the average germination time and increase the germination rate. As the SA concentration increased (1.5 mM and 2.0 mM SA) it was determined that germination was negatively affected in all salt applications. Among AsA applications, it was determined that 0.5, 1.0, 1.5 mM concentrations had a positive effect on the germination rate and germination index values by decreasing the negative effect of salt stress, while not affecting the average germination time. Priming applications with SA and AsA, which we applied to canola seeds before germination, have been found to significantly eliminate the germination inhibitory effect of salt stress, and 0.5 mM SA / AsA concentrations were determined optimally.

**Keywords:** Canola, Germination, Salt, Priming, Salicylic acid, Ascorbic acid

<sup>1</sup> Münüre TANUR ERKOYUNCU (Orcid ID: 0000-0001-5004-4771), Mustafa YORGANCILAR (Orcid ID: 0000-0003-4938-8547), Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Konya, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Münüre TANUR ERKOYUNCU, e-mail: mtanur@selcuk.edu.tr

## GİRİŞ

Tuzluluk, tarımsal üretim alanlarında toprak verimliliğini olumsuz yönde etkileyen, ürün verimini sınırlandıran başlıca abiyotik stres faktörlerinden biridir. Kurak ve yarı kurak bölgelerde, özellikle sulanan alanlarda, sulama ve drenajın uygun olmaması, düşük yağış, yüksek buharlaşma ve tuzlu sularla sulama gibi sebeplerden dolayı yaygın olarak görülmektedir (Munns ve Tester, 2008). Tuzluluk, bitkinin ölümüne neden olabildiği gibi tolerans durumuna bağlı olarak büyümesini engellemekte, dolayısıyla verim ve kalitenin azalmasına sebep olmaktadır (Hasegawa ve ark., 1986).

Çimlenme ve fide oluşumu, sağlıklı bir bitki gelişimi için hayat döngüsünün iki önemli kritik aşaması olup (Hubbard ve ark., 2012), bitkinin en duyarlı olduğu dönemlerdir (Yadav ve ark., 2011). Tohum çimlenmesini ve fide gelişimi olumsuz yönde etkileyen en önemli abiyotik stres faktörlerinin başında tuzluluk gelmektedir (Almansouri ve ark., 2001). Çimlenme ve fide aşaması bitki büyümesinin tuzluluğa verdiği tepkilerin öngörüsüdür (Cuartero ve ark., 2006). Bu nedenle, tuz stresi altında daha hızlı çimlenen tohumların, sağlıklı bir fide gelişimi geçirerek tuz toleransının daha fazla olacağı ve dolayısıyla daha yüksek verim sağlanacağı beklenmektedir (Munns, 2002).

Tuzluluk, tohumun çevresinde oluşan dış osmotik potansiyelin yükselmesi sonucu fizyolojik kuraklık meydana getirerek (Murillo-Amador ve ark., 2002) ya da yüksek seviyedeki Na<sup>+</sup> iyonu birikimi ile iyon toksisitesi oluşturarak tohumda biyokimyasal reaksiyonlar üzerinde bozulmalara neden olmakta ve tohumun çimlenmesine engel olmaktadır (Khajeh-Hosseini ve ark., 2003; Aydın ve Atıcı, 2015). Priming uygulamaları ile özellikle olumsuz çimlenme koşulları altında, tarımsal açıdan önemli pek çok bitkide, hızlı ve uniform çimlenme ile normal ve güçlü fidelerin gelişimi teşvik edilerek tohum performansının artması sağlanmıştır (McDonald, 2000; Cantliffe, 2001; Mohammadi, 2009). Priming, özellikle tarım arazilerindeki tuzluluk sorununu aşmak için kullanılan düşük maliyetli, kolay ve düşük riskli bir tekniktir (Maiti ve Pramanik, 2013). Çeşitli bitkilerde, priming uygulamalarına bitki büyüme düzenleyicilerinin ve hormonların dâhil edilmesiyle tohum performansında daha fazla artış olduğu gözlemlenmiştir (Lee ve ark., 1998). Pek çok bitkide, salisilik asit (SA), absisik asit (ABA), jasmonik asit (JA) askorbik asit (AsA) gibi çeşitli hormonların ve vitaminlerin priming uygulamalarına dâhil edilmesinin, çimlenme ve fide döneminde stres faktörlerine karşı faydalı etkileri olduğu gözlemlenmiştir (Habib ve ark., 2010; Nawaz ve Ashraf, 2010; Khan ve ark., 2011).

Salisilik asit (SA), özellikle çimlenme olmak üzere, fotosentez, solunum, çiçeklenme ve yaşlanma gibi büyüme ve gelişme evrelerinin düzenlenmesinde katkıda bulunan, fitohormon olarak bilinen bir fenolik bileşiktir (Rivas-San Vicente ve Plasencia, 2011). Ayrıca SA aşırı sıcaklık, ozon kirliliği, UV ışınımı, ağır metaller, kuraklık ve tuzluluk gibi biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı oluşturulan bitki savunma cevaplarında önemli role sahip bir sinyal molekülüdür (Hara ve ark., 2012; Miura ve Tada, 2014; Semida ve ark., 2017). SA'nın priming uygulamasının tuzluluğun bitkiler üzerindeki etkilerini azalttığı çeşitli araştırmalarla kanıtlanmıştır (Jini ve Joseph, 2017; Anaya ve ark., 2018).

Askorbik asit (AsA), bitkilerde yüksek miktarda bulunup stres fizyolojisinin yanı sıra bitki büyüme ve gelişmesinde rol oynayan önemli bir antioksidan molekülüdür (Noctor ve Foyer, 1998; Conklin, 2001). Askorbik asit (C vitamini), hücre bölünmesi, ozmotik ayarlama (De Gara, 2003) çevresel streslere karşı direnç, fotosentez, etilen, gibberellin, antosiyanin sentezlerinde (Smirnoff ve Wheeler, 2000) ve ayrıca çimlenmenin ilk aşamalarında hayati bir rol oynar (Arrigoni ve ark., 1997). Birçok çalışma, askorbik asidin en uygun konsantrasyonunun, tuzlu koşullar altında yetiştirilen bitkilerin çimlenme ve gelişme evrelerinde faydalı bir etki gösterdiğini bildirmiştir (Khan ve ark., 2006; Arafa ve ark., 2009; Ekmekçi ve Karaman, 2012; Azooz ve ark., 2013).

Kanola (*Brassica napus* L.) oleik asitçe zengin, yazlık, kışlık ve alternatif çeşitleri olan, tohumunda %38-50 oranında ham yağ içeren önemli bir yağ bitkisidir (Darçın ve ark., 2014; Gürsoy ve ark., 2016). Bitkinin tohumundan elde edilen yağ, yemeklik yağ olarak kullanılmakla birlikte, sabun, boya ve plastik sanayisinde, çeşitli motorlarda hidrolik yağ olarak ve özellikle biyodizel yapımında önemli oranlarda kullanılmaktadır (Anğın ve Vurarak, 2012). Ayrıca, küspesinde yüksek oranda protein bulunduğundan kaliteli bir hayvan yemidir (Saeidnia ve Gohari, 2012). Yağlı tohumlu bitkiler arasında, Türkiye’nin ekolojik şartlarına uyumlu bitkilerden biri olması, ekiminden hasadına kadar bütün yetiştirme tekniğinin mekanizasyona uygun olması (Beğbağa ve Öztürk, 2008), buğday ile ekim nöbetine girebilmesi gibi özellikleri (Baran ve ark., 2014) sebebiyle oldukça önemli bir yere sahiptir.

Tuzluluk kanolada çimlenme döneminden başlayarak bitki gelişimini olumsuz yönde etkilemekte ve verimde ciddi kayıplara neden olmaktadır (Uyanık ve ark., 2014). Ülkemiz yağ bitkileri içerisinde önemini giderek artıran, yağ açığımızın kapatılmasında alternatif bir bitki olan ve son yıllarda gerek dünyada ve gerekse ülkemizde ekim alanı ve üretimi önemli miktarda artan kanolanın, gelişme dönemlerine göre tuza toleransının belirlenmesinin yanı sıra tuzlu koşullara adaptasyonunu artıracak uygulamaların araştırılması gerekmektedir.

Bu araştırmada, tuz stresine maruz bırakılan kanola tohumlarında salisilik asit ve askorbik asit uygulamalarının çimlenmeye etkileri belirlenerek, tuzlu şartlarda kanolada daha iyi çimlenme ve fide gelişimini sağlayacak optimum konsantrasyonların tespit edilmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Bitki Biyoteknolojisi Laboratuvarında yürütülmüştür. Bitki materyali olarak ‘Petrol’ (Syngenta) kışlık kanola çeşidi kullanılmıştır. Araştırmada 5 farklı tuz konsantrasyonu (kontrol, 50, 100, 150, 200 mM) ile 2 farklı priming uygulaması (SA ve AsA) ve her priming uygulamasında 5 farklı konsantrasyonu (kontrol, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 mM) ele alınmıştır. Tuz stresi oluşturmak için analitik düzeyde NaCl kullanılmıştır.

Araştırma, “Tesadüf Parsellerinde Faktöriyel Deneme Deseni”ne göre dört tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Çimlendirme öncesinde tohumlar %5’lik sodyum hipoklorit çözeltisinde 10 dakika yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuştur (Uyanık ve ark., 2014). Yüzey sterilizasyonu yapılan tohumlar priming için farklı konsantrasyonlardaki SA ve AsA çözeltilerinde 12 saat bekletilmiş (Nazarian, 2016) ve ardından önceki nem içeriklerine dönünceye kadar oda koşullarında 24 saat kurutma kâğıtları üzerine alınarak kurutulmuşlardır. İçerisinde çift katlı filtre kâğıdı bulunan petri kaplarına 25 adet tohum yerleştirilmiş, farklı tuz konsantrasyonlarının her birinden ayrı ayrı olmak üzere 10 ml miktarda çözelti ile ıslatılmıştır. Bu işlemlerden sonra petriler, karanlık koşullara sahip  $25\pm 1^{\circ}\text{C}$  sıcaklığa ayarlı iklim odasına alınmıştır.

Araştırma süresince (7 gün boyunca) tohumlar her gün sayılmış ve 2 mm kökçük uzunluğuna sahip olanlar çimlenmiş olarak kabul edilmiştir (Mohammadi, 2009). Yedinci günün sonunda toplam çimlenen tohumlar sayılarak çimlenme oranı (%), çimlenme indeksi (hızı) ve ortalama çimlenme süresi (gün) değerleri aşağıda belirtilen formüllere göre hesaplanmıştır.

$$\text{Çimlenme Oranı (\%)} = (G/T) * 100.$$

G: Çimlenen tohum sayısını, T: Kullanılan toplam tohum sayısı

$$\text{Çimlenme İndeksi (Hızı)} = N1/T1 + N2/T2 + \dots + Nn/Tn \text{ (Kader ve Jutzi, 2004).}$$

N: Çimlenen tohum sayısı, T: Çimlenmenin gerçekleştiği gün sayısı

$$\text{Ortalama Çimlenme Süresi (Gün)} = \sum(fx) / \sum f$$

f: çıkan tohum sayısı, x: çıkış günü

Çıkan tohum sayısı ile çıkış gün sayısı çarpımları toplamının, toplam çıkan tohum sayısına bölünmesi ile elde edilen değer ortalama çimlenme süresi olarak hesaplanmıştır (Ellis ve Roberts, 1981).

Araştırma sonucunda elde edilen veriler JUMP istatistik programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş ve ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD çoklu karşılaştırma testi ile  $P<0.05$  önem seviyesinde karşılaştırılmıştır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Salisilik Asit Priming Uygulamalarının Çimlenme Oranı Üzerine Etkileri

Farklı konsantrasyonlarda tuz stresine maruz bırakılan kanola tohumlarında, salisilik asit uygulamalarının günlük çimlenme oranına etkilerinin belirlenmesi amacıyla deneme süresince her gün gözlem alınıp, çimlenen tohum sayısı belirlenmiş ve çimlenme oranları (%) tespit edilmiştir.

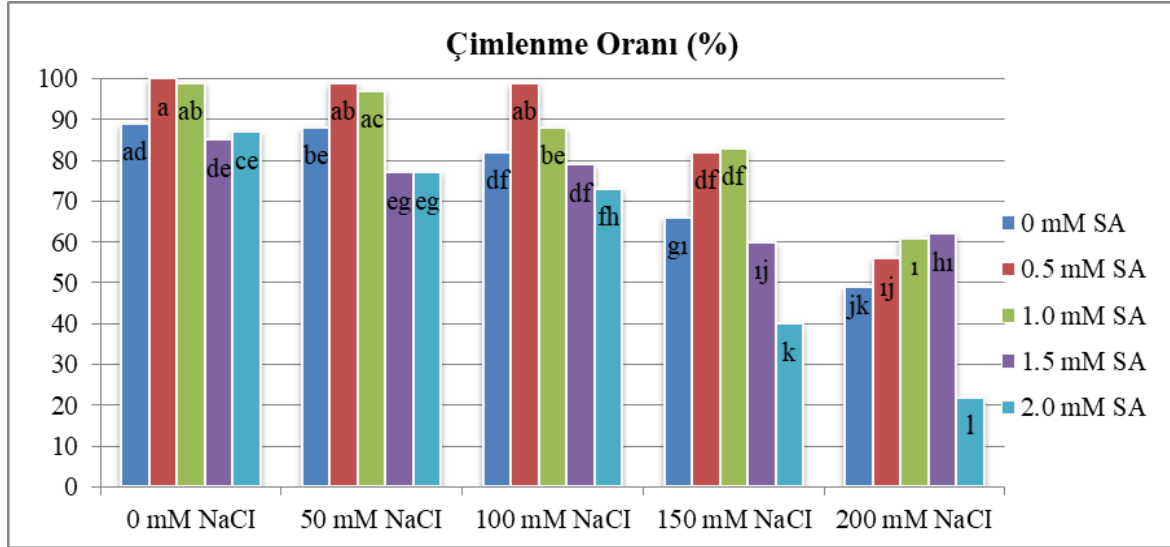
Tuz konsantrasyonları, SA konsantrasyonları ve Tuz x SA konsantrasyonları interaksiyonunun çimlenme oranına etkileri istatistiki olarak ( $P<0.05$ ) önemli bulunmuştur (Çizelge 1). Tuz konsantrasyonları ortalamalarına bakıldığında en yüksek çimlenme oranı 0 mM NaCl’de (%92), en düşük çimlenme oranı ise 200 mM NaCl’de (%50) belirlenmiştir. Tuz konsantrasyonları arttıkça çimlenmenin olumsuz etkilendiği tespit edilmiştir. SA konsantrasyonları ortalamalarına göre en yüksek çimlenme oranı %87 değeri ile 0.5 mM SA uygulamasından, en düşük oran ise %60 ile 2.0 mM SA uygulamasından elde edilmiştir. Tuz x SA interaksiyonu bakımından ise, en yüksek çimlenme oranı 0 mM NaCl x 0.5 mM SA uygulamasından (% 100) elde edilirken, en düşük değer ise 200 mM NaCl x 2.0 mM SA uygulamasından (%22) elde edilmiştir (Şekil 1). Artan tuz dozlarında, çimlenme oranını en fazla artıran (%87) uygulamanın, 0.5 mM SA uygulaması olduğu tespit edilmiştir.

**Çizelge 1.** Kanolada salisilik asidin farklı tuz konsantrasyonlarında tohum çimlenme oranına etkisi (%)

NaCl / SA	Çimlenme Oranı (%)					
	0 mM	0.5 mM	1.0 mM	1.5 mM	2.0 mM	Ortalama
0 mM	89 a-d	100 a	99 a-b	85 d-e	87 c-e	92 a
50 mM	88 b-e	99 a-b	97 a-c	77 e-g	77 e-g	88 a-b
100 mM	82 d-f	99 a-b	88 b-e	79 d-f	73 f-h	84 b
150 mM	66 g-ı	82 d-f	83 d-f	60 ı-j	40 k	66 c
200 mM	49 j-k	56 ı-j	61ı	62 h-ı	22 l	50 d
<b>Ortalama</b>	<b>75 b</b>	<b>87 a</b>	<b>86 a</b>	<b>73 b</b>	<b>60 c</b>	
LSD (0.05)	Tuz=5.233		SA= 5.233		Tuz x SA=11.702	

Genel olarak değerlendirildiğinde, yüksek tuz stresinin yanı sıra artan SA konsantrasyonunun da çimlenme oranını olumsuz yönde etkilediği tespit edilmiştir. Yüksek konsantrasyonlarda SA’in çimlenmeyi engellediğine dair benzer sonuçlar Farahbakhsh (2012); Jam ve ark. (2012); Soliman ve ark. (2016) tarafından da bildirilmiştir. Buna karşın, belirlenen optimum salisilik asit uygulamaları ile bitkilerin tuz stresine karşı performanslarını artırmak mümkün olmaktadır. Bu amaçla yapılan çalışmalarda da, buğdayda (Kaydan ve ark., 2007), yoncada (Palma ve ark., 2013), mısırdada (Tuna ve ark., 2007), çeltikte (Jini ve Joseph, 2017), baklada (Anaya ve ark., 2018) salisilik asit uygulamalarının tuz stresine toleransı arttırdığı bildirilmiştir. Salisilik asit yüksek tuz stresinde oksidatif zararlanmayı azaltarak tohumların çimlenmesini artırmaktadır (Lee ve ark., 2010). Benzer olarak, bu çalışmada da kanola tohumlarında tuz stresinin olumsuz etkisinin salisilik asit uygulamaları ile önlenebileceği belirlenmiş, özellikle 0.5 mM SA uygulamasının tuz stresinin olumsuz etkisini azalttığı tespit edilmiştir.





Şekil 1. Kanolada salisilik asidin farklı tuz konsantrasyonlarında tohum çimlenme oranına etkisi (%)

### Askorbik Asit Priming Uygulamalarının Çimlenme Oranı Üzerine Etkileri

Farklı konsantrasyonlarda tuz stresine maruz bırakılan kanola tohumlarında, askorbik asit uygulamalarının günlük çimlenme oranına etkilerinin belirlenmesi amacıyla deneme süresince her gün gözlem alınıp, çimlenen tohum sayısı belirlenmiş ve çimlenme oranları (%) tespit edilmiştir.

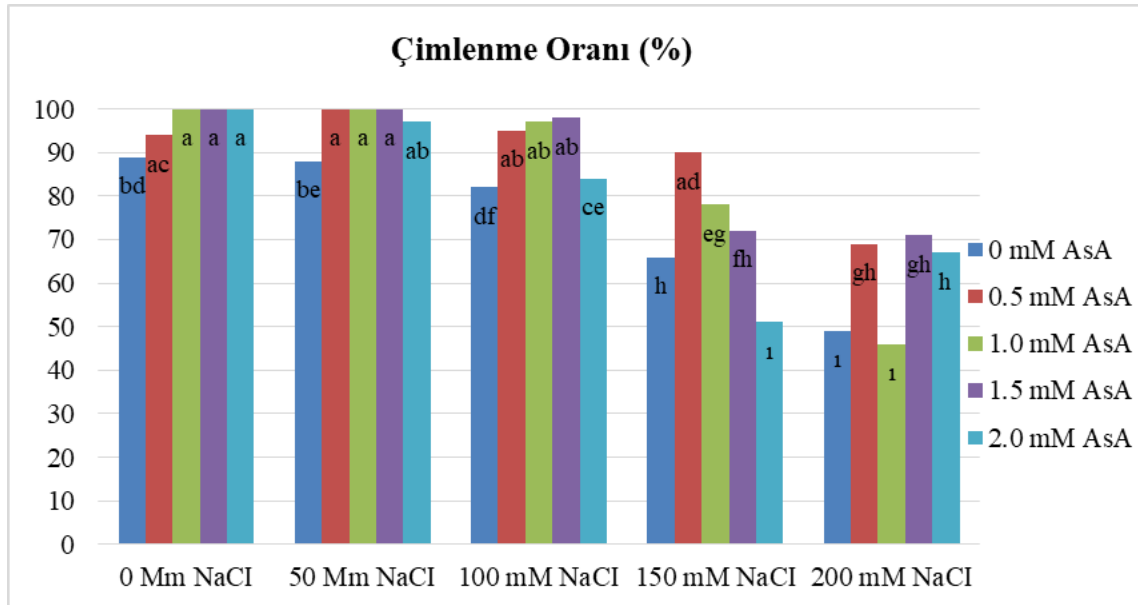
Tuz konsantrasyonları, AsA konsantrasyonları ile Tuz x AsA konsantrasyonları interaksiyonunun çimlenme oranına etkileri istatistiki olarak ( $P < 0.05$ ) önemli bulunmuştur (Çizelge 2). Tuz konsantrasyonları bakımından 0 mM ve 50 mM NaCl, %97 ile en yüksek çimlenme oranı elde edilen uygulamalar olmuştur. En düşük çimlenme oranı ise %60 ile 200 mM NaCl'den elde edilmiştir. AsA konsantrasyonları ortalamalarına göre en yüksek çimlenme %90 değeri ile 0.5 mM AsA uygulamasından, en düşük oran ise %75 ile 0 mM AsA uygulamasından elde edilmiştir. Tuz x AsA interaksiyonu bakımından en yüksek çimlenme oranı 50 mM NaCl x 0.5 mM, 1.0 mM ve 1.5 mM AsA uygulamalarından (%100) elde edilmiştir. Artan tuz konsantrasyonlarında 0.5 mM AsA uygulamasının diğer uygulamalara kıyasla çimlenme oranlarını artırdığı tespit edilmiştir (sırasıyla %100, %95, %90, %69). En düşük çimlenme oranı ise (%49), 200 mM NaCl x 0 mM AsA uygulamasında elde edilmiştir (Şekil 2). Sonuçlara bakıldığında, AsA uygulamasının tuz stresinin olumsuz etkisini büyük ölçüde azalttığı tespit edilmiştir. AsA uygulamasının stres faktörlerinin etkisini azalttığına dair benzer sonuçlar, Khan ve ark. (2006); Khan ve ark. (2011) ve Ekmekçi ve Karaman (2012) tarafından da bildirilmiştir.

Çizelge 2. Kanolada askorbik asidin farklı tuz konsantrasyonlarında tohum çimlenme oranına etkisi (%)

Çimlenme Oranı (%)						
NaCl /AsA	0 mM	0.5 mM	1.0 mM	1.5 mM	2.0 mM	Ortalama
0 mM	89 b-d	94 a-c	100 a	100 a	100 a	97 a
50 mM	88 b-e	100 a	100 a	100 a	97 a-b	97 a
100 mM	82 d-f	95 a-b	97 a-b	98 a-b	84 c-e	91 b
150 mM	66 h	90 a-d	78 e-g	72 f-h	51 i	71 c
200 mM	49 i	69 g-h	46 i	71 g-h	67 h	60 d
<b>Ortalama</b>	<b>75 d</b>	<b>90 a</b>	<b>84 b-c</b>	<b>88 a-b</b>	<b>80 c</b>	
LSD (0.05)	Tuz=4.165		AsA= 4.165		Tuz x AsA=10.319	

Askorbik asit (AsA), bitkilerde stres fizyolojisinin düzenlenmesi yanı sıra çimlenmenin ilk aşamalarında hayati bir rol oynar (Arrigoni ve ark., 1997; Noctor ve Foyer, 1998; Conklin, 2001). Birçok

çalışma, askorbik asidin en uygun konsantrasyonunun, tuzlu koşullar altında yetiştirilen bitkilerin çimlenme ve gelişme evrelerinde faydalı bir etki gösterdiğini bildirmiştir (Bassuony ve ark., 2008; Mohsen ve ark., 2013). Benzer olarak, bu çalışmada da kanola tohumlarında tuz stresinin olumsuz etkisinin askorbik asit uygulamaları ile önlenebileceği belirlenmiş olup, özellikle 0.5 mM AsA uygulamasının tuz stresinin olumsuz etkisini azalttığı tespit edilmiştir.



Şekil 2. Kanolada askorbik asidin farklı tuz konsantrasyonlarında tohum çimlenme oranına etkisi (%)

### Salisilik Asit Priming Uygulamalarının Ortalama Çimlenme Süresine Etkileri

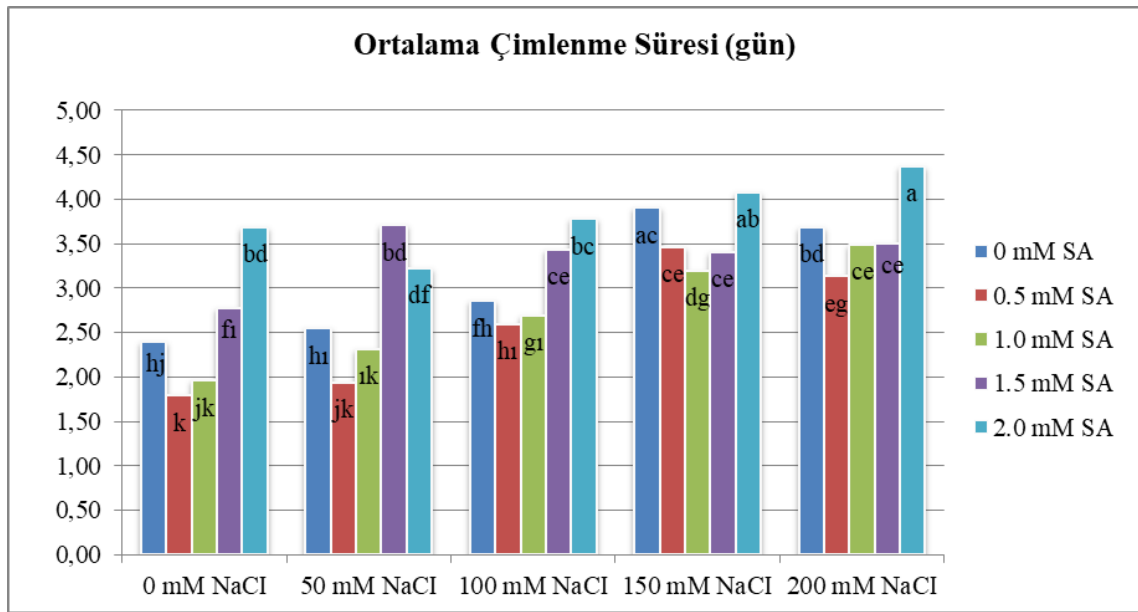
Tuz konsantrasyonları, SA konsantrasyonları ile Tuz x SA konsantrasyonları interaksiyonlarının ortalama çimlenme süresi üzerine etkileri istatistik olarak ( $P < 0.05$ ) önemli bulunmuştur (Çizelge 3). Tuz konsantrasyonları ortalamalarına bakıldığında en erken çimlenme 2.52 gün ile 0 mM NaCl’de elde edilirken süre bakımından en geç çimlenme 200 mM NaCl’de (3.63 gün) gerçekleşmiştir. SA konsantrasyonları ortalamalarına göre en erken çimlenme 2.58 gün ile 0.5 mM SA uygulamasından, en geç çimlenme ise 3.83 gün ile 200 mM SA’dan elde edilmiştir. Tuz x SA interaksiyonu bakımından incelendiğinde; en geç çimlenme 4.37 gün ile 200 mM NaCl x 2.0 mM SA uygulamasında elde edilirken, en erken çimlenme 1.79 gün ile kontrol grubu tuz uygulamasında 0.5 mM SA konsantrasyonunda elde edilmiştir. Bununla birlikte, 0.5 mM ve 1.0 mM SA uygulamalarının, 0 mM, 50 mM ve 100 mM tuz konsantrasyonlarında, tuz stresinin olumsuz etkisini azaltarak çimlenmeyi hızlandırdığı, ancak daha yüksek tuz dozlarında (150 mM ve 200 mM) çimlenme süresini iyileştirmediği tespit edilmiştir (Şekil 3). Ayrıca, SA konsantrasyonu arttıkça (1.5 mM ve 2.0 mM SA) tüm tuz uygulamalarında ortalama çimlenme süresi uzamış, yüksek SA konsantrasyonunun çimlendirme süresini iyileştirmediği, aksine olumsuz etkide bulunduğu belirlenmiştir. Benzer sonuçlar, Afzal ve ark. (2006), Baninasab ve Baghbanha (2013) ve Anaya ve ark. (2018) tarafından da bildirilmiştir.

Pek çok bitkide olduğu gibi kanola da çimlenme ve fide döneminde tuzluluğa karşı daha duyarlıdır (Mohammadi, 2009; Bybordi, 2010; Uyanık ve ark., 2014). Tuzluluğun, osmotik basıncı artırarak gerekli olan suyun tohum tarafından alınmasını durdurduğu ve/veya iyonik toksite oluşturarak çimlenmeyi engellediği Ekmekçi ve ark. (2005) tarafından ifade edilmiştir. Ayrıca, tuzluluğun çimlenmekte olan tohumlardaki birçok enzimin aktivitelerinde değişikliklere neden olduğu tespit edilmiştir (Dubey ve Rani, 1990). SA ise, katalaz aktivitesini inhibe ederek, katalaz aktivitesinin azaltılmasına ve böylece tohumların çimlenmesini artırabilen hidrojen peroksit artışına yol açmaktadır

(Nun ve ark., 2003). Ayrıca, SA tohumlarda oksijen alımını ve a-amilaz aktivitesini artırarak tuz stresine maruz kalan bitkilerde çimlenmeyi iyileştirerek ortalama çimlenme süresini kısaltır (Zhang ve ark., 1999). Bu araştırmalardan elde edilen sonuçlar bizim sonuçlarımızla uyumludur.

**Çizelge 3.** Kanolada salisilik asidin farklı tuz konsantrasyonlarında ortalama çimlenme süresine etkisi (gün)

Ortalama Çimlenme Süresi (gün)						
NaCl / SA	0 mM	0.5 mM	1.0 mM	1.5 mM	2.0 mM	Ortalama
0 mM	2.39 h-j	1.79 k	1.96 j-k	2.77 f-1	3.69 b-d	<b>2.52 c</b>
50 mM	2.55 h-1	1.94 j-k	2.31 ı-k	3.71 b-d	3.22 d-f	<b>2.74 c</b>
100 mM	2.86 f-h	2.60 h-1	2.69g-1	3.43 c-e	3.78 b-c	<b>3.07 b</b>
150 mM	3.90 a-c	3.46 c-e	3.20d-g	3.40 c-e	4.07 a-b	<b>3.61 a</b>
200 mM	3.69 b-d	3.13 e-g	3.49c-e	3.50 c-e	4.37 a	<b>3.63 a</b>
<b>Ortalama</b>	<b>3.08 c</b>	<b>2.58 d</b>	<b>2.73 d</b>	<b>3.36 b</b>	<b>3.83 a</b>	
LSD (0.05)	Tuz=0.236		SA=0.236		Tuz x SA=0.528	



**Şekil 3.** Kanolada salisilik asidin farklı tuz konsantrasyonlarında ortalama çimlenme süresine etkisi (gün)

### Askorbik Asit Priming Uygulamalarının Ortalama Çimlenme Süresine Etkileri

Tuz ve AsA konsantrasyonlarının ortalama çimlenme süresi üzerine etkisi istatistiki olarak ( $P < 0.05$ ) önemli bulunurken, Tuz x AsA konsantrasyonları interaksiyonunun etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4). Tuz konsantrasyonları ortalamalarına bakıldığında 1.94 gün ile en erken çimlenme 0 mM NaCl'de elde edilirken, süre bakımından en geç çimlenme 200 mM NaCl'de (3.37 gün) gerçekleşmiştir. AsA konsantrasyonları ortalamalarına göre en erken çimlenme 2.41 gün ile 0.5 mM AsA uygulamasından, en geç çimlenme ise 3.08 gün ile 0 mM AsA'dan elde edilmiştir. İstatistiki olarak önemli olmamakla birlikte, 1.0 mM, 1.5 mM ve 2.0 mM AsA uygulamalarının, 0 mM, 50 mM ve 100 mM tuz konsantrasyonlarında, tuz stresinin olumsuz etkisini azaltarak çimlenmeyi hızlandırdığı, ancak daha yüksek tuz dozlarında (150 mM ve 200 mM) çimlenme süresini iyileştirmediği tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar, Sattar ve Badshah (1995), Afzal ve ark. (2006) tarafında da belirtilmiştir.

**Çizelge 4.** Kanolada askorbik asidin farklı tuz konsantrasyonlarında ortalama çimlenme süresine etkisi (gün)

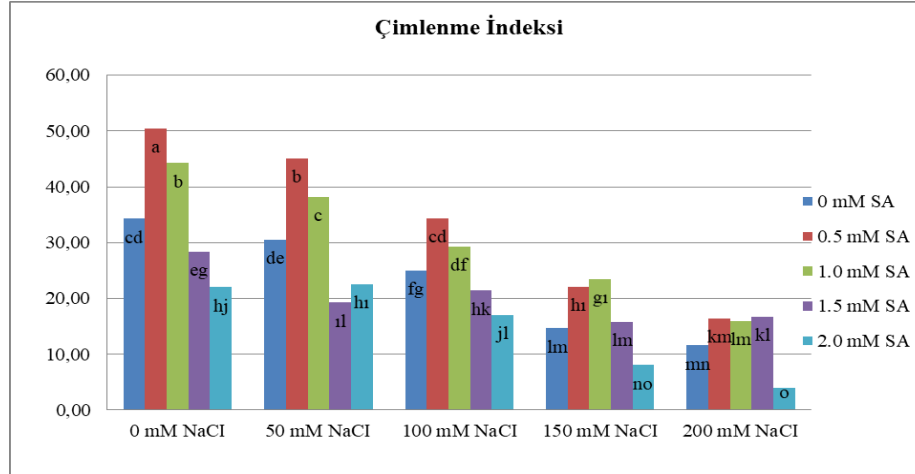
NaCl /AsA	Ortalama Çimlenme Süresi (gün)					Ortalama
	0 mM	0.5 mM	1.0 mM	1.5 mM	2.0 mM	
0 mM	2.39	1.56	1.75	2.01	2.01	1.94 d
50 mM	2.55	1.98	2.07	2.06	2.56	2.24 c
100 mM	2.86	2.57	2.52	2.67	2.92	2.71 b
150 mM	3.90	3.25	2.83	2.82	3.35	3.23 a
200 mM	3.69	2.67	3.15	3.77	3.57	3.37 a
<b>Ortalama</b>	<b>3.08 a</b>	<b>2.41 d</b>	<b>2.46 c-d</b>	<b>2.66 b-c</b>	<b>2.88 a-b</b>	
LSD (0.05)	Tuz=0.233		AsA=0.233		Tuz x AsA =ö.d.	

### Salisilik Asit Priming Uygulamalarının Çimlenme İndeksine Etkileri

Tuz konsantrasyonları, SA konsantrasyonları ile Tuz x SA konsantrasyonları interaksyonlarının çimlenme indeksi üzerine etkileri istatistik olarak ( $P<0.05$ ) önemli bulunmuştur (Çizelge 5). Tuz konsantrasyonları arttıkça çimlenme indeksinde azalma olduğu tespit edilmiş olup, en yüksek çimlenme indeksi değeri (35.88) 0 mM NaCl'de elde edilmiştir. En düşük indeks değeri ise 12.94 ile 200 mM NaCl'de tespit edilmiştir. SA konsantrasyonları ortalamalarına göre ise; en yüksek indeks değeri 0.5 mM SA'da (33.69), en düşük indeks değeri 2.0 mM SA'da (14.74) elde edilmiştir. Tuz x SA konsantrasyonları interaksyonlarının etkisine bakıldığında; en yüksek çimlenme indeksi değeri 0 mM NaCl x 0.5 mM SA uygulamasında (50.43) elde edilirken, en düşük çimlenme indeksi değeri 200 mM NaCl x 2.0 mM SA uygulamasında (4.04) elde edilmiştir. Artan tuz dozlarında 0.5 mM SA uygulamasının, diğer SA uygulamalarına kıyasla çimlenme indeksini artırdığı ancak SA konsantrasyonu arttıkça (1.5 mM ve 2.0 mM SA) tüm tuz konsantrasyonlarında çimlenme indeksinin düştüğü tespit edilmiştir (Şekil 4). Benzer şekilde, Staswick ve ark. (1995) düşük konsantrasyonlarda SA kullanımının çimlenmeyi uyardığı ve maksimize ettiğini ancak daha yüksek konsantrasyonlarda SA'nin çimlenmeyi önleyici bir etki gösterdiğini bildirmektedir. SA konsantrasyonunun artırılması, ABA sentezinin artmasına neden olduğundan tohum çimlenmesini durdurmaktadır (Wu ve ark., 1998).

**Çizelge 5.** Salisilik asidin farklı tuz konsantrasyonlarında çimlenme indeksine (hızı) etkisi

NaCl/SA	Çimlenme İndeksi					Ortalama
	0 mM	0.5 mM	1.0 mM	1.5 mM	2.0 mM	
0 mM	34.31 c-d	50.43 a	44.25 b	28.37 e-g	22.03 h-j	35.88 a
50 mM	30.56 d-e	45.08 b	38.17 c	19.26 i-l	22.52 h-1	31.11 b
100 mM	25.05 f-g	34.36 c-d	29.34 d-f	21.39 h-k	17.04 j-l	25.44 c
150 mM	14.68 l-m	22.10 h-1	23.48 g-1	15.79 l-m	8.06 n-o	16.82 d
200 mM	11.57 m-n	16.47 k-m	15.96 l-m	16.69 k-l	4.04 o	12.94 e
<b>Ortalama</b>	<b>23.23 c</b>	<b>33.69 a</b>	<b>30.24 b</b>	<b>20.30 d</b>	<b>14.74 e</b>	
LSD (0.05)	Tuz=2.262		SA= 2.262		Tuz x SA=5.058	



Şekil 4. Salisilik Asit Priming Uygulamalarının Çimlenme İndeksine Etkileri

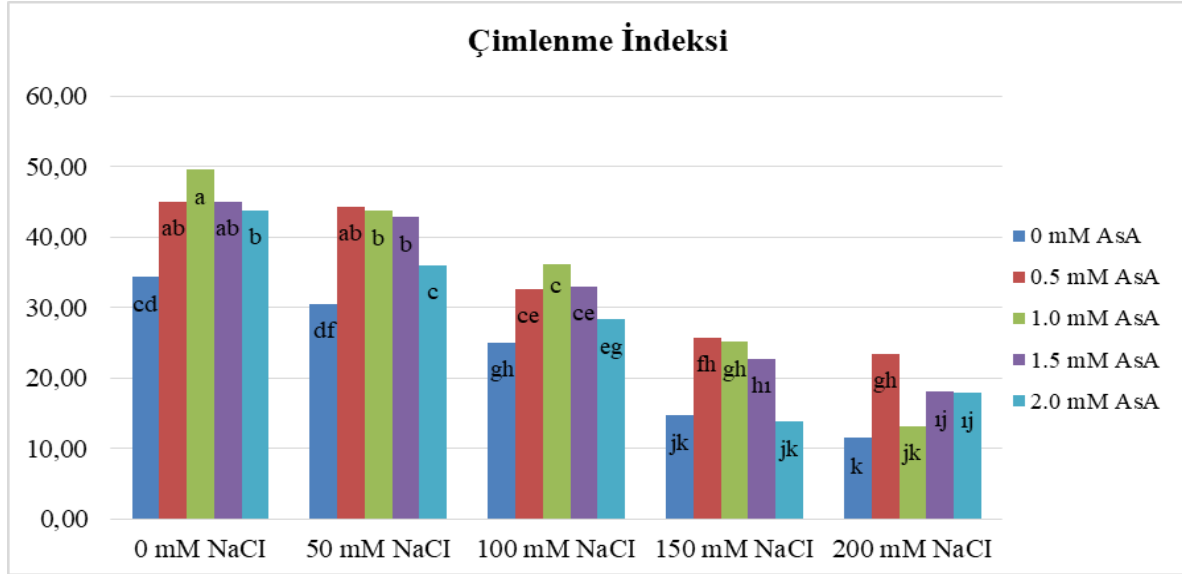
#### Askorbik Asit Priming Uygulamalarının Çimlenme İndeksine Etkileri

Tuz konsantrasyonları, AsA konsantrasyonları ile Tuz x AsA konsantrasyonları interaksyonu istatistiki olarak ( $P < 0.05$ ) önemli bulunmuştur (Çizelge 6). Tuz konsantrasyonları arttıkça çimlenme indeksinde azalma olduğu görülmüştür. Tuz konsantrasyonları bakımından en yüksek çimlenme indeks değeri (43.56) 0 mM NaCl’de elde edilmiştir. En düşük indeks değeri ise 16.80 ile 200 mM NaCl’de tespit edilmiştir. AsA konsantrasyonları ortalamalarına göre ise; en yüksek indeks değeri 0.5 mM AsA’da (34.24), en düşük indeks değeri 0 mM AsA’da (23.23) elde edilmiştir. Tuz x AsA konsantrasyonları interaksyonlarının etkisine bakıldığında; en yüksek çimlenme indeks değeri 0 mM NaCl x 1.0 mM AsA uygulamasında (49.61) elde edilirken, en düşük çimlenme indeks değeri 200 mM NaCl x 0 mM AsA uygulamasında (11.57) elde edilmiştir. Tüm tuz konsantrasyonlarında en düşük çimlenme hızı 0 mM AsA uygulamasında elde edilirken, artan AsA konsantrasyonunun (0.5 mM, 1.0 mM ve 1.5 mM AsA) çimlenme hızını artırdığı tespit edilmiştir (Şekil 5). Çimlenme indeksinin yüksek olması tohum gücünün yüksek olduğunun bir ifadesidir (Maguire, 1962). Dolayısıyla AsA uygulamasının çimlenme hızını artırması stres koşullarına toleransı artırdığının da bir göstergesidir.

Çizelge 6. Kanolada askorbik asidin farklı tuz konsantrasyonlarında çimlenme indeksine (hızı) etkisi

Çimlenme İndeksi						
NaCl/AsA	0 mM	0.5 mM	1.0 mM	1.5 mM	2.0 mM	Ortalama
0 mM	34.31 c-d	45.04 a-b	49.61 a	45.03 a-b	43.79 b	<b>43.56 a</b>
50 mM	30.56 d-f	44.38 a-b	43.75 b	42.83 b	36.00 c	<b>39.50 b</b>
100 mM	25.05 g-h	32.63 c-e	36.22 c	33.01 c-e	28.34 e-g	<b>31.05 c</b>
150 mM	14.68 j-k	25.75 f-h	25.15 g-h	22.69 h-ı	13.78 j-k	<b>20.41 d</b>
200 mM	11.57 k	23.39 g-h	13.13 j-k	18.02 ı-j	17.88 ı-j	<b>16.80 e</b>
<b>Ortalama</b>	<b>23.23 c</b>	<b>34.24 a</b>	<b>33.57 a</b>	<b>32.32 a</b>	<b>27.96 b</b>	
LSD (0.05)	Tuz=2.239		AsA=2.239		Tuz x AsA=5.33	





Şekil 5. Kanolada askorbik asidin farklı tuz konsantrasyonlarında çimlenme indeksine (hızı) etkisi

## SONUÇ

Araştırmanın sonuçları, tuz stresinin kanolada çimlenme üzerine olumsuz etki oluşturduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, SA ve AsA priming uygulamalarının, çeşitli tuz stres seviyelerinde çimlenme özelliklerini artırdığı, böylece tuz stresinin olumsuz etkisini azalttığı görülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre, artan tuz stresi seviyelerinde, düşük SA/AsA konsantrasyonlarının, kanola çimlenmesi üzerinde orta ve yüksek konsantrasyonlardan daha olumlu etkileri olduğu sonucuna varılmıştır. Priming uygulamaları arasında, 0.5 mM SA/AsA konsantrasyonlarında, çimlenmenin önemli ölçüde iyileştiği, çimlenme süresinin hızlandığı tespit edilmiş olup, bu durumun neticesinde bitkinin fide oluşumunu artıracak ve sağlıklı bir büyüme periyodu geçireceği bilinmektedir. Böylece, özellikle tuzlu tarım alanlarında ya da tuzlu sulama suyu kaynaklarının kullanıldığı tarım alanlarında, tohumlar toprak kaynaklı zararlılara ve hastalıklara karşı daha az duyarlı olacak ve daha fazla fotosentez yaparak biyokütle üretebilecektir. Bu araştırmanın sonuçlarına göre, tuz stresine maruz alanlarda düşük konsantrasyonlarda SA/AsA ile kanola tohumlarının priming edilmesi önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

- Afzal I, Basra S, Farooq M, Nawaz A, 2006. Alleviation of Salinity Stress in Spring Wheat by Hormonal Priming with ABA, Salicylic Acid and Ascorbic Acid. *International Journal of Agriculture and Biology*, 8 (1): 23-28.
- Almansouri M, Kinet JM, Lutts S, 2001. Effect of Salt and Osmotic Stresses on Germination in Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.). *Plant and Soil*, 231 (2):243-254.
- Anaya F, Fghire R, Wahbi S, Loutfi K, 2018. Influence of Salicylic Acid on Seed Germination of *Vicia faba* L. under Salt Stress. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17 (1):1-8.
- Anğın N, Vurarak, Y, 2012. Çukurova Bölgesine Uygun Kolza (*Brassica napus* L.) Çeşitlerinin Belirlenmesi. *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 5 (1):90-92.
- Arafa A, Khafagy M, El-Banna M, 2009. The Effect of Glycinebetaine or Ascorbic Acid on Grain Germination and Leaf Structure of Sorghum Plants Grown Under Salinity Stress. *Australian Journal of Crop Science*, 3 (5): 294.
- Arrigoni O, Calabrese G, De Gara L, Bitonti MB, Liso R, 1997. Correlation between Changes in Cell Ascorbate and Growth of *Lupinus albus* Seedlings. *Journal of Plant Physiology*, 150 (3):302-308.

- Aydın İ, Atıcı Ö, 2015. Tuz Stresinin Bazı Kültür Bitkilerinde Çimlenme ve Fide Gelişimi Üzerine Etkileri. Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 3 (2): 1-15.
- Azooz MM, Alzahrani AM, Youssef MM, 2013. The Potential Role of Seed Priming with Ascorbic Acid and Nicotinamide and Their Interactions to Enhance Salt Tolerance in Broad Bean (*Vicia faba* L.). Australian Journal of Crop Science, 7 (13): 2091.
- Baninasab B, Baghbanha M, 2013. Influence of Salicylic Acid Pre-Treatment on Emergence and Early Seedling Growth of Cucumber (*Cucumis sativus*) under Salt Stress. International Journal Of Plant Production, 7 (2): 187-206.
- Baran M, Gökdoğan O, Karaağaç H, 2014. Kanola Üretiminde Enerji Kullanım Etkinliğinin Belirlenmesi (Kırklareli ili örneği). Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 1(3): 331-337.
- Bassuony F, Hassanein R, Baraka D, Khalil R, 2008. Physiological Effects of Nicotinamide and Ascorbic Acid on Zea Mays Plant Grown Under Salinity Stress. II-Changes in Nitrogen Constituents, Protein Profiles, Protease Enzyme and Certain Inorganic Cations. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 2 (3): 350-359.
- Beğbağa M, Öztürk Ö, 2008. Ege Bölgesi Koşullarında Bazı Kışlık Kolza Çeşitlerinde Farklı Ekim Zamanı Uygulamalarının Verim, Verim Unsurları ve Kalite Üzerine Etkileri. Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi, 22 (44):84-98.
- Bybordi A, 2010. The Influence of Salt Stress on Seed Germination, Growth and Yield of Canola Cultivars. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 38 (1): 128-133.
- Cantliffe DJ, 2001. Seed Enhancements, IX International Symposium on Timing of Field Production in Vegetable Crops, 607:53-59.
- Conklin PL, 2001. Recent Advances in the Role and Biosynthesis of Ascorbic Acid in Plants. Plant, Cell & Environment, 24 (4): 383-394.
- Cuartero J, Bolarin M, Asins M, Moreno V, 2006. Increasing Salt Tolerance in the Tomato, Journal of Experimental Botany, 57 (5): 1045-1058.
- Darçın ES, Yusuf K, Kenan T, 2014. In vitro Koşullarda Humik Maddelerin Kolza Bitkisinin Fizyolojik Özellikleri, Sürgün Rejenerasyonu ve Antioksidant Enzim Aktiviteleri Üzerine Etkisi. International Journal of Agricultural and Natural Sciences, 7 (1):55-61.
- De Gara L, 2003. Ascorbate and plant growth—from germination to cell death. Vitamin C: Functions and Biochemistry in Animals and Plants, 83-95.
- Dubey R, Rani M, 1990. Influence of NaCl Salinity on the Behaviour of Protease, Aminopeptidase and Carboxypeptidase in Rice Seedlings in Relation to Salt Tolerance. Functional Plant Biology, 17 (2): 215-221.
- Ekmekçi BA, Karaman M, 2012. Exogenous Ascorbic Acid Increases Resistance to Salt of *Silybum marianum* (L.). African Journal of Biotechnology, 11 (42):9932-9940.
- Ekmekçi E, Apan M, Kara T, 2005. Tuzluluğun Bitki Gelişimine Etkisi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi. 20 (3): 118-125.
- Ellis R, Roberts E, 1981. An Investigation into the Possible Effects of Ripeness and Repeated Threshing on Barley Seed Longevity under Six Different Storage Environments. Annals of Botany, 48 (1): 93-96.
- Farahbakhsh H, 2012. Germination and Seedling Growth in Unprimed and Primed Seeds of Fennel as Affected by Reduced Water Potential Induced by NaCl. International Research Journal of Applied and Basic Sciences, 3 (4): 737-744.
- Gürsoy M, Nofouzi F, Başalma D, 2016. Humik Asit Uygulama Zamanı Ve Dozlarının Kışlık Kolzada Verim Ve Verim Öğelerine Etkileri. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 25 (özel sayı-2): 131-136.
- Habib N, Ashraf M, Ahmad MSA, 2010. Enhancement in Seed Germinability of Rice (*Oryza Sativa* L.) By Pre-Sowing Seed Treatment with Nitric Oxide (NO) Under Salt Stress. Pakistan Journal of Botany, 42 (6): 4071-4078.

- Hara M, Furukawa J, Sato A, Mizoguchi T, Miura K, 2012. Abiotic Stress and Role of Salicylic Acid in Plants, In: Abiotic Stress Responses in Plants. Eds: Springer, p. 235-251.
- Hasegawa P, Bressan R, Handa A, 1986. Cellular Mechanisms of Salinity Tolerance. HortScience, 21 (6): 1317-1324.
- Hubbard M, Germida J, Vujanovic V, 2012. Fungal Endophytes Improve Wheat Seed Germination Under Heat and Drought Stress. Botany, 90 (2): 137-149.
- Jam B, Shekari F, Azimi M, Zangani E, 2012. Effect of Priming by Salicylic Acid on Germination and Seedling Growth of Safflower Seeds under CaCl<sub>2</sub> Stress. International Journal of Agricultural Research And Reviews, 2: 1097-1105.
- Jini D, Joseph B, 2017. Physiological Mechanism of Salicylic Acid for Alleviation of Salt Stress in Rice. Rice Science, 24 (2): 97-108.
- Kaydan D, Yagmur M, Okut N, 2007. Effects of Salicylic Acid on the Growth and Some Physiological Characters in Salt Stressed Wheat (*Triticum aestivum* L.). Tarım Bilimleri Dergisi, 13 (2):114-119.
- Khajeh-Hosseini M, Powell A, Bingham I, 2003. The Interaction between Salinity Stress and Seed Vigour during Germination of Soyabean Seeds. Seed Science and technology, 31 (3): 715-725.
- Khan MA, Ahmed MZ, Hameed A, 2006. Effect of Sea Salt and L-Ascorbic Acid on the Seed Germination of Halophytes. Journal of Arid Environments, 67 (3): 535-540.
- Khan MB, Gurchani MA, Hussain M, Freed S, Mahmood K., 2011. Wheat Seed Enhancement by Vitamin and Hormonal Priming, Pakistan Journal of Botany, 43 (3):1495-1499.
- Lee S, Kim S, Park C, 2010. Salicylic Acid Promotes Seed Germination Under High Salinity By Modulating Antioxidant Activity In Arabidopsis, New Phytologist, 188 (2):626-637.
- Lee SS, Kim JH, Hong SB, Yun SH, Park EH, 1998. Priming Effect of Rice Seeds on Seedling Establishment under Adverse Soil Conditions. Korean Journal of Crop Science, 43 (3): 194-198.
- Maguire JD, 1962. Speed of Germination—Aid In Selection and Evaluation for Seedling Emergence and Vigor 1. Crop science. 2 (2): 176-177.
- Maiti R, Pramanik K, 2013. Vegetable Seed Priming: A Low Cost, Simple and Powerful Techniques for Farmers' Livelihood. International Journal of Bio-resource and Stress Management, 4 (4): 475-481.
- McDonald MB, 2000. Seed Priming, Seed Technology and Its Biological Basis. Sheffield Academic Press, Sheffield, 287-325.
- Miura K, Tada Y, 2014. Regulation of Water, Salinity and Cold Stress Responses by Salicylic Acid. Frontiers in Plant Science, 5: 4.
- Mohammadi G, 2009. The Influence of NaCl Priming on Seed Germination and Seedling Growth of Canola (*Brassica napus* L.) Under Salinity Conditions. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science, 5 (5): 696-700.
- Mohsen A, Ebrahim M, Ghoraba W, 2013. Effect of Salinity Stress on Vicia Faba Productivity with Respect to Ascorbic Acid Treatment. Iranian Journal Of Plant Physiology, 3 (3): 725-736.
- Munns R, 2002. Comparative Physiology of Salt and Water Stress. Plant, Cell & Environment, 25 (2): 239-250.
- Munns R, Tester M, 2008. Mechanisms of Salinity Tolerance. Annual Review of Plant Biology, 59: 651-681.
- Murillo-Amador B, López-Aguilar R, Kaya C, Larrinaga-Mayoral J, Flores-Hernández A, 2002. Comparative Effects of NaCl and Polyethylene Glycol on Germination, Emergence and Seedling Growth of Cowpea. Journal of Agronomy and Crop Science, 188 (4): 235-247.
- Nawaz K, Ashraf M, 2010. Exogenous application of glycinebetaine modulates activities of antioxidants in maize plants subjected to salt stress. Journal of Agronomy and Crop Science, 196 (1):28-37.
- Nazarian G, 2016. Tuzluluk Stresinde Kanola Bitkisinin Morfolojik Ve Fizyolojik Özellikleri Üzerine Salisilik Asidin Priming Uygulamasının Etkisi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Noctor G, Foyer CH, 1998. Ascorbate and Glutathione: Keeping Active Oxygen under Control, Annual Review of Plant Biology, 49 (1): 249-279.

- Nun NB, Plakhine D, Joel DM, Mayer AM, 2003. Changes in the Activity of the Alternative Oxidase in Orobanche Seeds during Conditioning and Their Possible Physiological Function. *Phytochemistry*, 64 (1): 235-241.
- Palma F, López-Gómez M, Tejera N, Lluch C, 2013. Salicylic Acid Improves The Salinity Tolerance of *Medicago Sativa* in Symbiosis With *Sinorhizobium Meliloti* by Preventing Nitrogen Fixation Inhibition. *Plant Science*, 208: 75-82.
- Rivas-San Vicente M, Plasencia J., 2011. Salicylic Acid beyond Defence: its Role in Plant Growth and Development, *Journal of Experimental Botany*, 62 (10):3321-3338.
- Saeidnia S, Gohari AR, 2012. Importance of *Brassica napus* as a medicinal food plant. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6 (14): 2700-2703.
- Sattar A, Badshah A, 1995. Biosynthesis of Ascorbic Acid in Germinating Rapeseed Cultivars. *Plant Foods for Human Nutrition*, 47 (1): 63-70.
- Semida WM, Abd El-Mageed TA, Mohamed SE, El-Sawah NA, 2017. Combined Effect of Deficit Irrigation and Foliar-Applied Salicylic Acid on Physiological Responses, Yield, And Water-Use Efficiency of Onion Plants in Saline Calcareous Soil. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 63 (9): 1227-1239.
- Smirnoff N, Wheeler GL, 2000. Ascorbic Acid in Plants: Biosynthesis and Function. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 19 (4), 267-290.
- Soliman M, Al-Juhani R, Hashash M, Al-Juhani F, 2016. Effect of Seed Priming With Salicylic Acid on Seed Germination and Seedling Growth of Broad Bean (*Vicia faba* L.). *International Journal of Agricultural Technology*, 12 (6):1125-1138.
- Staswick P, Raskin I, Arteca R, 1995. Jasmonates, Salicylic Acid and Brassinosteroids, In: *Plant Hormones*. Eds: Springer, p. 179-213.
- Tuna AL, Kaya C, Dikilitaş M, Yokas İ, Burun B, Altunlu H, 2007. Comparative Effects of Various Salicylic Acid Derivatives on Key Growth Parameters and Some Enzyme Activities in Salinity Stressed Maize (*Zea mays* L.) Plants. *Pakistan Journal of Botany*, 39 (3): 787-798.
- Uyanık M, Kara ŞM, Korkmaz K, 2014. Bazı Kışlık Kolza (*Brassica napus* L.) Çeşitlerinin Çimlenme Döneminde Tuz Stresine Tepkilerinin Belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 20 (2014):368-375.
- Wu L, Guo X, Harivandi MA, 1998. Allelopathic Effects of Phenolic Acids Detected in Buffalograss (*Buchloe dactyloides*) Clippings on Growth of Annual Bluegrass (*Poa annua*) and Buffalograss Seedlings. *Environmental and Experimental Botany*, 39 (2): 159-167.
- Yadav P, Maya K, Zakwan A, 2011. Seed Priming Mediated Germination Improvement and Tolerance to Subsequent Exposure to Cold And Salt Stress in Capsicum. *Research Journal of Seed Science*, 4 (3): 125-136.
- Zhang S, Gao J, Song J, Zhang SG, Gao JY, Song JZ, 1999. Effects of Salicylic Acid and Aspirin on Wheat Seed Germination under Salt Stress. *Plant Physiology Communications*, 35: 29-32.