

Cilt / Volume: 10, Sayı / Issue: 2

Haziran / June , 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 / Assoc. Prof. Dr. Bilal KESKİN  
Doç.Dr. Adem KOÇYİĞİT / Assist. Prof. Dr. Adem KOÇYİĞİT  
Dr. Öğr. Üyesi Ersin GÜLSOY / Assist. 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, Bahçe Bitkileri  
Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu, Türkiye

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

Dr. Öğr. Üyesi Ersin GÜLSOY, Bahçe Bitkileri  
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Gültekin IŞIK, Bilgisayar Mühendisliği  
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Prof. Dr. Ahmet ULUDAĞ, Bitki Koruma  
Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye

Doç. Dr. Celalettin GÖZÜAÇIK, Bitki Koruma  
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Tuba GENÇ KESİMCİ, Bitki Koruma  
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Ramazan GÜRBÜZ, Bitki Koruma  
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

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

Dr. Öğr. Üyesi Emel DİRAZ, Biyoloji  
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üni. K.Maraş, Türkiye

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

Doç. Dr. Sefa ALTİKAT, Biyosistem,  
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Züleyha BİNGÜL, Çevre Mühendisliği  
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Sinan KUL, Çevre Mühendisliği  
Bayburt Üniversitesi, Bayburt, Türkiye

Doç. Dr. Adem KOÇYİĞİT, Elektrik-Elekt. Müh.  
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Kenan ÇİÇEK, Elektrik-Elekt Müh.  
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Agah Oktay ERTAY, Elektrik-Elekt Müh.  
Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Erzincan, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Seda TÜRK, Endüstri Mühendisliği  
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Hamid YILMAZ, Endüstri Mühendisliği  
Bayburt Üniversitesi, Bayburt, Türkiye

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

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

Dr. Öğr. Üyesi Abdulkarım KARABULUT, Fizik  
Sinop Üniversitesi, Sinop, Türkiye

Prof. Dr. Ahmet ERDOĞAN, Gıda Mühendisliği  
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Prof. Dr. İhsan Güngör ŞAT, Gıda Mühendisliği  
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Dr. Öğr. Üye. Mubin KOYUNCU, Gıda Mühendisliği  
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Prof. Dr. İlker KAZAZ, İnşaat Mühendisliği  
Erzurum Teknik Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Doç. Dr. Muhammed Yasin ÇODUR, İnşaat Müh.,  
Erzurum Teknik Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Alperen ÖZDEMİR, İnşaat Mühendisliği  
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Fikret TÜRKAN, Kimya,  
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Zeynep Şılan TURHAN IRAK, Kimya,  
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

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

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Harbi ÇALIMLI  
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Uğur GÜLLER, Kimya  
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Doç. Dr. Mahir UZUN, Makine Mühendisliği  
İnönü Üniversitesi, Malatya, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa HAMAMCI, Makine Mühendisliği  
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

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

Dr. Öğr. Üyesi Gökçe DİLEK KÜÇÜK, Matematik  
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Lokman BİLEN, Matematik  
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Prof. Dr. Ahmet ADIGÜZEL, Moleküler Biyoloji ve Genetik  
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Kaan HÜRKAN, Moleküler Biy. ve Genetik  
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Can Ali AĞCA, Moleküler Biy. ve Genetik  
Bingöl Üniversitesi, Bingöl, Türkiye

Prof. Dr. Mehmet Hakkı ALMA, Orman Endüstri Müh.  
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Prof. Dr. Ahmet Tuğrul POLAT, Peyzaj Mimarlığı,  
Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye

Prof. Dr. Murat ZENGİN, Peyzaj Mimarlığı  
Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye

Prof. Dr. Deniz ÇOBAN, Su Ürünleri  
Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, Türkiye

Doç. Dr. İlknur MERİÇ TURGUT, Su Ürünleri  
Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye

Doç. Dr. Yakup Erdal ERTÜRK, Tarım Ekonomisi  
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Tuba Pekkirbizli ZEMESTANİ, Tarım Ekonomisi  
Bozok Üniversitesi, Yozgat, Türkiye

Prof. Dr. Burhan KARA, Tarla Bitkileri  
Isparta Üniversitesi, Isparta, Türkiye

Prof. Dr. Bilal KESKİN, Tarla Bitkileri  
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Doç. Dr. Süleyman TEMEL, Tarla Bitkileri  
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Doç. Dr. Adem GÜNEŞ, Top. Bilimi ve Bitki Bes.  
Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Serdar SARI, Top. Bilimi ve Bitki Bes.  
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi İsa YILMAZ, Zootekni,  
Muş Alparslan Üniversitesi, Muş, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Ali İhsan ATALAY  
Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

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

Prof. Dr. Muhammad HANIF, Mathematic  
Lahore Üniversitesi, Lahore, Pakistan  
Prof. Dr. Muhammad SARWAR, Animal Science  
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

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**

Prof. Dr. Guang Jie ZHAO, Forestry,  
Beijing Forestry University, China  
Prof. Dr. Vaqif ABBASOV, Chemistry,  
Neft Kimya Prosesleri Institutu, Azerbaycan  
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

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 NUMBER**

Prof. Dr. Cuma AKBAY, Tarım Ekonomisi  
Prof. Dr. Derya KARA FISHER, Kimya  
Prof. Dr. Dilek Bostan BUDAK, Tarım Ekonomisi  
Prof. Dr. Ekrem LAÇİN, Zootekni  
Prof. Dr. Erhan DENİZ, Matematik  
Prof. Dr. Ertan YILDIRIM, Bahçe Bitkileri  
Prof. Dr. Fatma Bedia BERKER, Kimya  
Prof. Dr. İnanç ÖZGEN, Bitki Koruma  
Prof. Dr. Mahmut Murat ASLAN, Bitki Koruma  
Prof. Dr. Meral KILIÇ AKYILMAZ, Gıda Mühendisliği  
Prof. Dr. Muzaffer DENLİ, Zootekni  
Prof. Dr. Okan ACAR, Biyoloji  
Prof. Dr. Ömer ÇOBAN, Zootekni  
Prof. Dr. Salih ÖZDEMİR, Gıda Mühendisliği  
Prof. Dr. Salih ÖZDEMİR, Gıda Mühendisliği  
Prof. Dr. Soner ÇANKAYA, Zootekni  
Prof. Dr. Şana SUNGUR, Kimya  
Prof. Dr. Zeki MUT, Tarla Bitkileri  
Prof. Dr. Atila GÜL, Peyzaj Mimarlığı  
Prof. Dr. Ayşe NİLSUN DEMİR, Su Ürünleri  
Prof. Dr. Aziz AVCI, Biyoloji  
Prof. Dr. Filiz KORKMAZ GÖRÜR, Fizik  
Prof. Dr. Göksel DEMİR, Çevre Mühendisliği  
Prof. Dr. Gülistan ERDAL, Tarım Ekonomisi  
Prof. Dr. Hakan GEREN, Tarla Bitkileri  
Prof. Dr. Halil İbrahim OĞUZ, Bahçe Bitkileri  
Prof. Dr. Hülya KARA SUBAŞAT, Fizik  
Prof. Dr. İsmet BOZ, Tarım Ekonomisi  
Prof. Dr. Kağan KÖKTEN, Tarla Bitkileri  
Doç. Dr. Cumali KESKİN, Gıda Mühendisliği  
Doç. Dr. Ahmet Metin KUMLAY, Tarla Bitkileri

Prof. Dr. Nazan ÜZÜM, Biyoloji  
Prof. Dr. Ömer ÖZYURT, Makine Mühendisliği  
Prof. Dr. Recep KARAKAS, Biyoloji  
Prof. Dr. Reyhan ERDOĞAN, Peyzaj Mimarlığı  
Prof. Dr. Turgay ŞİŞMAN, Biyoloji  
Prof. Dr. Volkan ALTAY, Biyoloji  
Prof. Dr. Yakup BUDAK, Kimya  
Prof. Dr. Kemal POLAT, Elektrik-Elektronik Mühendisliği  
Prof. Dr. Metin BASARIR, Matematik  
Prof. Dr. Muharrem KAYA, Tarla Bitkileri  
Prof. Dr. Mustafa ŞAHİN, Zootekni  
Prof. Dr. Mustafa ŞAHİN, Zootekni  
Doç. Dr. Can YILMAZ, Biyoloji  
Doç. Dr. Çağrı Özgür ÖZKAN, Zootekni  
Doç. Dr. Çiğdem KARABACAK ATAY, Kimya  
Doç. Dr. Gülay KAÇAR, Bitki Koruma  
Doç. Dr. Harun ÖZER, Bahçe Bitkileri  
Doç. Dr. Kadir Ersin TEMİZEL, Tarımsal Yapılar ve Sulama  
Doç. Dr. Mehmet Lütfi Yola, Kimya  
Doç. Dr. Mehmet SARI, Zootekni  
Doç. Dr. Melekşen AKIN, Bahçe Bitkileri  
Doç. Dr. Murat ÇAĞLAR, Matematik  
Doç. Dr. Nurşen ÇÖRDÜK, Biyoloji  
Doç. Dr. Özlem DOĞAN AYDENİZ, Kimya  
Doç. Dr. Rıdvan ŞAHİN, Matematik  
Doç. Dr. Serkan ŞAHAN, Kimya  
Doç. Dr. Tugay AYŞAN, Zootekni  
Doç. Dr. Turgut ATAY, Bitki Koruma  
Doç. Dr. Ünal KURT, Elektrik-Elektronik Mühendisliği  
Doç. Dr. Ali ÇAKMAK, Matematik  
Doç. Dr. ALİ Rıza ONGUN, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme

- Doç. Dr. Ayşe GÜL İNCE, Tarla Bitkileri  
Doç. Dr. Yaşar ÖZYİĞİT, Tarla Bitkileri  
Doç. Dr. Zafer CEYLAN, Su Ürünleri  
Doç. Dr. Zafer ŞERBETÇİ, Kimya  
Doç. Dr. Zühal DİLAVER, Peyzaj Mimarlığı  
Dr. Öğr. Üyesi Hasan Burak AĞIR, Tarım Ekonomisi  
Dr. Öğr. Üyesi Haşim ÇAYIR, Matematik  
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ATALAY, İnşaat Mühendisliği  
Dr. Öğr. Üyesi Duried ALWAZEER, Gıda Mühendisliği  
Dr. Öğr. Üyesi Kemal KUVVET, Makine Mühendisliği  
Dr. Öğr. Üyesi Osman PALANCI, Matematik  
Dr. Öğr. Üyesi Tuba PEKKIRBIZLI ZEMESTANİ, Tarım Eko.  
Dr. Öğr. Üyesi Uğur GÜLLER, Gıda Mühendisliği  
Dr. Öğr. Üyesi Elif HATİCE GÜRKAN, Kimya  
Dr. Öğr. Üyesi Evrim TOKLU, Matematik  
Dr. Öğr. Üyesi Ayşe TÜRKHAN, Kimya  
Dr. Öğr. Üyesi Abdulkarim KARABİBER, Elek.-Elektr.Müh.  
Dr. Öğr. Üyesi Abdullah ÇAĞMAN, Matematik  
Dr. Öğr. Üyesi Abdullah OSMANOĞLU, Bahçe Bitkileri  
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Turan TEKEŞ, Kimya  
Dr. Öğr. Üyesi Altuğ KARABEY, Makine Mühendisliği  
Dr. Öğr. Üyesi ARZU MORKOYUNLU YÜCE, Su Ürünleri  
Dr. Öğr. Üyesi Aynur ŞAHİN, Matematik  
Dr. Öğr. Üyesi Ayşenur YAZICI, Moleküler Biyoloji ve Genetik  
Dr. Öğr. Üyesi Bedrettin SAVAŞ, Kimya  
Dr. Öğr. Üyesi Behçet KOCAMAN, Elek.-Elektr.Müh.  
Dr. Öğr. Üyesi Bilge ŞENEL, Elektrik-Elektronik Mühendisliği  
Dr. Öğr. Üyesi Burak URAZEL, Elek.-Elektr.Müh.  
Dr. Öğr. Üyesi Cafer Mert YEŞİLKANAT, Fizik  
Dr. Öğr. Üyesi Cemal BUDAĞ, Zootekni  
Dr. Öğr. Üyesi Çağrı KARAMAN, Matematik  
Dr. Öğr. Üyesi Davood GHADERI, Elek.-Elektr.Müh.  
Dr. Öğr. Üyesi Derya BAL ALTUNTAŞ, Kimya  
Dr. Öğr. Üyesi Dilara DERELİ, Kimya  
Dr. Öğr. Üyesi Dilek OKUYUCU, İnşaat Mühendisliği  
Dr. Öğr. Üyesi Emine AŞKAN, Tarım Ekonomisi  
Dr. Öğr. Üyesi Emine ATALAY, Tarla Bitkileri  
Dr. Öğr. Üyesi Emrah DURAL, Kimya  
Dr. Öğr. Üyesi Emre DEMİRER DURAK, Bitki Koruma  
Dr. Öğr. Üyesi Erdem IŞIK, Makine Mühendisliği  
Dr. Öğr. Üyesi Ersin GÜLSOY  
Dr. Öğr. Üyesi Faruk YEŞİLDAL, Makine Mühendisliği  
Dr. Öğr. Üyesi Fatih TOSUNOĞLU, İnşaat Mühendisliği  
Dr. Öğr. Üyesi Fevzi TOPAL, Kimya  
Dr. Öğr. Üyesi Gökçe POLAT YEMİŞ, Gıda Mühendisliği  
Dr. Öğr. Üyesi Gürçay Kıvanç AKYILDIZ, Biyoloji  
Dr. Öğr. Üyesi Haydar KAYA, Elektrik-Elektronik Müh.  
Dr. Öğr. Üyesi Hümeyra NERGİZ UYAR, Biyoloji  
Dr. Öğr. Üyesi Kadri DOĞAN, Matematik  
Dr. Öğr. Üyesi Lokman BİLEN, Matematik  
Dr. Öğr. Üyesi M. Bihter BİNGÜL, Peyzaj Mimarlığı  
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Nuri ATALAR, Kimya  
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Uğur YILDIRIM, Tarla Bitkileri  
Dr. Öğr. Üyesi Melih KUNCAN, Elek.-Elektronik Müh.  
Dr. Öğr. Üyesi Meltem SAPLIOĞLU, İnşaat Mühendisliği  
Dr. Öğr. Üyesi Meryem TOPAL, Kimya  
Dr. Öğr. Üyesi Mine KÖKTÜRK, Su Ürünleri  
Dr. Öğr. Üyesi Murat Olcay ÖZCAN, Bilgisayar Mühendisliği  
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa USTA, Bitki Koruma  
Dr. Öğr. Üyesi Namık KILINÇ, Kimya  
Dr. Öğr. Üyesi Neva KARATAŞ, Gıda Mühendisliği  
Dr. Öğr. Üyesi Nurgül ARISOY, Peyzaj Mimarlığı  
Dr. Öğr. Üyesi Rüveyda YÜZBAŞIOĞLU, Tarım Ekonomisi  
Dr. Öğr. Üyesi Sait TAŞ, Matematik  
Dr. Öğr. Üyesi Serdal SABANCI, Gıda Mühendisliği  
Dr. Öğr. Üyesi Sümeyra Sultan TİSKE İNAN, Gıda Mühendisliği  
Dr. Öğr. Üyesi Tuba BAYRAM, Çevre Mühendisliği  
Dr. Öğr. Üyesi Tuba GENÇ KESİMCİ, Bitki Koruma  
Dr. Öğr. Üyesi Tuğba ÖZAKTAŞ, Biyoloji  
Dr. Öğr. Üyesi Tunçar ŞAHAN, Matematik  
Dr. Öğr. Üyesi Uğur GÜLLER, Gıda Mühendisliği  
Dr. Öğr. Üyesi Yalçın TAHTALI, Zootekni  
Dr. Öğr. Üyesi Yunus ATALAN, Matematik  
Öğr. Gör. Dr. Aysun ÖZÇELİK, Biyokimya  
Öğr. Gör. Dr. Duygu ÖCAL, Temel Tıp Bilimleri  
Öğr. Gör. Dr. Filiz ÖZTÜRK, Fizik  
Öğr. Gör. Dr. Selcen UZUN DURAN, Fizik  
Öğr. Gör. Dr. Esmâ NUR GEÇER, Gıda Mühendisliği  
Dr. Snežana BABIĆ, Forage  
Dr. Cihangir UYGUN, Biyoloji  
Öğr. Gör. Ali Kemali ÖZUĞUR, Zootekni  
Öğr. Gör. Mahmut SOYLU, Çevre Mühendisliği  
Öğr. Gör. Şadiye NUR GÜLEÇ, Halkla İlişkiler ve Tanıtım  
Arş. Gör. Dr. Emre KUŞKAPAN, İnşaat Mühendisliği  
Arş. Gör. Dr. Muhammet YILMAZ, İnşaat Mühendisliği  
Arş. Gör. Dr. Ömer KAYA, İnşaat Mühendisliği  
Arş. Gör. Dr. Tarık İLHAN, Su Ürünleri  
Arş. Gör. Dr. Ayşegül TÜRK BAYDIR, Gıda Mühendisliği  
Arş. Gör. Dr. Ferhat ÇIRA, Elektrik-Elektronik Mühendisliği  
Arş. Gör. Dr. Kadir Diler ALEMDAR, İnşaat Mühendisliği  
Arş. Gör. Dr. Kutlucan GÖRÜR, Elektrik-Elektronik Müh.  
Arş. Gör. Dr. Merve KAYACI ÇODUR, İnşaat Mühendisliği

**İğdır 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 Zootečni'dirDergide 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) yayımlanmaktadır.
5. Yayımlanması istenilen eserlerin herhangi bir yerde yayımlanmamış veya yayımlanmak üzere herhangi bir dergiye gönderilmemiş olması zorunludur.
6. Dergiye yayımlanmak 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

#### Araştırma Makalesi / Research Article

Kadmium Stresi Altındaki Çilek (*Fragaria x ananassa* "Camarosa") Bitkisinde Metil Jasmonat Uygulamalarının Bazı Büyüme Parametreleri Üzerine Etkileri

The Effect of Methyl Jasmonate Applications on Some Growth Parameters in Strawberry (*Fragaria x ananassa* "Camarosa") Plant under Cadmium Stress

Ferhad MURADOĞLU, Rana BAYTIN, İbrahim BAŞAK, Gökhan AKKUŞ

714

#### Araştırma Makalesi / Research Article

Effect of Different Concentrations of BAP and Putrescine on Potato Microtuberization (cv. Agria)

Samad KHORSANDI, Alireza MOTALLEBİ AZAR, Fariborz ZAARE NAHANDI, Ali HATAMI, Sam MOKHTARZADEH

723

### Bitki Koruma / Plant Protection

#### Derleme Makalesi / Review Article

Kenevir Zararlıları ile Entegre Mücadele

Integrated Management of Hemp Pests

Yeter KÜÇÜKTOPCU, İslam SARUHAN, Şeyma YİĞİT, İzzet AKÇA

732

#### Derleme Makalesi / Review Article

Kenevirde Görülen Hastalıklara Genel Bir Bakış

An Overview of Hemp Diseases

Mehmet Ali ŞEVİK

748

#### Araştırma Makalesi / Research Article

*Dolichomitus kriechebaumeri* (Schulz) (Hymenoptera: Ichneumonidae)'nin *Sphenoptera (Tropeopeltis) tappesi* Marseul, (Coleoptera: Buprestidae) Üzerindeki Popülasyon Gelişimi

Population Density of *Dolichomitus kriechebaumeri* (Schulz) (Hymenoptera: Ichneumonidae) on *Sphenoptera (Tropeopeltis) tappesi* Marseul (Coleoptera: Buprestidae)

Halil BOLU, Hasan MARAL

763

### Biyoloji / Biology

#### Araştırma Makalesi / Research Article

Ticari ve Lokal Kefir Danelerinden Elde Edilen Kefirlerin Biyoaktivitelerinin Karşılaştırılması

Bioactivity Comparison of Kefirs Obtained from Commercial and Local Kefir Grains

Side Selin Su YİRMİBEŞOĞLU, Burcu Emine TEFON ÖZTÜRK

769

#### Araştırma Makalesi / Research Article

Investigation of Neurotoxic and Immunotoxic Effects of the Chinar (*Platanus orientalis* L.) Tree Leaf Infusion Against Ethanol Toxicity in Rats

Abdulhad DOĞAN, Fatih DONMEZ, Abdulhamit BATTAL, Ali ASLAN, Ozgur Ozan ANUK

778

#### Araştırma Makalesi / Research Article

Application of Regression Models in Bird Population Data: An Example of Haçlı Lake

Emrah ÇELİK, Atilla DURMUŞ

788

#### Araştırma Makalesi / Research Article

Influence of *in vitro* Micropropagation Growth Conditions on Stomatal and Morphological Characteristics of Mature *Pistacia vera* L.

Olgun Antepfıstığı'nın (*Pistacia vera* L.) Stomatal ve Morfolojik Özellikleri Üzerine *In vitro* Mikropropagasyon Büyüme Koşullarının Etkisi

Emine AYAZ TILKAT, Hülya HOŞGÖREN, Alevcan KAPLAN, Engin TILKAT

799

#### Araştırma Makalesi / Research Article

Evaluation of Some Physicochemical Parameters of Cevdet Dünder Pond (Yozgat/Turkey) Based on Bathymetric Map and Field Measurements

Şeyda ERDOĞAN, Arda ÖZEN, Şenol AKIN, Semih EDİŞ

808

#### Araştırma Makalesi / Research Article

Üniversite Öğrencilerinde Kahvaltı Yapma Alışkanlığının Saptanması ve Çözüm Önerileri

Determining the of breakfast having habits among university students and suggestions of solution

Songul CETİK YILDIZ

819

## Biyoloji / Biology

### Araştırma Makalesi / Research Article

Evaluation of Physiological and Biochemical Responses against to Salinity in Local Rice (*Oryza sativa* L.) under *in vitro* Conditions

Mehmet Yusuf ORCAN, Filiz AKBAŞ

828

### Araştırma Makalesi / Research Article

Bazı Antibiyotiklerin Biyofilm Oluşturan Stafilokok İzolatları Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi

Evaluation of the Effects of Some Antibiotics on Biofilm Forming Staphylococci Isolates

Sevim Feyza ERDOĞMUŞ, Selahattin KONAK

838

### Araştırma Makalesi / Research Article

Bazı *Muscari* Mill. (Asparagaceae) Türleri Üzerine Karşılaştırmalı Morfolojik, Anatomik ve Palinolojik Çalışmalar

Comparative morphological, anatomical and palynological studies on some *Muscari* Mill. species (Asparagaceae)

Ahmet İLÇİM<sup>1</sup>, Halil KARATAŞ<sup>2</sup>, Faruk KARAHAN

846

### Araştırma Makalesi / Research Article

New Locality Record of *Platyceps najadum* (Eichwald, 1831) With Ecological Niche Modeling in Turkey

Emin BOZKURT

855

## Çevre Mühendisliği / Environmental Engineering

### Araştırma Makalesi / Research Article

Badem Kabuğu İle Sulu Çözeltilerden Bentazon ve Metalaxyl Giderimi

Bentazon and Metalaxyl Removal From Aqueous Solutions by Almond Shell

Barış DİLER, Dilek KILIÇ APAR

865

### Araştırma Makalesi / Research Article

Iğdır İli Partiküler Kirlilik Düzeyi ve Partiküler Kirliliğin Diğer Kirlenmeler ile İlişkileri

Particulate Pollution Level and Relations of Particulate Pollution with Other Pollutants in Iğdır

Aysun ALTİKAT

878

## Elektrik Elektronik Mühendisliği / Electrical Electronic Engineering

### Araştırma Makalesi / Research Article

Dört Serbestlik Dereceli Bir İnsansız Sualtı Aracının 3 Boyutlu Bilgisayar Benzetimi

3D Computer Simulation of a Four DOF Unmanned Underwater Vehicle

Serhat YILMAZ, Sadettin Burak KILCI

888

### Araştırma Makalesi / Research Article

PID ve Bulanık Mantık Tabanlı DC Motorun Gerçek Zamanlı Konum Kontrolü

Real Time Position Control of PID and Fuzzy Logic Based DC Motor

Kaplan KAPLAN, Melih KUNCAN, Halit POLAT, Burak TEPE, Hüseyin Metin ERTUNÇ

900

### Araştırma Makalesi / Research Article

An Application of Cloud Computing Based Industrial Internet of Things for Generator System

Jeneratör Sistemi için Bulut Bilişim Tabanlı Endüstriyel Nesnelerin İnterneti Uygulaması

Batın DEMİRCAN, Ersin AKYÜZ

917

### Derleme Makalesi / Review Article

Vücut Yağ Miktarı / Yüzdesi Hesaplama Yöntemleri: Sistemik Derleme

Body Fat Amount / Percentage Calculation Methods: Systematic Review

Muhammed Kürşad UÇAR, Zeliha UÇAR

930

### Araştırma Makalesi / Research Article

Effect of Dielectric Substrate Parameters Which Dimensions of Lens and Distance From Antenna on The Gain Enhancement of Microstrip Antenna with Metamaterial

Bülent URUL

944

### Araştırma Makalesi / Research Article

Design, Producing and Testing of 12-Step Three-Phase Voltage Source Inverter with Flexible Independent PWM Current Control for Brushless Direct Current Motor

Mehmet Cihat ÖZGENEL

956

### Derleme Makalesi / Review Article

Akıllı Şebekelerde İletişim Altyapısı ve Siber Güvenlik

Communication Infrastructure and Cyber-Security in Smart Grids

Muhammed Zekeriya GÜNDÜZ, Resul DAŞ

970

709

## Fizik / Physics

### Araştırma Makalesi / Research Article

Tereftalat ile [N-(2-Hidroksietil)-Etilendiamin] İçeren Karışık liganlı Bakır(II) Kompleksinin Sentezi, Spektral, Termal ve Yapısal Karakterizasyonu

Synthesis, Spectral, Thermal and Structural Characterization of Mixed ligand Copper(II) Complex Containing [N-(2-Hydroxyethyl)-Ethylenediamine] with Terephthalate

Tuğba AYCAN, Hümeyra PAŞAOĞLU

985

### Araştırma Makalesi / Research Article

Türkiye’de Nükleer Enerji Öncesi Trabzon İlinde Yaşayan Bazı İnsanlarda Tritiyum Konsantrasyonları

Tritium Concentrations in Some People Living in Trabzon Ahead of Nuclear Energy in Turkey

Serdar DİZMAN

998

## Gıda Mühendisliği / Food Engineering

### Araştırma Makalesi / Research Article

Karaman İl Merkezinde Yaşayan Halkın Bilinçli Gıda Tüketim Derecesinin Araştırılması

Investigation of The Conscious Food Consumption of People Lived in Karaman City Center

Sabire YERLİKAYA, Şura Nur KARAMAN, Süheyla TUNA, Hülya ŞEN ARSLAN

1006

### Araştırma Makalesi / Research Article

Elma Ekstraktının Toplam Fenolik Madde Miktarı ve Antioksidan Aktivitesi Üzerine Değişkenlerin Etkilerinin Yanıt Yüzey Yöntemi ile Belirlenmesi

Determination of the Effects of Variables on Total Phenolic Content and Antioxidant Activity of Apple Extracts by Response Surface Method

Recep PALAMUTOĞLU, Cemal KASNAK

1014

### Araştırma Makalesi / Research Article

Evaluation of the Quality Characteristics of Siirt Herby Cheese: A Traditional Turkish Variety

Mubin KOYUNCU, Yusuf TUNÇTÜRK

1023

### Araştırma Makalesi / Research Article

Stabilizasyon İşleminin Pirinç Kepeğinin Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkisinin Belirlenmesi

Determination of the Effect of Stabilization Process on Some Quality Characteristics of Rice Bran

Burcu ERTÜRK, Raciye MERAL

1030

### Derleme Makalesi / Review Article

Peyniraltı Suyu Proteinlerinin Gıda Ambalajlamada Film Ve Kaplama Materyali Olarak Kullanımı

Use of Whey Proteins as Films and Coating Materials in Food Packaging

Nergiz YÜKSEL, Merve MUTİ İSTEK, Selda BULCA

1042

## İnşaat Mühendisliği / Civil Engineering

### Araştırma Makalesi / Research Article

Sensör ve Akıllı Telefon Kayıtları Yardımı ile Yapının Dinamik Karakteristiklerin Belirlenmesi

Determination of Dynamic Characteristics of the Structure with Sensor and Intelligent Telephone Records

Hidayet UYAR, Elif AĞCAKOCA

1053

### Araştırma Makalesi / Research Article

Konteyner Terminallerinde Ağır Vasıta Park Sahası Kapasitesinin Simülasyon Yöntemi ile Optimizasyonu

Optimization of the Parking Area Capacity for Heavy Vehicles at Container Terminals Using Simulation Optimization Approach

Mehmet Sinan YILDIRIM, Metin Mutlu AYDIN, Ümit GÖKKUŞ

1066

### Araştırma Makalesi / Research Article

Farklı Kotlu Kollara Sahip Hemzemin Dönel Kavşaklardaki Kazaların Analizi: Atatürk Üniversitesi Kavşağı Örneği

Analysis of Accidents at Roundabouts with Different Level Legs: Example of Ataturk University Roundabout

Ahmet ATALAY, Serdar KISAOĞLU

1079

### Araştırma Makalesi / Research Article

Mechanical Performance of Basalt Fibre Reinforced Concretes

Zeynep ALGIN, Kasım MERMERDAŞ, Lawand Waleed KHALID

1093

### Araştırma Makalesi / Research Article

Karadeniz Bölgesinde Yıllık Yağış ve Sıcaklık Verilerinin Yenilikçi Şen ve Mann-Kendall Yöntemleri ile Trend Analizi

Trend Analysis with Innovative Sen and Mann-Kendall methods of Annual Precipitation and Temperature data in the Black Sea Region

Samet TOKGÖZ, Turgay PARTAL

1107



## Kimya / Chemistry, Kimya Mühendisliği / Chemical Engineering

### Araştırma Makalesi / Research Article

Examination of the Biodiesel Production Performances of Natural and Modified Bentonite Heterogeneous Basic Catalysts  
Sema ASLAN

1119

### Araştırma Makalesi / Research Article

TiO<sub>2</sub> Nanopartiküllü İle Fonksiyonelleştirilmiş Çok Duvarlı Karbon Nanotüpün Su Bazlı Sondaj Çamuruna Etkisinin Belirlenmesi: Deneysel Çalışma  
Effect of TiO<sub>2</sub> Nanoparticle Functionalized Multi-Walled Carbon Nanotubes on the Water Based Drilling Fluid: Experimental Study  
Nilay Hayriye ASKER, Vildan ÖZKAN, Abdullah ÖZKAN

1129

### Araştırma Makalesi / Research Article

Analysis of a Rare Honey Sample From Tuzluca/İğdır Region  
Hakan KAYGUSUZ

1139

### Araştırma Makalesi / Research Article

D-Penisilamin, D-Penisilamin disülfid ve N-Asetil-D-penisilamin'in Laktoperoksidaz Enzim Aktivitesi Üzerine İnhibisyon Etkileri  
The Inhibition Effects of D-Penicillamine, D-Penicillamine disulfide and N-Acetyl-D-Penicillamine on Lactoperoxidase Enzyme Activity  
İşıl Nihan ÖZYÜREK, Ramazan KALIN, Hasan ÖZDEMİR

1146

### Araştırma Makalesi / Research Article

Poli( $\epsilon$ -kaprolakton)-*b*-poli(akrilamid) blok kopolimerlerinin sentezi ve karakterizasyonu  
Synthesis and characterization of poly( $\epsilon$ -caprolactone)-*b*-poly(acrylamide) block copolymers  
Melahat GÖKTAŞ, Cengiz AYKAÇ

1154

### Araştırma Makalesi / Research Article

Guaiakol Peroksidazın Soğan Köklerinden Afinit Kromatografisi ile Saflaştırılması  
Separation of Guaiacol Peroxidase from Onion Roots with Affinity Chromatography  
Aykut ÖZTEKİN

1163

### Araştırma Makalesi / Research Article

Simultaneous Determination of Binary Drug Components in Pharmaceutical Formulations with Chemometric Methods  
Farmasötik Formülasyonlardaki İkili İlaç Bileşenlerinin Eş Zamanlı Olarak Kemometrik Metotlarla Tayini  
Güzide PEKCAN ERTOKUŞ, Mine BİNECİ DOĞAN

1171

### Araştırma Makalesi / Research Article

Purification and Characterization of 6-Phosphogluconate Dehydrogenase from Japanese Quail (*Coturnix, coturnix japonica*) Erythrocytes  
6-Fosfoglukonat Dehidrogenaz Enziminin Japon Bildircin (*Coturnix Coturnix Japonica*) Eritrositlerinden Saflaştırılması ve Karakterizasyonu  
Herdi RAFAT BAQI, Yusuf TEMEL, Mehmet ÇİFTCİ

1180

### Araştırma Makalesi / Research Article

Determination of Isoflavones in Nuts, Dried Fruits and Vegetables by High Performance Liquid Chromatography  
Teslima DAŞBAŞI

1191

## Makina Mühendisliği / Mechanical Engineering

### Araştırma Makalesi / Research Article

Farklı Tip Isı Değiştiriciler için Termodinamik Analiz  
Thermodynamic Analysis for Different Type of Heat Exchangers  
Eda Feyza AKYÜREK, Kadir GELİŞ, Mehmet YOLADI

1202

## Matematik / Mathematics

### Araştırma Makalesi / Research Article

Eigenvalue Estimates Using Harmonic 1-Form of Constant Length for The  $Spin^c$  Dirac Operator  
Sabit Uzunluklu Harmonik 1-Form Kullanılarak  $Spin^c$  Dirac Operatörünün Özdeğerlerine Tahminler  
Serhan EKER

1213

### Araştırma Makalesi / Research Article

Simplisel Leibniz Cebirler Üzerine  
On Simplicial Leibniz Algebras  
Ali AYTEKİN

1224

## Matematik / Mathematics

### Araştırma Makalesi / Research Article

Çok Kriterli Karar Verme Üzerine Dayalı Yamuksal Bulanık Çoklu Sayıların Yeni Bir Benzerlik Fonksiyonu  
A New Similarity Function of Trapezoidal Fuzzy Multi-Numbers Based On Multi-Criteria Decision Making  
Vakkas ULUÇAY

1233

### Araştırma Makalesi / Research Article

Fekete-Szegö Inequality for  $(p, q)$ -Starlike and  $(p, q)$ -Convex Functions of Complex Order  
Feyza YATKIN, Ekrem KADIOĞLU

1247

### Araştırma Makalesi / Research Article

Riesz Uzaylarında Otomorfizma ve Biotomorfizmaların  $f$ -Cebir Yapıları ve Diğer Bazı Cebir Türleri İle İlişkisi  
The  $f$ -algebra Structure of Orthomorphisms and Bi-orthomorphisms on Riesz Space and Relation with Some Other Algebra  
İbrahim GÖKCAN

1254

### Araştırma Makalesi / Research Article

Yeni Bir İterasyon Yöntemi İçin Yakınsaklık Hızı  
Rate of Convergence for A New Iteration Method  
Samet MALDAR

1263

### Araştırma Makalesi / Research Article

Some Characterizations of Curves in  $n$ -dimensional Euclidean Space  $E^n$   
Sezgin BÜYÜKKÜTÜK, İlim KİŞİ, Günay ÖZTÜRK, Kadri ARSLAN

1273

## Peyzaj Mimarlığı / Landscape Architecture

### Araştırma Makalesi / Research Article

Urban Resilience Assessment of Trabzon  
Doğan DURSUN, Defne DURSUN, Ahmet Burak KAYA

1286

### Araştırma Makalesi / Research Article

Ağaçların Bina ile Olan Mesafesinin Dış Mekan Termal Konfor Üzerine Etkisi: Erzurum Kenti Örneği  
Effect on Outdoor Thermal Comfort of the Distance Between the Building and The Trees: A Case Study Erzurum  
Ayşegül AKSU, Sevgi YILMAZ, Başak ERTEM MUTLU, Hasan YILMAZ

1298

### Araştırma Makalesi / Research Article

Analysis of User - Space Relations: Şehit Fethi Sekin Park Example, İzmir  
Kullanıcı - Mekan İlişkilerinin Analizi: Şehit Fethi Sekin Parkı Örneği, İzmir  
Emine MALKOÇ TRUE, Çiğdem KILIÇASLAN

1308

## Tarım Ekonomisi / Agricultural Economy

### Araştırma Makalesi / Research Article

Yozgat İli Tarım İşletmelerinde Kışlık Buğday (*Triticum aestivum* L.) Üretiminde Maliyet Analizi  
Analysis of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Production Cost in Farms of Yozgat Province  
Nizamettin ERBAŞ

1318

### Araştırma Makalesi / Research Article

Üretici Şartlarında Sözleşmeli Küçükbaş Hayvancılık Projesinin Tokat İli Açısından Değerlendirilmesi  
Evaluation of Contracted Ovine Breeding Project in terms of Producer Conditions in Tokat Province  
Adnan ÇİÇEK, Merve AYYILDIZ

1329

### Araştırma Makalesi / Research Article

İğdir İli Silajlık Mısır Üretiminde Etkinliğin ve Etkinliğe Etki Eden Faktörlerin Belirlenmesi  
Determination of Factors Affecting the Efficiency and Efficiency of Silage Corn Production in İğdir Province  
Kıymet DOĞAN, Murat KÜLEKÇİ

1338

### Araştırma Makalesi / Research Article

İçme Suyu Olarak Belediye Şebeke Suyunun Tüketici Tercihlerindeki Yerinin Belirlenmesi: İğdir İli Örneği  
Determining the Place of Municipal Network Water as Drinking Water in Consumer Preferences: Case of İğdir Province  
Ahmet Semih UZUNDUMLU, Emine AŞKAN, Zeynep ÇELİK

1350

### Araştırma Makalesi / Research Article

Süt Sığırcılığı Yapan İşletmelerin Tarımsal Yeniliklerin Benimsenmesi ve Bilgi Kaynakları Yönünden Değerlendirilmesi: Samsun İli Bafra ve Canik İlçeleri Örneği  
Evaluating the Adoption of Agricultural Innovations and Information Sources of Dairy Cattle Farms: The Case of Bafra and Canik Districts of Samsun Province, Turkey  
Gamze AYDIN ERYILMAZ, Osman KILIÇ, İsmet BOZ, Cevahir KAYNAKÇI

1361

### Tarımsal Yapılar ve Sulama / Agricultural Structures and Irrigation

Topraksız Kültür Baş Salata (*Lactuca Sativa* L.) Yetiştiriciliğinde Farklı Tuzluluk (NaCl) Düzeylerinin Verim ve Bitki Gelişimi Üzerindeki Etkileri

The Effects of Different Salinity Levels (NaCl) on Yield and Plant Growth in Soilless Culture Head Lettuce (*Lactuca Sativa* L.)

Özlem AKAT SARAÇOĞLU, Cenk Ceyhan KILIÇ, Hale DUYAR

1370

### Tarla Bitkileri / Field Crops

#### Araştırma Makalesi / Research Article

Herbiste Dayanıklı Mutant Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Hatlarında Bazı Bitkisel Özelliklerin Belirlenmesi

Determination of Some Plant Properties in Herbicide Resistant Mutant Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Lines

Ömer EĞRİTAŞ, Mustafa TAN, Kamil HALILOĞLU

1382

#### Araştırma Makalesi / Research Article

Doğal Bor Madeni Kullanımının Rezene (*Foeniculum Vulgare* Mill.)'de Uçucu Yağ Oranı Ve Bileşimi Üzerine Etkisi

The Effect Of Natural Boron Mineral Use On Essential Oil Content And Components Of Fennel (*Foeniculum Vulgare* Mill.)

Hasan Basri KARAYEL

1389

#### Araştırma Makalesi / Research Article

Investigation of Some Quinoa (*Chenopodium Quinoa*) Genotypes in Terms of Quality Criteria

Ali KOÇ, Metin Durmuş ÇETİN

1396

#### Araştırma Makalesi / Research Article

Sivas İli Doğal Florasından Toplanan Sarı Kantaron (*Hypericum scabrum* L.) ve Aslan Pençesi (*Alchemilla mollis* (Buser) Rothm) Bitkilerinin Bazı Kalite Kriterlerinin Belirlenmesi

Determination of Some Quality Criteria of St. John's Wort (*Hypericum scabrum* L.) and Lady's Mantle (*Alchemilla mollis* (Buser) Rothm) Plants Collected from the Natural Flora of Sivas Province

Esra UÇAR SÖZMEN, Nuraniye ERUYGUR, Hüseyin Aşkın AKPULAT, Metin Durmuş ÇETİN, Hasan DURUKAN, Ahmet DEMİRBAŞ, Tolga KARAKÖY

1410

#### Araştırma Makalesi / Research Article

Bazı Yağ Bitkileri Tohumlarının Çimlenme ve Fide Gelişimi Üzerine İki Yulaf Çeşidinin Allelopatik Etkileri

Allelopathic Effects of Two Oat Cultivars on Germination and Seedling Growth of Some Oilseed Crops

Nurgül ERGİN, Mehmet Demir KAYA

1419

### Zootekni / Animal Science

#### Araştırma Makalesi / Research Article

Comparison of Ridge Regression and Least Squares Methods in the Presence of Multicollinearity for Body Measurements in Saanen Kids

Cem TIRINK, Samet Hasan ABACI, Hasan ÖNDER

1429

#### Araştırma Makalesi / Research Article

Balıkesir İli Karma Yem Üretimi ve Karma Yem Fabrikalarının Mevcut Durumları

Balıkesir Mixed Feed Production and Current Situations of Feed Mills in Province

Kasım ÖZEK

1438

#### Araştırma Makalesi / Research Article

Turunçgil Posalarının Ruminant Beslemede Alternatif Yem Kaynağı Olarak Kullanımı ve Metan Üretim Kapasiteleri

The Use Of Citrus Pulps As An Alternative Feed Sources In Ruminant Feeding And Its Methane Production Capacities

Yunus BAŞAR, Ali İhsan ATALAY

1449

#### Araştırma Makalesi / Research Article

Japon Bildircinlarında (*coturnix coturnix japonica*) Bazı Kuluçkalık Yumurta Özelliklerinin Embriyo Ölümleri ve Kuluçka Sonuçlarına Etkileri

The Effects of Some Characteristic of Hatching Eggs on Embryonic Death and Hatchability Traits in Japanese Quail

Murat GENÇ, Uğur ÖZENTÜRK

1456

## Kadmiyum Stresi Altındaki Çilek (*Fragaria x ananassa* “Camarosa”) Bitkisinde Metil Jasmonat Uygulamalarının Bazı Büyüme Parametreleri Üzerine Etkileri

Ferhad MURADOĞLU\*<sup>1</sup>, Rana BAYTIN<sup>2</sup>, İbrahim BAŞAK<sup>3</sup>, Gökhan AKKUŞ<sup>4</sup>

**ÖZET:** Ağır metaller bitki için temel besin maddesi olmayan genellikle toksik etkiye sahip elementlerdirler. Kadmiyum bitki büyüme ve gelişmesini ciddi sınırlandırabilen ve çevreye olumsuz etkileri olduğu iyi bilinen en önemli toksik metallere biridir. Bitkisel hormonlar, bitki bünyesindeki hormonların üretim, dağıtım veya sinyal çevrimini değiştirerek çevre koşullarına karşı değişen tepkiyi vermesi yanında bitki büyüme ve gelişmesini düzenleyen küçük moleküllerdirler. Jasmonatlar (JAs) birçok ileri bitki süreçlerini düzenlemekte ve olumsuz çevresel stres faktörlerine karşı bitki savunma mekanizmasında aktif bir rol oynamaktadırlar. Bu çalışmada, ağır metal (kadmiyum) stresinde dışsal metil jasmonat (MeJa) uygulamalarının çilek (Camarosa ) bitkisinde bazı büyüme parametreleri üzerine etkilerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Çalışmada kadmiyum konsantrasyonunun artışına paralel olarak çilek bitkisinde incelenen büyüme parametrelerinde düşüş belirlenmiştir. Bununla birlikte, metil jasmonat uygulamalarının kadmiyum toksitesini hafiflettiği ve uygulama dozuna bağlı olarak çilek bitkisinde kök sayısı, kök ağırlığı, gövde ağırlığı ve yaprak alanında artış sağladığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar kadmiyum uygulamalarının çilek bitkisinin büyümesi üzerine olumsuz etkilerinin olduğu ve metil jasmonat uygulamalarının ise kadmiyum stresinin azaltılmasında önemli bir rol oynadığı belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Ağır metal toksitesi, kadmiyum, metil jasmonat, çilek

## The Effect of Methyl Jasmonate Applications on Some Growth Parameters in Strawberry (*Fragaria x ananassa* “Camarosa”) Plant under Cadmium Stress

**ABSTRACT:** Heavy metals which are not the essential plant nutrients for plants generally have toxicity effect. Cadmium is one of the most important toxin metals well known to have a negative impact on the environment and can severely limit plant growth and development. Plant hormones are small molecules that regulate plant growth and development, as well as changing the production, distribution or signal cycle of the hormones within the plant, changing the environmental conditions. Jasmonates (JAs) regulate many advanced plant processes and play an active role in plant defense mechanisms against adverse environmental stress. The present study was aim to test the effect of exogenously applied methyl jasmonate (MeJa) on some growth parameters of strawberry (Camarosa cv.) plant exposed to heavy metal (Cd) stress. In study, growth parameter of the strawberry plant was decreased parallel with the application of increasing concentrations of Cd. On the other hand, exogenously applied of methyl jasmonate was modify of cadmium toxicity and root number, root weight, body weight, and leaf weight rose with depending on methyl Jasmonate dose. The results presented in this work suggested that Cd treatments have a negative effect on growth and methyl jasmonate apply plays an important role in the strawberry decreasing to cadmium stress.

**Keywords:** Heavy metal toxicity, cadmium, Methyl Jasmonate, strawberry

<sup>1</sup> Ferhad MURDOĞLU (Orcid ID: 0000 0001 6595 7100), Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bolu.

<sup>2</sup> Rana BAYTIN (Orcid ID: 0000 0002 2814 2110), Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Başkale Meslek Yüksek Okulu, Van

<sup>3</sup> İbrahim BAŞAK (Orcid ID: 0000 0002 5160 3229), Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu İl Müdürlüğü, Van

<sup>4</sup> Gökhan AKKUŞ (Orcid ID: 0000 0003 0675 755X), GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Şanlıurfa.

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ferhad MURADOĞLU, e-mail: muradogluf@ibu.edu.tr

## GİRİŞ

Ağır metal kirliliği, çevreye olumsuz etkilerinden dolayı büyük bir küresel sorun olarak görülmekle birlikte bitki büyümesini engellemekte, ürün ve verim üzerine olumsuz etkileri olmaktadır (Kranner ve Colville, 2011; Singh ve Prasad, 2014). Kadmiyum gibi bu metallerin çoğunun düşük konsantrasyonları bile bitkilerde toksik etkilere sahip olmaktadır. Çevre kirliliğine sebep olan kadmiyumun temel kaynağı hem doğal hem de insan kaynaklı olan; metal açısından zengin kayalar, madencilik, elektrik santralleri, belediye atıkları, fosil yakıtlar, böcek ilaçları, mineral gübreler (özellikle fosfat gübre), aşırı atık su kullanımı ve tarım amaçlı arıtma çamurudur (Özbek ve ark., 2014; Hassan ve Mansoor, 2014). Kadmiyum bitki sistemine girdiğinde, ilk belirti olarak, nekroz, kök ve sürgün büyümesinin azalması nihayetinde ise fitotoksositeye yol açmaktadır (Dias ve ark., 2013).

Kadmiyum çeşitli enzimleri inaktive ederek, fizyolojik ve biyokimyasal olaylarda anahtar rol oynamaktadır. Kadmiyumun fotosentetik fonksiyonlar, su alımı (Mishra ve ark., 2006), mineral element alımı (Muradoğlu ve ark., 2015), yaprak kıvrılması, kloroz, kök ve gövde uzunluğunun sınırlanması (Mishra ve ark., 2006), hormon dengesi ve membran fonksiyonları (Chen ve ark., 2003) üzerine olumsuz etkileri olmaktadır. Kadmiyum toksisitesi, lipid peroksidasyonunu uyararak bitkilerde oksidatif hasara neden olan ve hücrenin diğer biyomoleküllerini etkileyen reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşumunu uyarmaktadır (Cho ve Seo, 2005; Muradoğlu ve ark., 2015).

Bitkisel hormonlar, indol asetik asit, gibberellik asit, absisik asit, sitokininler, jasmonik asit (JA), salisilik asit (SA), brassinosteroidler vb. dahil olmak üzere birçok bitki hormonu, bitki büyümesinin sürdürülmesi, stres şartlarında tolerans potansiyelinin iyileştirilmesi amacıyla fizyolojik ve biyokimyasal süreçlerin kontrollü bir şekilde yok edilmesini sağlayan koordineli ve entegre bir şekilde büyümeyi düzenleyen bileşiklerdir (Iqbal ve ark., 2014). Bitkisel hormonlar, stres altında bulunan bitkilerde büyüme ve gelişmede etkili olan önemli stres ajanlarıdır ve stres altındaki bitkilerde, oksin, sitokinin ve gibberellik asit miktarında düşüşler bunun yanında absisik veya jasmonik asit içeriğinde artış sıklıkla görülmektedir (Bajguz, 2009). Bu nedenle, abiyotik stres faktörlerini iyileştirmek için alternatif bir strateji olarak fitohormonlar ve bitki büyüme düzenleyiciler dışsal olarak kullanılmaktadır.

Bitkiler aleminde büyüme ve gelişme üzerine ümit verici olarak kullanılan hormonlardan biride jasmonik asittir. Jasmonik asit (JA) ve onun metil esteri olan metil jasmonat (MeJa), bitkilerde doğal olarak oluşmakta ve bir çok fizyolojik, biyokimyasal oluşumda düzenleyici olarak rol almaktadır. JA/MeJa uygulamalarının stres koşullarına karşı savunma mekanizmalarını harekete geçirerek stresin zararlı etkilerini önleyebildiği özellikle abiyotik strese karşı toleransı artırdığı (Ahmad ve ark., 2016), herbisite karşı savunma oluşturduğu (Kaya ve Doğanlar, 2016), abiyotik streslerden UV, kuraklık, ağır metal, ozon, soğuk, yüksek ısı ve tuz streslerini hafiflettiği (Dar ve ark., 2015) ve mantari patojenlere karşı dayanıklılık (Li ve ark., 2014) gibi bazı biyolojik aktiviteler üzerine etki etmektedir. Sanayileşme ve kentleşme sonucunda artan ağır metal ve pestisit kullanımı bitkilerdeki bazı fizyolojik ve morfolojik süreçleri etkileyerek, hücre organellerine ve verimin azalmasına neden olmaktadır. Jasmonik asidin bitkileri çeşitli abiyotik streslerin zararlı etkilerine karşı koruyucu rolünün olduğu belirlenmiştir. Fakat jasmonik asit ve türevlerinin (MeJa) dışsal uygulamalarının ağır metal stresine etkileri üzerine yapılan çalışmalar henüz yeterli düzeyde değildir.

Bu çalışmada kadmiyum stresi altındaki Camarosa çilek çeşidine dışsal metil jasmonat uygulamalarının çilek bitkisindeki bazı fizyolojik gelişimler üzerine etkileri belirlenerek metil jasmonat uygulamalarının kadmiyum stresinin tolerans potansiyelleri araştırılmıştır.



## MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma materyalini oluşturan Camarosa çilek çeşidi su kültüründe ve iklim odasında yetiştirilmiştir. Deneme üç tekerrürlü ve her tekerrürde 20 bitki olacak şekilde tam şansa bağlı deneme desenine göre yürütülmüştür. Frigo fide olarak temin edilen Camarosa çilek fidelerinde dikim öncesi kök budaması yapılmıştır. Fideler, birer hafta arayla değiştirilen 1/2 Hogland çözeltisi içerisinde tutulmuştur. Ağır metal konsantrasyonları Hogland besin çözeltisiyle birlikte uygulanmış ve ağır metal uygulamasına başladıktan 2 hafta sonra Metil Jasmonate (MeJa) uygulamaları fidelere sprey şeklinde uygulanmıştır. Denemede,

- 1-kontrol,
- 2- 0.25 mM kadmiyum,
- 3- 0.50 mM kadmiyum
- 4- 0.01 mM MeJa
- 5- 0.1 mM MeJa
- 6-0.25 mM kadmiyum+0.01 mM MeJa
- 7- 0.25 mM Kadmiyum +0.1 mM MeJa
8. 0.50 mM Kadmiyum +0.01 mM MeJa
- 9- 0.50 mM kadmiyum +0.1 mM MeJa kombinasyonları kullanılmıştır.

Bitkilerde büyüme parametrelerine (kök sayısı, kök ağırlığı, gövde ağırlığı, yaprak ağırlığı ve yaprak sayısı) ait veriler MeJa uygulamasından on beş gün sonra alınmıştır. Kadmiyum ve MeJa uygulamalarında her tekerrürde altı bitki şansa bağlı seçilmiş, kök, gövde ve yaprak ağırlıkları 1/10000 hassasiyetteki dijital terazide tartılarak belirlenmiştir. Elde edilen veriler SPSS 23.0 istatistik paket programında değerlendirilmiş ve standart hatalar tek yönlü ANOVA testine tabi tutulmuştur. Kontrol ve uygulamalar arasındaki farklılığın belirlenmesinde ise Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.

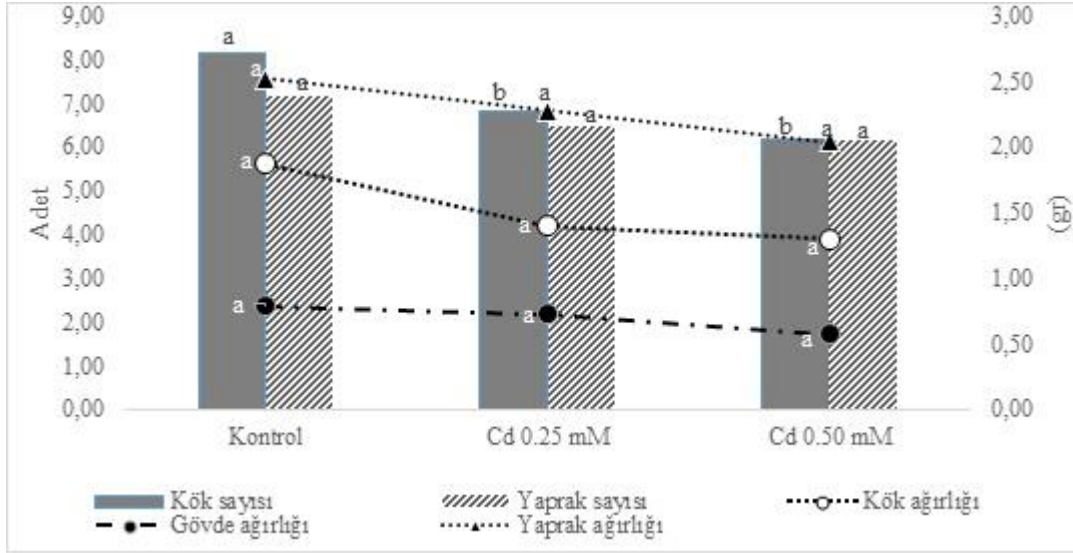
## BULGULAR VE TARTIŞMA

Kadmiyum birikimi, küresel çapta önemli bir çevresel sorundur. Bu nedenle bitkilerde kadmiyum stresinin tepkisini anlamak ve yönetim stratejilerini uygulamak bitkilerin kadmiyum alımını azaltmaya yardımcı olabilecektir. Kadmiyum ve MeJa uygulamaları çilekte bitkisinin gelişiminde önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p \leq 0.05$ ). Kadmiyum uygulamasında doz artışına paralel olarak bitkide kök sayısı, kök ağırlığı, gövde ağırlığı, yaprak sayısı ve ağırlığında önemli düşüşler belirlenmiştir. Kadmiyum 0.25 mM ve 0.50 mM uygulanmış bitkiler kontrol bitkisi ile kıyaslandığında uygulama dozuna bağlı olarak kök sayısında sırasıyla %16.30-24.51 ve kök ağırlığında ise sırasıyla %25.13-30.48 oranında düşüş belirlenmiştir. Ayrıca gövde ağırlığı yaprak sayısı ve ağırlığında ise kadmiyum dozunun artışına paralel sırasıyla %8.86-27.85, %9.22-13.97 ve %9.52-19.05 oranında düşüş belirlenmiştir (Şekil 1).

Bulgularımıza paralel olarak, farklı bitki tür ve çeşitlerinde kadmiyum stresi üzerine yürütülen çalışmalarda kadmiyum stresinin bitki gelişimini olumsuz etkilediği ve yüksek kadmiyum dozunun ise bitkide büyüme ve kök gelişimini ciddi şekilde sınırlandırdığı belirtilmiştir (Finger-Teixeira ve ark., 2010). Biber bitkisinde su kültürü ortamında 10  $\mu$ M kadmiyum uygulamasının bitki kök uzunluğu, yüzey alanı ve kök sayısını düşürdüğü bildirilmiştir (Huang ve ark., 2015). Biber bitkisinde yürütülen benzer bir çalışmada, biber bitkinin düşük kadmiyum (2 ve 10  $\mu$ M) uygulamalarından da etkilendiği ve yaş kök ağırlığı, gövde ağırlığı, yaprak alanı ve yaprak ağırlığında doza bağlı olarak önemli düşüşler olduğu bildirilmiştir (Leon ve ark., 2002; Xin ve ark., 2014).

Çilek bitkisinde kadmiyumun etkilerinin incelediği başka bir araştırmada, farklı dozlarda kadmiyumun (0.15, 30, 45 ve 60 mg kg<sup>-1</sup>) uygulamalarının kök sayısı (%12.28-31.58), kök ağırlığı

(%25.56-40.26), gövde ağırlığı (%5.19-53.31), yaprak ağırlığı (%38.92-55.37), yaprak alanı (8.63-23.86) ve yaprak sayısında (%5.88-38.24) artan uygulama dozlarına paralel olarak ciddi düşüşler meydana geldiği bildirilmiştir (Muradoğlu ve ark., 2016).



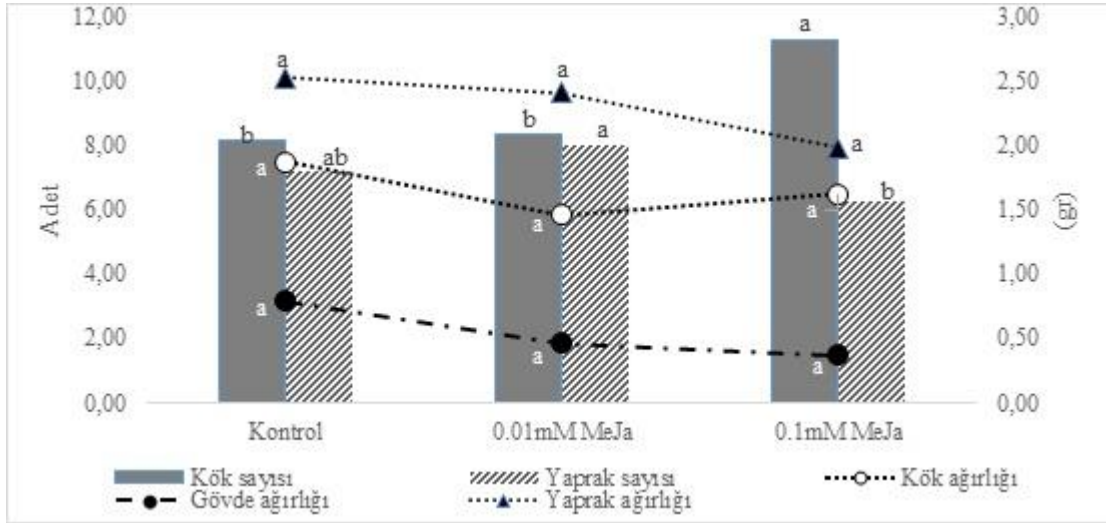
Şekil 1. Kadmiyum uygulamalarının bazı büyüme parametreleri üzerine etkileri

Yapraktan jasmonat uygulamalarının bitki büyüme ve gelişmesi üzerine engelleyici yada teşvik edici olarak önemli etkiye sahip oldukları (Sembdner ve Parthier, 1993), bununla birlikte jasmonatların tohum çimlenmesi, polen gelişimi, etilen sentezi, yaşlanma ve yumru oluşumu gibi fizyolojik aktiviteleri ile jasmonik asit (JA) ve onun metil esteri olan metil jasmonatın (MeJa) ise su stresi, tuz ve kuraklık stresi, yaralanma, böcek saldırısı, patojen enfeksiyonları gibi farklı türdeki abiyotik ve biyotik streslere cevap verme yollarının aktivasyonundan sorumlu sinyalleme maddeleri olarak bitki gelişimi ve gelişim ile bağlantılı çeşitli fizyolojik süreçlerde önemli rol aldıkları belirtilmiştir (Farmer ve Ryan, 1992; Gundlach ve ark., 1992; Sembdner ve Parthier, 1993; Moons ve ark., 1997; Leo'n ve ark., 2001; Muradoğlu ve ark., 2010).

Dışsal MeJa uygulaması çilek bitkisinde kök sayısı hariç diğer parametrelerde uygulama dozuna bağlı olarak önemli düşümlere neden olmuştur. Kontrole kıyasla MeJa (0.01 ve 0.1 mM) uygulamaları uygulama dozuna paralel olarak kök ağırlığında %21.93-13.37, gövde ağırlığında %41.77-53.16 ve yaprak ağırlığında %4.37-21.43 oranlarında düşüş sağlamıştır. 0.01 mM MeJa uygulaması kontrole kıyasla yaprak sayısında %11.73 oranında bir artış sağlanmasına rağmen, 0.1 mM MeJa uygulamasında ise %12.71 oranında bir düşüme neden olmuştur. MeJa uygulama dozlarına bağlı olarak kök sayısında ise %2.08 (0.01 mM) ve %37.86 (0.1 mM) oranında artış sağlanmıştır (Şekil 2).

Noriega ve ark., (2012), tarafından jasmonat uygulamalarının etkilerinin belirlenmesi amacıyla yürüttükleri bir çalışmada, jasmonik asit uygulama dozuna bağlı olarak soya fasulyesinde kök gelişimini belirgin bir şekilde etkilediği 2 ve 20  $\mu$ M JA uygulamalarında yaş kök ağırlığında %40 ve %88 düzeyinde önemli bir artış sağlarken, bunun aksine yüksek doz (100-200  $\mu$ M JA) uygulamalarının ise önemli derecede düşüme (%25) neden olduğu bildirilmiştir.

Jasmonatların polen çimlenmesini olumsuz etkilediği ve çilekte polen çimlenmesi üzerine JA'nın etkisinin incelendiği başka bir çalışmada 0.5 mM JA uygulamasının 4 saat sonunda polen çimlenme oranını %42.5 den %5.8'e düşürdüğü bildirilmiştir (Yıldız ve Yılmaz, 2002).



Şekil 2. Metil Jasmonat (MeJa) uygulamasının bazı büyüme parametreleri üzerine etkileri

Kadmiyum ve MeJa kombinasyonunda, kadmiyum stresi (0.25 ve 0.50 mM) altında olan çilek bitkilerine dışsal 0.01 ve 0.1 mM MeJa uygulamaları bitki gelişim parametrelerinin istatistiksel ( $p \leq 0.05$ ) olarak önemli derecede etkilediği belirlenmiştir (Şekil 3, 4).

Kontrol bitkisine göre 0.25 mM kadmiyum uygulaması kök sayısında %16.30 oranında bir düşüşe neden olmuştur. Fakat 0.25 mM Cd + MeJa (0.1 ve 0.01 mM) kombinasyonunda, kök sayısında kontrol bitkisine oranla sırasıyla %4.17 (0.1 mM) ve %67.4 (0.01 mM) oranında artış, 0.25 mM Cd uygulanmış bitkilerle kıyasla ise %24.45 (0.1 mM) ve %100.0 (0.01 mM) oranında artış belirlenmiştir (Şekil 3).

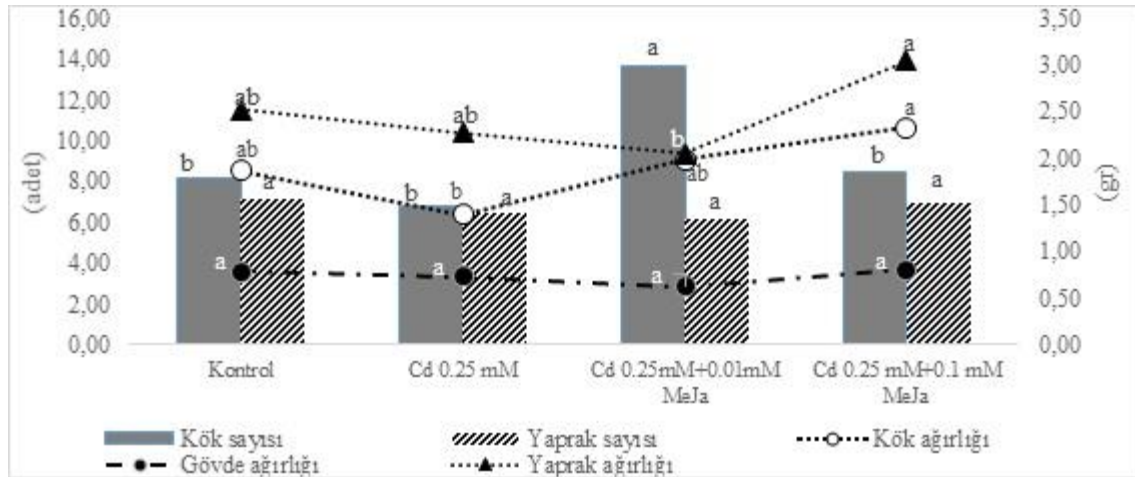
Kadmiyumun 0.50 mM doz uygulamasında kök sayısında kontrol bitkisine oranla %24.51 oranında bir düşüş gerçekleşmiştir. Kadmiyum (0.50 mM) + metil jasmonat (0.1 ve 0.01 mM) kombinasyonunda kök sayısında kontrole oranla %2.94-47.06 oranında bir artış belirlenmiştir. Kök sayısı 0.50 mM kadmiyum uygulanmış bitkilerle kıyaslandığında ise sırasıyla %22.99-75.70 oranında bir artış tespit edilmiştir (Şekil 3).

Yaprak sayısı üzerine 0.25 mM kadmiyum uygulamasında kontrole oranla %9.22 oranında bir düşüş gerçekleştirmiştir. Kadmiyumun 0.25 mM ve 0.1 mM MeJa kombinasyonunda yaprak sayısındaki düşüş kontrole kıyaslandığında %2.23'e gerilemiş, 0.25 mM kadmiyum uygulamasıyla kıyaslandığında ise yaprak sayısında %7.69 oranında bir artış tespit edilmiştir (Şekil 3).

Kadmiyumun 0.50 mM uygulamasında yaprak sayısı kontrole kıyaslandığında %13.97 oranında düşüşe neden olurken, 0.50 mM kadmiyum ve 0.01 mM MeJa kombinasyonunda bu düşüş %12.71'e ve 0.50 mM kadmiyum uygulanmış bitkilerle kıyaslandığında ise düşüş oranı %3.85'e kadar gerilemiştir (Şekil 4).

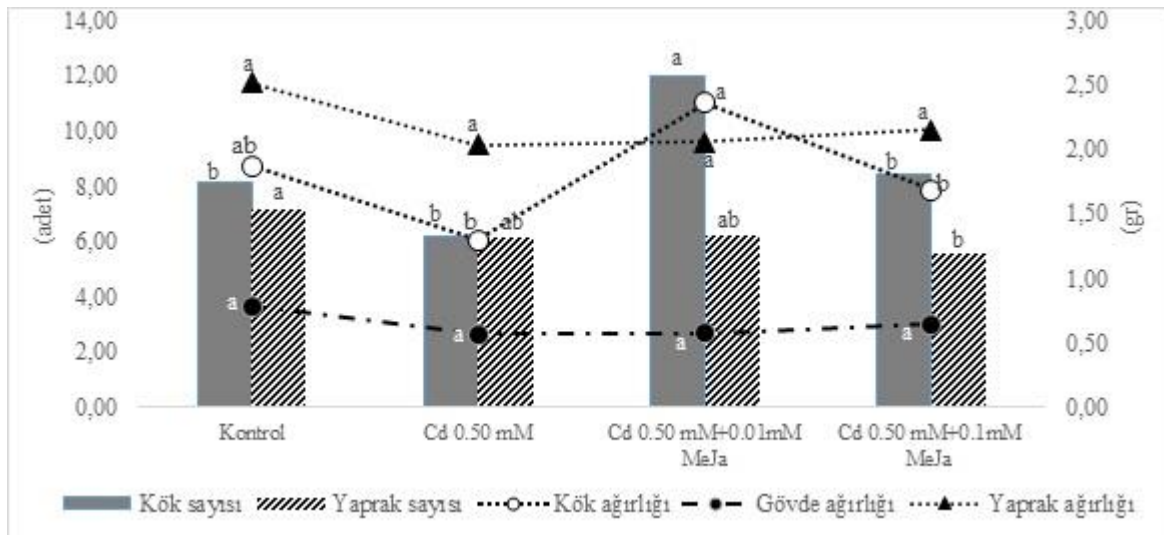
Kadmiyumun 0.25 mM dozunun uygulandığı çilek bitkisinin kök ağırlığı kontrol bitkisi ile kıyaslandığında %25.13 oranında bir düşüşe neden olmuştur. Bunun aksine 0.25 mM kadmiyum uygulama dozu ve 0.01 ile 0.1 mM MeJa uygulamaları kadmiyum stresini elemine ederek kök ağırlığında kontrol bitkisine kıyasla %6.42-24.60 oranında artış ve kadmiyumun 0.25 mM dozu uygulanmış bitkilerle kıyaslandığında ise uygulama dozuna bağlı olarak %42.14-66.43 oranında artış gerçekleşmiştir.





Şekil 3. Kadmiyum ve Metil Jasmonat uygulamasının çilek bitkisinde bazı büyüme parametreleri üzerine etkileri

Kadmiyum 0.25 mM dozu uygulanmış bitkilerin gövde ağırlığı ve yaprak ağırlıklarında kontrol bitkisine göre sırasıyla %8.86 ve 9.52 oranında bir düşüş olduğu belirlenmiştir. Kadmiyum 0.25 mM ve 0.01 mM MeJa uygulamasında ise kontrol bitkisine kıyasla düşüş oranı sırasıyla %20.25-18.65 olarak gerçekleşmiştir. Kadmiyum (0.25 mM) uygulanmış bitkilerle kıyaslandığında ise bu düşüş oranı %12.50-10.09'a gerilemiştir. 0.1 mM MeJa uygulamasının ise kadmiyum (0.25 mM) stresi altındaki çilek bitkisi kontrolle kıyaslandığında gövde ağırlığında %2.53 düşüş yaprak ağırlığında ise %21.03 oranında bir artış belirlenmiştir. Kadmiyum (0.25 mM) stresi altındaki bitkilerle kıyaslandığında ise hem gövde ağırlığı hemde yaprak ağırlığında artış oranı sırasıyla %12.50 ve %33.77 olarak belirlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 4. Metil Jasmonat uygulamasının Cadmiyum stresi altındaki çilek bitkisinde bazı büyüme parametreleri üzerine etkileri

Kadmiyum (0.50 mM) stresine maruz bırakılan çilek bitkisinin kök ağırlığında kontrol bitkisine kıyasla %30.48 oranında bir düşüş belirlenmiştir. Fakat Kadmiyum (0.50 mM) ve MeJa kombinasyonunda 0.1 ve 0.01 mM MeJa uygulamaları kök ağırlığında artışa neden olmuş ve bu oran kontrol bitkisine göre %9.63-26.20 oranında gerçekleşmiştir. Kadmiyum (0.50 mM) uygulanmış bitkilerle kıyaslandığında ise %20.71-68.57 oranında artış sağlamıştır.

Kadmiyumun 0.50 mM uygulamasında kontrol bitkilerine göre, gövde ağırlığı ve yaprak ağırlığında sırasıyla %27.85 ve %19.05 oranında düşüş gerçekleşmiştir. Kadmiyumun 0.50 mM ve MeJa (0.01 ve 0.1 mM) kombinasyonlarında kontrol bitkisine kıyaslagövde ağırlığında düşüş sırasıyla %26.58-17.72 oranlarında, yaprak ağırlığında ise %18.25-14.68 oranlarında belirlenmiştir. Kadmiyumun 0.50 mM dozu uygulanmış bitkilerle kıyaslandığında ise gövde ağırlığındaki düşüş oranları %19.44-9.72 ve yaprak ağırlığındaki düşüş ise %9.65-5.70 oranlarına kadar gerilemiştir (Şekil 4).

Araştırmacıların belirttiğine göre bitkilerin ağır metal stresi altındayken çimlenme, büyüme, çiçek veriminin zarar gördüğü dolayısıyla çeşitli metabolik süreçlerde metal müdahalesi ile biyokütle üretimi azalmaktadır (Sayed, 1999; Khan ve Chaudhry, 2006). Kadmiyum stresi ve dışsal jasmonat uygulamaları üzerine yürütülen çalışmalarda sonucunda elde edilen bulgular bulgularımızla paralellik göstermektedir. Nitekim kadmiyum stresi altında bakla bitkisine JA uygulamasının yalnız kadmiyum uygulamasına kıyasla sürgün uzunluğunu %49.97 ve kök uzunluğunu ise %30.58 oranında artırdığı ayrıca klorofil *a* (%59.5), klorofil *b* (%150.0) ve toplam klorofilde ise %75.4 oranında bir artış sağladığı bildirilmiştir (Ahmad ve ark., 2017). Benzer çalışmalarda 500  $\mu$ M kadmiyum uygulamasında 0.01 mM metil jasmonat uygulamasının soya fasulyesinde yalnız kadmiyum uygulamasına kıyasla MDA miktarını yaklaşık %30 azalttığı belirtilmiştir (Keramat ve ark., 2009). Ayrıca yüksek kadmiyum konsantrasyonu altındaki domates bitkisinde JA'nın fotosentezle ilgili parametreler üzerine olumlu etkilerinin olduğu bildirilmiştir (Zhao ve ark., 2016).

Jasmonatların bitkilerde stres koşullarında düzenleyici olarak kullanıldığı ve jasmonatların düzenleyici rollerinin uygulama dozuna bağlı olduğu ve orta derecede JA veya MeJa dozunun uygulamasının bitkide kadmiyum alınımı ve yapraklara taşınmasını etkili bir şekilde azalttığı ayrıca uygulama zamanı, uygulama şekli (yapraktan, sulama suyu ve tohuma uygulanma), çalışılan bitki türü ve uygulama esnasında bitkinin bulunduğu büyüme devresi gibi faktörlere bağlı olarak değiştiği çalışmalarla ortaya konulmuştur (Chen ve ark., 2014; Singh ve Shah, 2014; Yan ve ark., 2015).

## SONUÇ

Bitkilerde kadmiyum stresi, hem toprak hem de bitkilerde bitki büyüme düzenleyicileri, organik ve inorganik uygulamalarla farklı mekanizmaların oluşması bakımından belli seviyelere kadar tolere edilebilir olmasına rağmen çalışmamızda kadmiyumun çilek bitkisinde toksik etkiye neden olduğu ve bitki büyümesinin uygulanan kadmiyum dozuna paralel olarak olumsuz etkilendiği belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada kadmiyum dozu ve MeJa uygulamaları arasında bir ilişki olduğu 0.25 mM kadmiyum dozunda, 0.1 mM MeJa uygulamasının kadmiyum stresinin etkisini azalttığı, bunun aksine daha yüksek dozda kadmiyum (0.50 mM) uygulamasında ise MeJa'nın (0.01 mM) uygulamasının kadmiyum stresi üzerine olumlu etkileri olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak uygun dozda dışsal Metil jasmonat (MeJa) uygulamalarının kadmiyum stresi altındaki çilek bitkisindeki büyüme parametreleri üzerine olumsuz etkilerinin tolere edilmesinde etkili olduğu ve kadmiyum dozuna bağlı olarak dışsal metil jasmonat uygulama dozunun önemlilik arz ettiği belirlenmiştir.

## KAYNAKLAR

Ahmad P, Abd Allah E, Hashem A, Sarwat M, Gucel S, 2016. Exogenous Application of Selenium Mitigates Cadmium Toxicity In Brassica Juncea L (Czern & Cross) by Up-Regulating Antioxidative System and Secondary Metabolites. Journal Plant Growth Regulation, 35:936–950.

- Ahmad P, Alyemeni MN, Wijaya L, Alam P, Ahanger MA, Alam SA, 2017. Jasmonic Acid Alleviates Negative Impacts of Cadmium Stress By Modifying Osmolytes and Antioxidants In Faba (*Vicia faba* L.). Archives of Agronomy and Soil Science, 63:1889-1899.
- Bajguz A, 2009. Brassinosteroid Enhanced The Level of Abscisic Acid In *Chlorella Vulgaris* Subjected to Short-Term Heat Stress. Journal Plant Physiol, 166:882-886.
- Chen J, Yan Z., Li X, 2014. Effect of Methyl Jasmonate on Cadmium Uptake and Antioxidative Capacity In *Kandelia Obovata* Seedlings Under Cadmium Stress. Ecotoxicology and Environmental Safety, 104:349–356.
- Chen YX, He YF, Luo YM, Yu YL, Lin Q, Wong MH, 2003. Physiological Mechanism of Plant Roots Exposed to Cadmium. Chemosphere;50:789–93.
- Cho UH, Seo NH, 2005. Oxidative Stress In *Arabidopsis Thaliana* Exposed to Cadmium Is Due to Hydrogen Peroxide Accumulation. Plant Science, 168:113–120.
- Dar TA, Uddin M, Khan MMA, Hakeem KR, Jaleel H, 2015. Jasmonates Counter Plant Stress: A Review. Environmental and Experimental Botany, 115:49-57
- Dias MC, Monteiro C, Moutinho-Pereira J, Correia C, Goncalves B, Santos C, 2013. Cadmium Toxicity Affects Photosynthesis and Plant Growth at Different Levels. Acta Physiologiae Plantarum, 35:1281–1289.
- Farmer EE, Ryan CA, 1992. Octadenoic Precursors of Jasmonic Acid Activate The Synthesis of Wound-Inducible Proteinase Inhibitors. Plant Cell, 4:129–134.
- Finger-Teixeira A, Ferrarese Mde L, Soares AR, da Silva D, Ferrarese-Filho O, 2010. Cadmium-Induced Lignification Restricts Soybean Root Growth. Ecotoxicology and Environmental Safety, 73(8):1959-1964.
- Gundlach H, Muller MJ, Kutchan TM, Zenk MH, 1992. Jasmonic Acid Is A Signal Transducer In Elicitor-Induced Plant Cell Cultures. Proceeding of National Academy of Science of the United States of America, 89:2389–2393.
- Hassan M, Mansoor S, 2014. Oxidative Stress and Antioxidant Defense Mechanism In Mung Bean Seedlings After Lead and Cadmium Treatments. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 38:55–61.
- Huang B, Xin J, Dai H, Liu A, Zhou W, Yi Y, Liao K, 2015. Root Morphological Responses of Three Hot Pepper Cultivars to Cd Exposure and Their Correlations With Cd Accumulation. Environmental Science and Pollution Research International, 22:1151-1159.
- Iqbal N, Umar S, Khan NA, Khan MIR, 2014. A New Perspective of Phytohormones In Salinity Tolerance: Regulation of Proline Metabolism. Environmental and Experimental Botany, 100:34–42.
- Kaya A, Doğanlar ZB, 2016. Exogenous Jasmonic Acid Induced Stress Tolerance In Tobacco (*Nicotiana tabacum*) Exposed to Imazapic. Ecotoxicol Environmental Safety, 124:470-479.
- Keramat B, Kalantari KM, Arvin MJ, 2009. Effect of Methyl Jasmonate In Regulating Cadmium Induced Oxidative Stress In Soybean Plant (*Glycine max* L.). African Journal of Mikrobiology Research 3:240-244.
- Khan AS, Chaudhry NY, 2006. GA<sub>3</sub> Improves Flower Yield In Some Cucurbits Treated With Lead and Mercury. African Journal of Biotechnology, 5:149-153
- Kranner I, Colville L, 2011. Metals And Seeds; Biochem. Cell and Molecular Implications and Their Significance for Seed Germination. Environmental and Experimental Botany, 72:93-105.
- Leo'n J, Rojo E, Sanchez-Serrano JJ, 2001. Wound Signalling In Plants. Journal of Experimental Botany, 52:1–9
- Leon AM, Palma JM, Corpas FJ, Gomez M, Romero-Puertas MC, Chatterjee D, Mateos RM, del Rio LA, Sandalio LM, 2002. Antioxidative Enzymes In Cultivars of Pepper Plants With Different Sensitivity to Cadmium. Plant Physiology and Biochemistry, 40:813-820.
- Li Y, Nie Y, Zhang Z, Ye Z, Zou X, Zhang LH, Wang Z, 2014. Comparative Proteomic Analysis of Methyl Jasmonate Induce Defense Responses In Different Rice Cultivars. Proteomics, 14:1088-1101.
- Mishra S, Srivastava S, Tripathi RD, Govindarajan R, Kuriakose SV, Prasad MNV, 2006. Phytochelatin Synthesis And Response of Antioxidants During Cadmium Stress In *Bacopa Monnieri* L. Plant Physiology and Biochemistry, 44:25–37.

- Moons A, Prinsen E, Bauw G, Van Montagu M, 1997. Antagonistic Effects of Abscisic Acid and Jasmonates on Salt Stress-Inducible Transcripts In Rice Roots. *Plant Cell*, 9:2243-2259.
- Muradoğlu F, Yıldız K, Balta F, 2010. Methyl jasmonate influences of pollen germination and pollen tube growth of Apricot (*Prunus armeniaca* L.). *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 20(3):183-188.
- Muradoğlu F, Gündoğdu M, Ercisli S, Encu T, Balta F, Jaafar HZ, Zia-Ul-Haq M, 2015. Cadmium Toxicity Affects Chlorophyll A and B Content, Antioxidant Enzyme Activities and Mineral Nutrient Accumulation In Strawberry. *Biological Research*, 48:1-7.
- Muradoğlu F, Gündoğdu M, Encu T, Geçer MK, Başak İ, 2016. Kadmiyum ve Kurşun Toksisitesinin Çilek Bitkisinde (*Fragaria x ananassa*) Bazı Büyüme Parametreleri Üzerine Etkileri. *Bahçe*, 45:527-532.
- Noriega G, Cruz DS, Batlle A, Tomaro M, Balestrasse K, 2012. Heme Oxygenase Is Involved In The Protection Exerted By Jasmonic Acid Against Cadmium Stress In Soybean Roots. *Journal of Plant Growth Regulation*, 31:79-89.
- Özbek K, Cebel N, Unver I, 2014. Extractability and Phytoavailability of Cadmium In Cd-Rich Pedogenic Soils. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38:70-9.
- Sayed SA, 1999. Effects of Lead and Kinetin on The Growth. and Some Physiological Components of Safflower. *Plant Growth Regulation*, 29:167-174.
- Sembdner G, Parthier B, 1993. The Biochemistry and The Physiological and Molecular Actions of Jasmonates. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 44:569-589.
- Singh A, Prasad SM, 2014. Effect of Agro-Industrial Waste Amendment on Cd Uptake In *Amaranthus Caudatus* Grown Under Contaminated Soil: An Oxidative Biomarker Response. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 100:105-113.
- Singh I, Shah K, 2014. Exogenous Application of Methyl Jasmonate Lowers The Effect of Cadmium-Induced Oxidative Injury In Rice Seedlings. *Phytochemistry*, 108:57-66.
- Xin J, Huang B, Dai H, Liu A, Zhou W, Liao K, 2014. Characterization of Cadmium Uptake. Translocation. and Distribution In Young Seedlings of Two Hot Pepper Cultivars That Differ In Fruit Cadmium Concentration. *Environmental Science and Pollution Research International*, 21:7449-7456.
- Yan Z, Li X, Chen J, Tam NF, 2015. Combined Toxicity of Cadmium and Copper In *Avicennia Marina* Seedlings And The Regulation of Exogenous Jasmonic Acid. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 113:124-132.
- Yıldız K, Yılmaz H, 2002. Effect of Jasmonic Acid. ACC and Ethephon on Pollen Germination In Strawberry. *Plant Growth Regulation*, 38:145-148.
- Zhao S, Ma Q, Xu X, Li G, Hao L, 2016. Tomato Jasmonic Acid-Deficient Mutant *spr2* Seedling Response to Cadmium Stress. *Journal Plant Growth Regulation*, 35:603-610.

## Effect of Different Concentrations of BAP and Putrescine on Potato Microtuberization (cv. Agria)

Samad KHORSANDI<sup>1</sup>, Alireza MOTALLEBİ AZAR<sup>1</sup>, Fariborz ZAARE NAHANDI<sup>1</sup>, Ali HATAMI<sup>1</sup>,  
Sam MOKHTARZADEH<sup>2\*</sup>

**ABSTRACT:** One of the most critical stages of produced virus free potato plants is rapid and efficient *in vitro* microtuberization. Plant growth regulators and their concentration is important factor on potato microtuberization. This study was conducted to develop a protocol for rapid microtuber formation for potato micropropagation by different concentrations of 6-Benzylaminopurine (BAP) (0, 1 and 2 mg.l<sup>-1</sup>) and five concentrations of Putrescine (0, 20, 40, 80 and 160 mg.l<sup>-1</sup>) with 8% sucrose and 8 g.l<sup>-1</sup> agar. Present study was conducted as a factorial experiment based on completely randomized design with three replications in tissue culture laboratory to investigate the effect of different BAP and Putrescine concentrations. Lateral buds of cv. Agria from *in vitro* shoots were cultured as explants. Cultures were kept in germinator with constant darkness and temperature of 17±2°C. Variance analysis showed that none of the traits were affected by different concentrations of the Putrescine other than weight of the shoots. Also, the interaction effect of PUT×BAP on shoot weight was significant. However, the effect of different levels of BAP was significantly associated with the most trait of microtuberization. In this experiment, the best concentration of BAP for microtuberization was 1 mg.l<sup>-1</sup>. Also, the appropriate Putrescine level for increasing of microtuberization number and percentage was 80 mg.l<sup>-1</sup> but the effect of Putrescine on microtuberization number and percentage was non-significant.

**Keywords:** *Solanum tuberosum*, *in vitro*, plant growth regulators, polyamine

<sup>1</sup> Samad KHORSANDI (Orcid ID: 0000-0002-1438-0433), Alireza Motallebi AZAR (Orcid ID: 0000-0002-4384-3716), Fariborz Zaare NAHANDI (Orcid ID: 0000-0003-3253-8705), Ali HATAMI (Orcid ID: 0000-0003-2989-6296), University of Tabriz, Faculty of Agriculture, Department of Horticultural Sciences, Tabriz, Iran

<sup>2</sup> Sam MOKHTARZADEH (Orcid ID: 0000-0002-3927-0855), University of Bingol, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, 12000 Bingol, Turkey.

\*Corresponding Author: Sam MOKHTARZADEH, e-mail: sam.mokhtarzadeh@gmail.com



## INTRODUCTION

The potato (*Solanum tuberosum* L.) is an important vegetable among Solanaceae family. Vegetative propagation of potato causes potato leaf roll virus (PLRV) and potato virus Y (PVY) which result in more than 95% decrease in crop yield. On way for decreasing the viral contaminations in potato production is using plant tissue culture methods. Because of potatoes susceptibility to viral diseases, the production of virus-free plants in *in vitro* conditions causes the decrease of costs and increase of yields (Fatima et al., 2005). Potato propagation by *in vitro* culture of axillary buds is commonly used for the production of disease free plantlets, germplasm exchange, and seed tuber production. Potato tuber production through *in vitro* techniques was first described as an experimental tool for examining the physiological processes associated with tuberization and understanding potato pathology. Also various plant growth regulators have been used in microtuber production for increasing number and size of tuber. BAP has been shown to promote microtuber induction and development in potato (Dhital and Lim, 2012). As well as the effective factors in microtuberization include genotype, type of explant (Khuri and Moorby, 1996), photoperiod (Hussey and Stacey, 1984), temperature (Akita and Takayama, 1994), carbohydrate source (Garner and Blake, 1989). However, most of the studies on tuberization was conducted in growth regulators presence. Cytokines indirectly affect microtuberization by increasing starch synthesis enzyme activity (Sarkar et al., 2006). The increase of microtubers's function resulted in their average weight increase in MS (Murashige and Skoog, 1962) medium containing 10 mg.l<sup>-1</sup> BAP sixty days after planting which was compared with non-BAP MS medium. Also, it was reported that the proper medium for planting is MS medium containing 2 mg.l<sup>-1</sup> BAP and 6% sucrose (Hussey and Stacey, 1984). Polyamines (PAs) are a group polycation aliphatic concentrations on all prokaryotic and eukaryotic cells. Spermine (SPM), spermidine (SPD) and putrescine (PUT) are three usual types of these concentrations. It was reported that types of polyamine increase in potato stolons during tuberization which shows the role of amines in potato tuberization (Martin-Tanguy, 1997). Using polyamines (SPM, SPD, PUT) with 10<sup>-4</sup>M and 1 mg.l<sup>-1</sup> IAA concentration showed that SPD acts better than other PAs for inducing potato microtuberization (Mader, 1995). Polyamines increased microtuberization on yam (*Dioscorea alata* L.) and it was reported that MS medium containing 10 µM Putrescine 3% sucrose on 14 days led to obtain 100% of microtuberization (Ondo Ovono et al., 2009). In other hand maximum number of lateral shoots was observed in MS medium containing 50 mg.l<sup>-1</sup> Nicotinic acid, 50 mg.l<sup>-1</sup> Pyridoxine- HCl, 10 mg.l<sup>-1</sup> Thiamine-HCl and 4 mg.l<sup>-1</sup> BAP. Also, maximum percentage of root and callus formation was observed in combination of MS include vitamins without BAP (Kazemiani et. al., 2018).

This study was carried out to determine the best concentration of BAP and Putrescine for optimizing the rate and quantity of potato microtuberization and the interaction between them.

## MATERIALS AND METHODS

This study was conducted at the Plant Tissue Culture Laboratory, Department of Horticultural Sciences, University of Tabriz. *In vitro* potato shoots (*Solanum tuberosum* cv. Agria) were sub-cultured every 3 to 4 weeks internal by placing 5 single node cuttings on each jar containing 30 ml of semi-solid MS medium without hormones, supplemented by 20 g.l<sup>-1</sup> sucrose and 8 g.l<sup>-1</sup> agar and maintained at 25±2°C in 16 h light/ 8 h dark photoperiod (Figure 1). Axillary buds were cut from *in vitro* shoot and were cultured on microtuberization medium. Microtuberization medium was including MS basal medium with various concentrations of BAP (0, 1 and 2 mg.l<sup>-1</sup>) and Putrescine (0, 20, 40, 80 and 160 mg.l<sup>-1</sup>), sucrose 80 g.l<sup>-1</sup> and agar 8 g.l<sup>-1</sup>. The pH of the culture media was adjusted to 5.8 with HCl or NaOH (0.5 normal) before autoclaving. The cultures were kept in growth chamber with constant

darkness and temperature of  $17\pm 2^{\circ}\text{C}$  for a period of four months. During the first month microtuberization rate were measured and after that traits such as percentage, length, width, number and weight of microtubers and number and length of shoots growing on microtuber were measured in three-month period. This study was carried out factorial experiment based on completely randomized design with three replications. Data obtained from this study were analyzed using SPSS software Ver.21. The means comparison carried out by Duncan's New Multiple Range Tests at 5 % probably level.



Figure 1. The shoots proliferation

## RESULTS AND DISCUSSION

### Percentage of Microtuberization

Data analysis of variance showed that the percentage of microtuberization in the course of data collecting within three months (second, third, and fourth month) has been significantly affected by different concentrations of BAP (Table 1), whereas there was not any significant difference between Putrescine different concentrations, and it showed that using putrescine could not be effective in improving the percentage of microtuberization. Also, PUT×BAP interaction effect was significant in the Third month only (Table 2).

Table 1. The effects of different BAP concentrations on potato microtuberization

BAP ( $\text{mg.l}^{-1}$ )	Second month	Third month	Fourth month
	Microtuberization (%)	Microtuberization (%)	Microtuberization (%)
0	18.66b	46.66b	49.33b
1	69.66a	94.33a	100.00a
2	62.44a	83.55a	98.77a

Similar letters in each column indicates no significant difference in the probability level of 5%

The best effects of BAP concentrations on potato microtuberization observed 100% in MS medium including  $1 \text{ mg.l}^{-1}$  BAP and after four month (Table 1). Mean comparisons showed that the percentage of microtuberization in all media supplemented with BAP was increased in every 3 months, as well. However, any significant difference between concentrations of 1 and  $2 \text{ mg.l}^{-1}$  was not observed (Table 2). According to Figure 2 for increasing microtuberization percentage, the appropriate concentration of Putrescine in MS medium without BAP was in  $80 \text{ mg.l}^{-1}$ . Also, the results showed that MS medium including BAP which causes change in the amount of Putrescine have a non-significant effect on microtuberization percent. In other words, the effect of a particular concentration of Putrescine is evident in the absence of BAP. The results of this study are partially parallel with studies mentioned below.

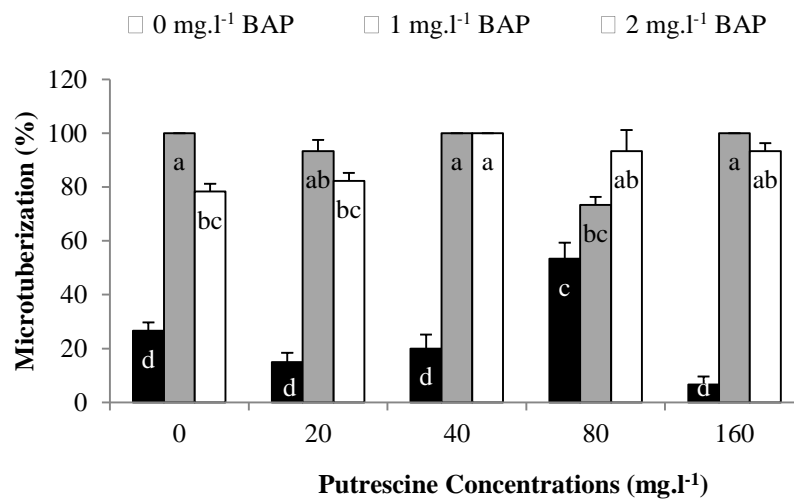
Mader (1995); observed that in the MS medium including polyamines (PUT, SPD and SPM), 100% of microtuberization was achieved after 40 days. Protacio and Flores (1992); reported that the free

polyamines in explants increased the microtuberization in high and low percentage of sucrose concentrations. Zakaria et al. (2014); observed that the highest percentage (52.2%) of >300 mg size and lowest percentage (19.3%) of <150 mg size microtuber was produced in 30 days old plantlet with MS media containing 40 mg.l<sup>-1</sup> K + 10 mg.l<sup>-1</sup> BA + 9% sucrose in the variety Diamant. Dhital and Lim (2012); reported that 1/2 MS liquid medium containing 8% sucrose and 1.22 g.l<sup>-1</sup> KNO<sub>3</sub>, 1.41 g.l<sup>-1</sup> NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>; 0.23 g.l<sup>-1</sup> Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O; and 0.74 g.l<sup>-1</sup> MgSO<sub>4</sub> produced the highest percentage (50%) of medium to large-sized (>500 mg) microtubers. Also, Momena et al. (2014); explained that 8% Sucrose + 4 mg.l<sup>-1</sup> Kinetin + 1 mg.l<sup>-1</sup> BAP presented highest percentage of microtuber (88.3%, 93.3%, 51.7% and 88.3% for Granula, Diamond, Sarpoxona and Lal Pakri1 respectively).

**Table 2.** The variance analysis of effects on studied traits

SV	DF	Rate of microtuberization	Microtuber length	Microtuber diameter	Microtuber weight	Shoot length on microtuber	Direct shoot length	Shoot weight
PUT	4	0.94	1.40	1.08	0.001	3.63	9.41	0.02**
BAP	2	4.12*	41.11**	27.31**	0.09**	15.72	266.15**	0.33**
PUT×BAP	8	0.93	1.49	0.91	0.003	13.72	12.28	0.02**
error	30	0.88	1.17	0.79	0.003	7.17	6.63	0.006

\* ( $P<0.05$ ), \*\* ( $P<0.01$ )



**Figure 2.** The average percentage of microtuberization during the third month at different concentrations of BAP and Putrescine

### Rate of Microtuberization

Results showed that the effect of different concentrations of BAP on the rate of microtuberization was significant ( $P<0.05$ ), whereas any significant difference between different levels of Putrescine was not seen. Also, interaction between PUT and BAP was not significant (Table 2).

The best effects of BAP concentrations on rate of microtuberization observed 2.34 in MS medium including 1 mg.l<sup>-1</sup> BAP. Mean comparison showed that there were not significant difference between two concentrations of BAP (1 and 2 mg.l<sup>-1</sup>) and maximum rate of microtuberization observed in culture mediums including BAP, whereas culture mediums without BAP had the lowest rate of microtuberization (Table 3). The results of this study are parallel with studies mentioned below.

Addition of plant growth regulators increases microtuberization rate when culture medium includes 8% sucrose (Harmey et al., 1966). Momena et al. (2014); reported that maximum rate of microtuber was found from MS + 8% Sucrose + 4 mg.l<sup>-1</sup> Kinetin + 1 mg.l<sup>-1</sup> BAP (2.3, 2.7, 2.0 and 2.2/culture for Granula, Diamond, Sarpoxona and Lal Pakri1 respectively). Altındal and Karadoğan



(2010) observed the highest minituber formation in 4% maltose in Agria and Justine cultivars and stated that the effect of carbon source and concentration on tuber formation was statistically significant.

**Table 3.** The average traits studied at different concentrations of BAP

BAP concentrations (mg.l <sup>-1</sup> )	Rate of microtuberization	Microtuber length (mm)	Microtuber diameter (mm)	Microtuber weight (mg)	Direct shoot length (cm)
0	1.40b	1.00b	0.76b	15.9b	12.33a
1	2.34a	3.99a	3.17a	168.5a	4.54b
2	2.26a	3.72a	3.03a	125.9a	5.65b

Similar letters in each column indicates non-significant difference in the probability level of 5%

### Dimensions of Microtuber (Microtuber Length)

The effect of different concentrations of BAP on length of produced microtubers was significant ( $P<0.01$ ), whereas interaction between PUT and BAP, and the effect of different concentrations of Putrescine were not significant (Table 2). The results of mean comparison showed that the minimum length of microtuber has been created in the MS culture mediums without BAP. The best effects of BAP concentrations on microtuber length observed 3.99 mm in MS medium including 1 mg.l<sup>-1</sup> BAP. Also the length of microtubers increased significantly in MS culture mediums including BAP and it was observed that the length of microtuber in culture mediums including BAP was longer than the length of microtuber in culture medium without BAP, but there was not significant difference between the concentrations of 1 and 2 mg.l<sup>-1</sup> of BAP (Table 3). Gopal et al. (1998); reported that the high performance of microtubers in MS culture medium including BAP was created by producing larger microtubers. Ondo Ovono et al. (2009); stated that the length and weight of microtubers with the usage of 10 µM Putrescine and 3% sucrose, after 60 and 120 days were 8.8 and 10.5 mm respectively.

### Width of Microtuber (Diameter of Microtuber)

Data analysis showed that the effect of different concentrations of BAP on width of microtubers was significant ( $P<0.01$ ), however, the effect of Putrescine, and PUT×BAP interaction were not significant (Table 2). The best effects of BAP concentrations on microtuber diameter observed 3.17 mm in MS medium including 1 mg.l<sup>-1</sup> BAP. Also the results of mean comparison showed that the highest width of microtuber belonged to those obtained in MS medium including 1 and 2 mg.l<sup>-1</sup> BAP, respectively and there was not significant difference between them. Also, minimum width of microtuber was observed in MS mediums without BAP (Table 3). Along with these results, Gopal et al. (1997); reported that MS medium including BAP causes the increase of size and performance of Potato's microtubers. Imai et al. (2010); observed that the microtuber's diameter is an effective feature in terms of storage. Wazir et al. 2015); reported that the diameter of microtubers formed in treatment 8% sucrose differed significantly ( $P\leq 0.05$ ) from other treatments. The microtubers of 8% sucrose were comparatively larger in size with mean diameter of 6.84 mm. Momena et al. (2014); reported that maximum average diameter was found from MS + 8% Sucrose + 4 mg.l<sup>-1</sup> Kinetin + 1 mg.l<sup>-1</sup> BAP (4.1, 4.4, 3 and 3.9 mm for Granula, Diamond, Sarpoexona and Lal Pakri1 respectively) followed by MS + 6% Sucrose + 4 mg.l<sup>-1</sup> Kinetin (3.1, 3.6, 2.2 and 3.4 mm for Granula, Diamond, Sarpoexona and Lal Pakri1 respectively) while minimum from MS + 8% Sucrose (3.1, 3.5, 2.2 and 3.4 mm for Granula, Diamond, Sarpoexona and Lal Pakri1 respectively). Husain et al. (2017); observed that the plants grown in 40 gl<sup>-1</sup> sucrose level MS media were given (2.82 cm) micro-tuber diameter. It means that 40 gl<sup>-1</sup> sucrose gives good food to plant which resulted in more micro-tuber diameter. Altındal and Karadoğan (2010); reported that optimal tuber diameter was obtained on 4% maltose in Justine and 6% sucrose in Agria.

### Number of Microtubers

Analysis of variance (ANOVA) showed that the effect of different concentrations of BAP on the number of produced microtubers was significant in each of the three months ( $P < 0.05$ ), however, the effect of different concentrations of Putrescine and PUT×BAP interaction was not significant (Table 2). The number of microtubers depended on different concentrations of BAP. Therefore, in every three months, the highest number of produced microtuber was observed 5.15 in mediums containing 1 mg.l<sup>-1</sup> BAP, although non-significant difference was observed between both concentrations (1 and 2 mg.l<sup>-1</sup>), but, the minimum number of microtuber was obtained in the culture mediums without BAP. Also, it was observed that in culture mediums including 20 and 40 mg.l<sup>-1</sup> of Putrescine and without BAP, the average number of microtuber production is very low and it was almost equal with control culture medium. In this study, use of 80 mg.l<sup>-1</sup> Putrescine increased the number of microtuber. It was also observed that in concentrations higher than 80 mg.l<sup>-1</sup> of Putrescine, microtuber numbers decrease (Figure 3).

Gopal et al. (1998); and Pelacho et al. (1991); reported that MS medium including 4 and 5 mg.l<sup>-1</sup> of BAP increased the number of produced microtubers in potato plants. A relatively higher number of microtubers observed in treatments with sucrose concentration 3% and 8% while in the control treatment (0%) no microtubers were formed (Wazir et al., 2015). Maximum number of microtubers (12.8) was obtained in MS medium containing 5 mg.l<sup>-1</sup> BAP, 50 mg.l<sup>-1</sup> coumarin and 8% sucrose that followed by MS medium including 5 mg.l<sup>-1</sup> BAP, 500 mg.l<sup>-1</sup> CCC and 8% sucrose that contained growth retardant (Zakaria et al., 2014). Gami et al. (2013); explained that for microtuber production, high level of sucrose (8%) gave promising results than low level of sucrose (3%). Also Dhital and Lim (2012); showed that 1/2 MS liquid medium containing 8 % sucrose and KNO<sub>3</sub>, 1.22 g.l<sup>-1</sup>; NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 1.41 g.l<sup>-1</sup>; Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O, 0.23 g.l<sup>-1</sup>; and MgSO<sub>4</sub>, 0.74 g.l<sup>-1</sup> produced the highest number of microtubers. Momena et al. (2014); reported that different hormonal combinations showed variation in microtuber formation. Treatment 8% Sucrose + 4.00 mg.l<sup>-1</sup> Kinetin + 1.00 mg.l<sup>-1</sup> BAP showed maximum number of microtuber (53.0, 56.0, 31.0 and 53.0 for Granula, Diamond, Sarpoexona and Lal Pakri1 respectively).

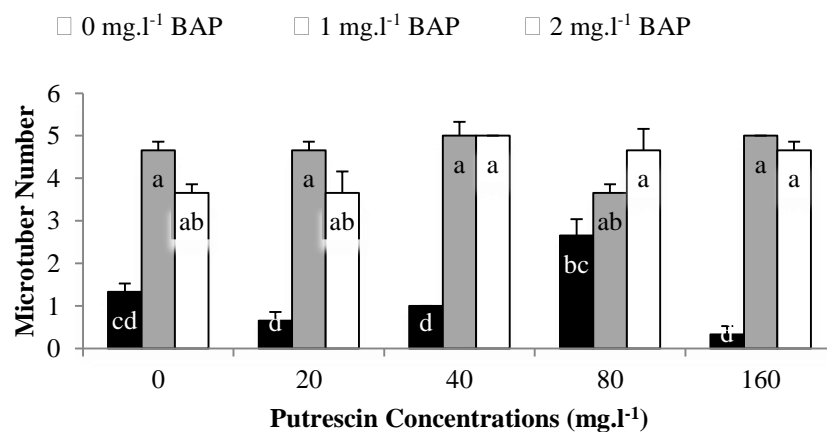


Figure 3. The average number of microtuber produced during the third month

### Weight of Microtubers

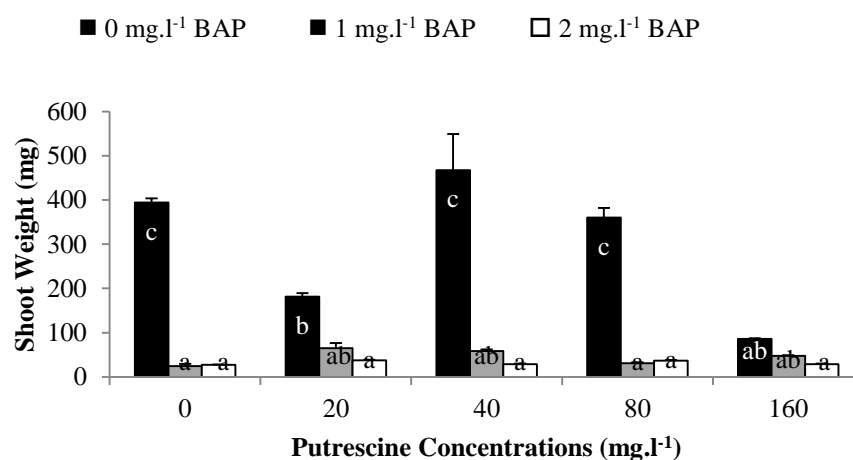
Data analysis showed that the weight of microtubers was affected by BAP levels, any significant differences was not seen between the different concentrations of Putrescine. Also, PUT×BAP interaction was not significant (Table 2). Mean comparison showed that the maximum weight of microtubers belonged to MS mediums including BAP and average weight of microtubers which was 168.5 mg in MS

medium including 1 mg.l<sup>-1</sup> of BAP that was not significantly different from MS medium including 2 mg.l<sup>-1</sup> of BAP. However, this amount reduced to 15.9 mg.l<sup>-1</sup> in MS mediums without BAP (Table 3). The results of this study are partially parallel with studies mentioned below.

It was reported that the increase of microtubers performance by using 10 mg.l<sup>-1</sup> of BAP 60 days after the beginning of cultivation increased the average weight of microtubers in comparison with the MS mediums without BAP (Hussey and Stacey, 1984). Hoque (2010); reported that MS medium including 4 mg.l<sup>-1</sup> of kinetin with 6% sucrose increased the average weight of microtubers up to 397 mg. Zakaria et al. (2014); showed that the higher average weight of microtuber was obtained in the 30 days old plantlet with MS media containing 40 mg.l<sup>-1</sup> K + 10 mg.l<sup>-1</sup> BAP + 9% sucrose, MS media including 10 mg.l<sup>-1</sup> BA and 8% sucrose and MS media with 5.0 mg.l<sup>-1</sup> BAP and 6% sucrose which contained BA in absence of growth retardant. Momena et al. (2014); reported that maximum average weight was found from MS + 8% Sucrose + 4.00 mg.l<sup>-1</sup> Kinetin + 1.00 mg.l<sup>-1</sup> BAP (93.47, 97.61, 73.26 and 87.69 mg for Granula, Diamond, Sarpoxona and Lal Pakri1 respectively). Wazir et al. (2015); observed that the highest mean weight of microtubers was observed in treatment 8% (97.0 mg) followed by 3% (70.00 mg), 6% (57.50 mg) and 11% (55.50 mg) sucrose concentrations. Husain et al. (2017); observed that heavier micro-tuber produced by the plants grown in 40 g.l<sup>-1</sup> sucrose level MS media were given (1.92 g) micro-tuber weight. Altındal and Karadoğan (2010); reported that highest total tuber weight was found 4 % maltose in Justine and 10 % sucrose in Justine.

### Weight of Shoots

The effect of different concentration of putrescine and BAP on the weight of shoots was significant ( $P < 0.01$ ). Also, PUT×BAP interaction was significant (Table 2). Results showed that the highest weight of shoots achieved in MS medium including 40 and 80 mg.l<sup>-1</sup> of Putrescine. However, the weight of shoots in MS medium including 1.00 and 2.00 mg.l<sup>-1</sup> of BAP was decreased. The highest weight of shoots observed 523 mg in MS medium including 40 mg.l<sup>-1</sup> Putrescine (Figure 4). It has been reported that polyamines increase regeneration and cell division of organs in plant tissue culture (Kakkar et al., 2000). Also, polyamines such as putrescine and spermidine increase the regeneration of cabbage plant and sugar beet in *in vitro* conditions, which results in the increase of weight and performance of shoots, compared to control treatment (Saiprasad and Raghuvver, 2004).



**Figure 4.** Average weight of shoots at different concentrations of BAP and Putrescine

### Length of Grown Shoots from Nodes (Direct Shoots)

Variance of analysis showed that the effect of different concentration of BAP on direct shoots length was significant ( $P < 0.01$ ), whereas, the effect of different concentrations of putrescine and PUT×BAP interaction was not significant (Table 2). Results showed that growth of direct shoots was increased in MS medium without BAP. Also, length of direct shoots in MS medium without BAP was higher than other mediums, while, the average length of direct shoots in MS medium containing 1 and 2 mg.l<sup>-1</sup> of BAP was lower compared to MS mediums without BAP, and there was not significant difference between BAP concentrations. Also the best direct shoot (12.33 cm) achieved in MS medium without BAP (Table 3). Hoque (2010); reported that shoots length increased in MS medium including 2 mg.l<sup>-1</sup> of kinetin, but the number of shoots decreased. Also, shoots length decreased in MS medium including 4 mg.l<sup>-1</sup> of kinetin, but the number of shoots increased. Zhang et al. (2005); observed that the largest shoots length was obtained on MS mediums containing 5 and 10 mg.l<sup>-1</sup> of IAA with or without 5 mg.l<sup>-1</sup> of GA<sub>3</sub>. Also, they explained that 5 mg.l<sup>-1</sup> of BAP has a negative effect on shoot growth. Wazir et al. (2015); reported that the highest mean shoot length (8.28 cm) was observed in treatment with 3% sucrose level followed by 6% sucrose in which the mean shoot length was 6.40 cm.

### CONCLUSION

The highly heterozygous character of potato in generative production cause problems. Therefore, vegetative propagation for maintaining cultivars of potato's genetic integrity is suggested. Microtuberization of potato is intricate process. For coping with this problem, microtuberization can be obtained by using the biotechnological techniques. *In vitro* culture techniques create 100% viruse-free microtubers. In this study it has been tried to establish a protocol for potato microtuberization in *in vitro* condition by different concentrations of BAP and Putrescine. The results of this study clearly showed that the best concentration of BAP for microtuberization was 1.00 mg.l<sup>-1</sup>. Also, it was stated that the appropriate Putrescine level for increasing microtuberization number and percentage was 80 mg.l<sup>-1</sup>. The results of this experiment will shed light to further studies of potato microtuberization. Also, it is thought that this protocol will direct the commercial microtubing studies.

### REFERENCES

- Akita M, Takayama S, 1994. Induction and development of potato tubers in a jar fermenter. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 36: 177-182.
- Altindal D, Karadoğan T, 2010. The Effect of Carbon Sources on *In Vitro* Microtuberization of Potato (*Solanum tuberosum* L.). *Turkish Journal of Field Crops*, 15(1): 7-11.
- Dhital SP, Lim HT, 2012. Microtuberization of Potato (*Solanum tuberosum* L.) as Influenced by Supplementary Nutrients, Plant Growth Regulators, and *In Vitro* Culture Conditions, *Potato Research*, 55 (2): 97-108.
- Fatima B, Usman M, Ahmad I, Khan IA, 2005. Effect of explant and sucrose on microtuber induction in potato cultivars. *International Journal of Agriculture and Biology*, 7: 63-66.
- Gami RA, Parmar SK, Patel PT, Tank CJ, Chauhan RM, Bhadauria HS and Solanki SD, 2013. Microtuberization, minitubers formation and *in vitro* shoot regeneration from bud sprout of potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivar K. badshah, *African Journal of Biotechnology*, 12(38): 5640-5647.
- Garner N, Blake J, 1989. The induction and development of potato microtubers *in vitro* on media free of growth regulating substances. *Annals of Botany*, 63:663-674.
- Gopal J, Minocha JL, Sidhu JS, 1997. Comparative performance of potato crops raised from microtubers induced in dark versus microtubers induced in light. *Potato Research*, 40: 407-412.
- Gopal J, Minocha JL, Dhaliwal HS, 1998. Microtuberization in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Plant Cell Reports*, 16: 794-798.

- Harmey MA, Crowley MP, Clinch PEM, 1966. The effect of growth regulators on tuberization of cultured stem pieces of *Solanum tuberosum*. Eur. Potato J, 9: 146-151.
- Hoque ME, 2010. *In Vitro* Regeneration Potentiality of Potato under Different Hormonal Combination. World Journal of Agricultural Sciences (WJAS), 6 (6): 660-663.
- Husain S, Hussain Shah SA, Asghar S, Hussain N, Ali N, Hussain I, Rafiq S, Shah S, Imtiaz M, Ali M, Jala F, Zia-ullah and Rashid M, 2017. Micro-Tuberization of Four Potato (*Solanum tuberosum* L.) Cultivars Through Tissue Culture. Journal of Botanical Sciences, 6(3): 35-40.
- Hussey G, Stacey NJ, 1984. Factors affecting the formation of *in vitro* tubers of potato (*Solanum tuberosum* L.). Annals of Botany, 53: 565-578.
- Imai AA, Qhrmanzadeh R, Azimi J, Janpoor J, 2010. The effect of various of 6-benzylaminopurine (BAP) and sucrose on *in vitro* potato (*Solanum tuberosum* L.) microtuber induction. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, 8(4): 457-459.
- Kakkar RK, Nagar PK, Ahuja PS, Rai VK, 2000. Polyamines and plant morphogenesis. Biologia Plantarum, 43: 1-11.
- Kazemiani S, Motallebi-Azar AR, Panahandeh J, Mokhtarzadeh S, Ozdemir FA, 2018. Shoot proliferation from potato (*Solanum tuberosum* cv. Agria) under different concentration of MS include vitamins and BAP medium. Progress in Nutrition, 2018; , 20 (1) 160-166.
- Khuri S, Moorby J, 1996. Nodal segments or microtubers as explants for *in vitro* microtuber production of potato. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 45: 215-222.
- Mader JC, 1995. Polyamines in *Solanum tuberosum in vitro*: Free and conjugated polyamines in hormone-induced tuberization. Journal of Plant Physiology, 146: 115-120.
- Martin-Tanguy J, 1997. Conjugated polyamines and reproductive development: biochemical, molecular and physiological approaches. Physiologia Plantarum, 100: 675-688.
- Momena K, Adeeba R, Mehraj H, Jamal Uddin AFM, Saiful Islam and Rahman L, 2014. *In Vitro* Microtuberization of Potato (*Solanum Tuberosum* L.) Cultivar through Sucrose and Growth Regulator. Journal of Bioscience and Agriculture Research, 02 (02): 76-82.
- Murashige T, Skoog F, 1962. A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue cultures. Physiologia Plantarum, 15: 473-497.
- Ondo Ovono P, Kevers C, Dommes J, 2009. Tuber formation and development of *Dioscorea cayenensis* and *D. rotundata* complex. Effect of Polyamines. In Vitro Cellular & Developmental Biology Plant, 46: 81-88.
- Pelacho AM, Mingo-Castel AM, 1991. Effects of photoperiod on kinetin-induced tuberization of isolated potato stolons cultured *in vitro*. American Journal of Potato Research, 86:533-541.
- Protacio CM, Flores HE, 1992. The role of polyamines in potato tuber formation. *In Vitro Cellular & Developmental Biology*, 28: 81- 86.
- Saiprasad GVS, Raghuvveer P, 2004. Effect of various polyamines on production of protocorm-like bodies in orchid *Dendrobium* 'Sonia'. Scientia Horticulturae, 100: 161-168.
- Sarkar D, Pandey SK, Sharma S, 2006. Cytokinins antagoniz the jasmonates action on the regulation of potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber formation *in vitro*. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 87:285-295.
- Wazir A, Gul Z, Hussain M, Ullah Khan Z, Saleem M, Khurshid I, 2015. Effect of sucrose on inducing *in vitro* microtuberization in potato without using any growth hormone. International Journal of Agronomy and Agricultural Research, 7(1): 118-124.
- Zakaria M, Hossain MM, Khaleque Mian MA, Hossain T, 2014. Performance of different protocols on *in vitro* tuberization in Potato (*Solanum tuberosum*). Bangladesh Journal of Agricultural Research, 39(1): 59-66.
- Zhang ZJ, Zhou WJ, Li HZ, 2005. The role of GA, IAA and BAP in the regulation of *in vitro* shoot growth and microtuberization in potato (*Solanum tuberosum* L.). Acta Physiologiae Plantarum, 27: 363- 369.



## Kenevir Zararlıları ile Entegre Mücadele

Yeter KÜÇÜKTOPCU<sup>1</sup>, İslam SARUHAN<sup>1\*</sup>, Şeyma YİĞİT<sup>1</sup>, İzzet AKÇA<sup>1</sup>

**ÖZET:** Kenevir ekim alanları farklı nedenlerden dolayı son yıllarda artmaktadır. Bu nedenle kenevirde zarar yapma potansiyeli olan türlerin önemi her geçen gün artacaktır. Ülkemizde kenevirlerde zarar yapan zararlılara yönelik kayıtlar yok denecek kadar azdır. Ancak günümüzde bazı zararlılardan şikayet edilmektedir. Dünyanın değişik bölgelerinde kenevirlerde önemli kayıplara neden olan ve ülkemizde de varlığı bilinen bu zararlı türlerin, kenevir üretiminde potansiyel zararlı olma ihtimali vardır. Bu türler arasında; Avrupa mısır kurdu [*Ostrinia nubilalis* (Hübner) (Lepidoptera: Crambidae)], Avrasya kenevir kurdu [*Grapholita delineana* (Walker) (Lepidoptera: Tortricidae)], Kenevir pire böcekleri [*Psylliodes attenuata* Koch, *P. punctulata* Melsh, *Phyllotreta pusilla* Horn, *P. nemorum* Linnaeus ve *Systema blanda* Melsheime (Coleoptera: Chrysomelidae)], Kenevirde zararlı yaprak bitleri [*Mysuz persicae* Sulzer, *Aphis fabae* Scopoli, *Phorodon cannabis* Passerini, *P. humuli* Schrank ve *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae)], Thripsler [*Thrips tabaci* Lind ve *Frankniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae)], Kenevirde zararlı akarlar [*Tetranychus urticae* Koch ve *T. cinnabarinus* Boisduval (Acari: Tetranychidae)] gibi zararlıların yanı sıra, Sümüklü böcek ve salyangoz, memeliler ve kuşlar gibi genel zararlılar da vardır. Kenevir zararlıları ile entegre mücadele anlayışı ile hareket etmek, kenevir ekosistemindeki faydalı böcekleri ve doğal dengenin korunmasını sağlayacaktır. Entegre mücadele anlayışı, zararlı sorununun devam etmesini engelleyecektir. Yapılan bu derlemede dünyada kenevirde zarar yapan türler ve faydalı böcekler listelenmiştir. Ayrıca ülkemizde bulunan potansiyel kenevir zararlılarının entegre mücadele kapsamında kontrol yöntemleri ortaya konmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Kenevir, zararlılar, entegre mücadele

## Integrated Management of Hemp Pests

**ABSTRACT:** Hemp cultivation areas have been increasing for various reasons. Therefore, the importance of pests that have the potential to do damage on hemp will increase daily. In our country, records for pests damaging in cannabis are almost non-existent. However, today there are complaints about some pests. These pests, which cause significant losses in cannabis in different parts of the world and are known to exist in our country, are likely to be potentially harmful in cannabis production. These are European corn borer [*O. nubilalis* (Hübner) (Lepidoptera: Crambidae)], Eurasian hemp borer [*Grapholita delineana* (Walker) (Lepidoptera: Tortricidae)], Hemp flea beetles [*Psylliodes attenuata* Koch, *P. punctulata* Melsh, *Phyllotreta pusilla* Horn, *P. nemorum* Linnaeus ve *Systema blanda* Melsheime (Coleoptera: Chrysomelidae)], aphids [*Mysuz persicae* Sulzer, *Aphis fabae* Scopoli, *Phorodon cannabis* Passerini, *P. humuli* Schrank and *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae)] that are harmful to hemp. In addition to pests such as thrips [*Thrips tabaci* Lind and *Frankniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae) and cannabis mites [*Tetranychus urticae* Koch and *T. cinnabarinus* Boisduval (Acari: Tetranychidae)], there are also common pests such as slugs and snails, mammals and birds. Acting with an integrated pest management understanding against cannabis pests will help preserve the beneficial insects and natural balance in the cannabis ecosystem. In addition, the understanding of integrated control will prevent the pest problem from continuing. In this review, hemp damaging species and useful insects are listed in the world. In addition, control methods of potential hemp pests in our country have been introduced within the integrated pest management.

**Keywords:** Hemp, pests, integrated management

<sup>1</sup> Yeter KÜÇÜKTOPCU (Orcid ID: 0000-0002-2104-5764), İslam SARUHAN (Orcid ID: 0000-0003-0229-9627), Şeyma YİĞİT (Orcid ID: 0000-0003-2268-5103), İzzet AKÇA (Orcid ID: 0000-0001-9617-8820) Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Samsun, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: İslam Saruhan , e-mail: isaruhan@omu.edu.tr

## GİRİŞ

Kenevir (*Cannabis sativa* L.), Cannabaceae familyasına ait, çok amaçlı olarak kullanılan tek yıllık bir tarımsal üründür (McPartland, 2000). İnsanlık tarihinin en eski bitkisel hammadde kaynaklarından biri olan kenevirin kökeni Asya'ya kadar uzanmaktadır (Schultes ve ark., 1974; McPartland, 2000). Kenevir, tekstil ve kağıt endüstrisinde, inşaat ve yalıtım malzemelerinin oluşturulmasında, otomotiv, enerji, kozmetik, ilaç ve kimya endüstrilerinde kullanılmaktadır (Grabowska ve ark., 2009).

Ülkemizde Samsun ili Vezirköprü ilçesinde 2018'de izinli kenevir yetiştiriciliğinde, 29 üretici toplam 113 dekar alanda ekim yapmıştır. Bu ekim sonucunda 54 dekarlık alandan lif ve 59 dekarlık alandan ise tohum için hasat gerçekleştirmiştir. Hasat sonucunda elde edilen lif miktarı 8-9 ton, tohum miktarı 1 ton civarında olmuştur. Tarım ve Orman Bakanlığı'nın yeni çıkarmış olduğu yönetmelikte endüstriyel kenevir ekiminin 19 ilde serbest bırakılması sonucunda ekim alanlarının artması beklenmektedir (Anonim, 2019). 2019 yılında Samsun'un Vezirköprü ilçesinin 166 dekar alanında yaklaşık 10 ton kenevir üretiminin yapılması planlanmaktadır. Gelecekteki kenevir üretimi geçmiştekine kıyasla çok daha geniş ölçüde olacağı göz önüne alındığında; kenevir, yeni zararlıların potansiyel tehdidi altında olacaktır.

Kenevir, çok çeşitli zararlı ve patojenlerden zarar görebilmektedir. Agrios (1997) yapmış olduğu çalışmada; kenevir lifindeki yıllık kaybını böceklerden dolayı %13, hastalıklardan dolayı %11 ve yabancı otlardan ve diğer organizmalardan dolayı %7 olarak belirtmiştir. Buna ek olarak, bir başka çalışmada hasat sonrası dönemde kenevirde %9 kaybın olduğu belirtilmiştir (Pimentel ve ark., 1993). McPartland (1996), (2000); McPartland ve ark., (2000); yapmış oldukları çalışmada yaklaşık 300 zararlı böceğin kenevir ve esrar ile ilişkili olduğunu, ancak bu zararlılardan çok az bir kısmının ekonomik kayıplara neden olduğunu belirtmişlerdir (Çizelge 1). Bunun yanında kenevir üretim alanlarında bir çok doğal düşman bulunmaktadır (McPartland ve ark., 2000; McPartland, 2002; Quarles, 2018; Anonymous, 2019a; Anonymous, 2019b) (Çizelge 2).

**Çizelge 1.** Dünyadaki Kenevir Üretim Alanlarında Tespit Edilen Zararlılar (McPartland, 1996; McPartland et al., 2000; McPartland and Rhode, 2005; Hill, 2008; Bakro et al., 2018; Quarles, 2018; Anonymous, 2019a)

Takım	Familiya	Tür	Zarar Verdiği Bitki Organı
	Buprestidae	<i>Agrilus abditus</i> Horn	Gövde
	Bruchidae	<i>Bruchus pisorum</i> Linnaeus	Tohum
	Cerambycidae	<i>Anoplohora glabripennis</i> Motschulsky, <i>Agapanthia cynarae</i> Germar, <i>Thyestes gebleri</i> Faldermann	Kök/Gövde
		<i>Paraglenea fortunei</i> Saunders	Gövde
Coleoptera		<i>Deloyala guttata</i> Oliver, <i>Charidotella sexpunctata</i> Fabricius, <i>Chelymorpha cassidea</i> Fabricius	
		<i>Diabrotica undecimpunctata</i> Linnaeus, <i>Systema blanda</i> Melsheime, <i>Podagrica</i> sp. Foudras, <i>Phyllotreta pusilla</i> Horn, <i>Phyllotreta nemorum</i> Linnaeus, <i>Longitarsus belagaumensis</i> F.	Yaprak
	Chrysomelidae	<i>Exora</i> spp.	Erginler; yaprak/Larvalar; kök
		<i>Psylliodes attenuata</i> Koch, <i>Psylliodes punctulata</i> Melsh	Erginler; yaprak, çiçek ve tohumlar/Larvalar; kök
Coleoptera	Curculionidae	<i>Ceutorhynchus rapae</i> Gyllenhal, <i>Ceutorhynchus pleurostigma</i> Stephens, <i>Ceutorhynchus rubripes</i> Hustache, <i>Rhinoncus pericarpus</i> Linné	Kök/Yaprak
		<i>Alcidodes affaber</i> Aurivillius	Gövde
		<i>Hypomeces squamosus</i> Fabricius, <i>Dereodus mastos</i> Herbst	Yaprak
		<i>Cosmopolites sordidus</i> Germar	Kök
	Elateridae	<i>Agriotes lineatus</i> Linnaeus	
Scirtidae	<i>Scirtes japonicus</i> Kiesenwetter	Gövde/Kök	

## Kenevir Zararlıları ile Entegre Mücadele

## Çizelge 1'in devamı

	Meloidae	<i>Mylabris pustulata</i> Thunberg	Çiçek
	Mordellidae	<i>Mordellistena micans</i> Germar, <i>Mordellistena parvula</i> Gyllenhal	Gövde/Kök
		<i>Mordellistena cannabis</i> Matsumura	Yaprak
	<i>Laemophloeidae</i>	<i>Cryptolestes ferrugineus</i> Stephen, <i>C. Pusillus</i> Schönherr, <i>Placonotus modestus</i> Say	Depodaki Tohum
Coleoptera	Silvanidae	<i>Ahasverus advena</i> Waltl, <i>Oryzaephilus surinamensis</i> Linnaeus	
	Scarabaeidae	<i>Euphoria inda</i> Linnaeus, <i>Melolontha hippocastani</i> Fabricius, <i>Melolontha melolontha</i> Linnaeus, <i>Melolontha vulgaris</i> Fabricius, <i>Maladera holosericea</i> Scopoli, <i>Heteronychus arator</i> Fabricius	Kök
		<i>Popillia japonica</i> Newman	Erginler; çiçek ve olgunlaşmamış tohumlar/Larvalar; kök
	Tenebrionidae	<i>Opatrum sabulosum</i> Linnaeus	
		<i>Tribolium confusum</i> Jacquelin du Val	Sadece Depodaki tohumda
Collembola	Sminthuridae	<i>Sminthurus viridis</i> Linnaeus	Yaprak
	Bourletiellidae	<i>Bourletiella hortensis</i> Fitch	Fide
Dermaptera	Forficulidae	<i>Forficula auricularia</i> Linnaeus	
	Agromyzidae	<i>Liriomyza strigata</i> Meigen, <i>Liriomyza eupatorii</i> Kaltenbach, <i>Liriomyza cannabis</i> Hendel, <i>Phytomyza horticola</i> Goureau, <i>Agromyza reptans</i> Fallén, <i>Chromatomyia horticola</i> Goureau	Yaprak
		<i>Melanogromyza urticivora</i> Spencer	
Diptera	Anthomyiidae	<i>Delia platura</i> Meigen, <i>Delia radicum</i> Linnaeus, <i>Hylemyia florilega</i> Zett.	Kök
	Cecidomyiidae	<i>Asphondylia</i> spp.	
	Drosophilidae	<i>Drosophila busckii</i> Coquillett	Sadece Depodaki Tohum
	Milichiidae	<i>Desmometopa</i> spp. Loew	
	Sciaridae	<i>Bradysia</i> spp. Winnertz	Kök/Depodaki Tohum
	Scatopsidae	<i>Scatopse fuscipes</i> Meigen	Sadece Depodaki Tohum
	Tipulidae	<i>Tipula paludosa</i> Meigen	
	Aphrophoridae	<i>Pihilaenus spumarius</i> Linnaeus	
	Aphididae	<i>Phorodon humuli</i> Schrank, <i>Myzus persicae</i> Sulzer, <i>Aphis fabae</i> Scopoli, <i>Aphis gossypii</i> Glover, <i>Pentalonia nigronervosa</i> Coquerel	Yaprak
		<i>Phorodon cannabis</i> Passerini	Yaprak/Tohum/Çiçek/Gövde
		<i>Rhopalosiphum rufiabdominalis</i> Sasaki	Yaprak/Kök
Hemiptera	Aleyrodidae	<i>Trialeurodes vaporariorum</i> Westwood, <i>Bemisia tabaci</i> Gennadius, <i>Bemisia argentifolii</i> Bellows & Perring	
	Berytidae	<i>Jalysus</i> spp. Stal	
	Cercopidae	<i>Phialenus spumarius</i> Linnaeus	Yaprak
	Cicadellidae	<i>Zygina pallidifrons</i> Edwards, <i>Graphocephala coccinea</i> Foerster, <i>Empoasca fabae</i> Harris, <i>Empoasca flavescens</i> F., <i>Empoasca uniprossicae</i> Sohi, <i>Bothrogonia ferruginea</i> Fabricius, <i>Amrasca biguttula</i> Ishida	
	Coccidae	<i>Parthenolecanium corni</i> Bouché, <i>Saissetia coffeae</i> Walker	Yaprak/Dal



## Kenevir Zararlıları ile Entegre Mücadele

## Çizelge 1'in devamı

	Coccidae	<i>Pseudaulacaspis pentagona</i> Targioni-Tozzetti	Yaprak/Dal
	Diaspididae	<i>Pinnaspis strachani</i> Cooley, <i>Pinnaspis temporaria</i> Ferris	Gövde
	Delphacidae	<i>Stenocranus qiandainus</i> Kuoh	
	Flatidae	<i>Geisha distinctissima</i> Walker	
	Eurybrachidae	<i>Eurybrachys tomentosa</i> Fabricius	Yaprak
	Lygaeidae	<i>Nysius ericae</i> Schilling, <i>Nysius raphanus</i> Howard	
	Membracidae	<i>Stictocephala bubalus</i> Fabricius	
Hemiptera	Monophlebidae	<i>Icerya purchasi</i> Maskell	Yaprak/Dal
	Miridae	<i>Lygus elisus</i> Knight, <i>Lygus hesperus</i> Knight, <i>Lygus lineolaris</i> Palisot de Beauvois, <i>Calocoris norvegicus</i> Gmelin, <i>Adelphocoris lineolatus</i> Goeze, <i>Ragnus importunitas</i> Distant	Yaprak/Tomurcuk/Çiçek/Tohum
	Pentatomidae	<i>Chlorochroa ligata</i> Uhler, <i>Chlorochroa sayi</i> Stål, <i>Thyanta custator</i> Fabricius, <i>Nezara viridula</i> Linnaeus, <i>Dolycoris indicus</i> Stal	
	Pseudococcidae	<i>Pseudococcus longispinus</i> Targioni Tozzetti	Yaprak/Dal
	Pyrrhocoridae	<i>Dysdercus cingulatus</i> Fabricius	Tohum
	Ricaniidae	<i>Scolypopa australis</i> Walker	Yaprak
Hymenoptera	Argidae	<i>Schizocerella pilicornis</i> Holmgren	Yaprak
	Formicidae	<i>Solenopsis geminata</i> Fabricius	Kök
	Tenthredinidae	<i>Trichiocampus cannabis</i> Xiao & Huang	Yaprak
Isoptera	Termidae	<i>Odontotermes obesus</i> Rambur	Kök
	Crambidae	<i>Ostrinia nubilalis</i> (Hübner) <i>Loxostege sticticalis</i> Linnaeus	Gövde/Dal/Tohum Yaprak
	Cossidae	<i>Cossus cossus</i> Linnaeus, <i>Zeuzera multistrigata</i> Moore	Kök
	Erebidae	<i>Spilosoma obliqua</i> Walker, <i>Spilosoma virginica</i> Fabricius, <i>Arctia caja</i> Linnaeus, <i>Estigmene acrea</i> Drury, <i>Utetheisa pulchella</i> Linnaeus	Yaprak
	Gelechiidae	<i>Pectinophora gossypiella</i> Saunders	Meyve
	Hepialidae	<i>Endoclyta excrescens</i> Butler	Kök
	Lycaenidae	<i>Lampides boeticus</i> Linnaeus	Tohum
	Lymantriidae	<i>Dasychira mendosa</i> Hubn. <i>Melanchra picta</i> Harris, <i>Peridroma saucia</i> Hübner, <i>Papaipema nebris</i> Guenée, <i>Papaipema cataphracta</i> Grote, <i>Heliothis armigera</i> Hübner, <i>Heliothis virescens</i> Guenée, <i>Pseudaletia unipuncta</i> Haworth	Yaprak
Lepidoptera		<i>Helicoverpa zea</i> Boddie	Tomurcuk/Çiçek/Tohum/Gövde/Dal
	Noctuidae	<i>Agrotis ipsilon</i> Hufnagel, <i>Agrotis gladiaria</i> Morrison, <i>Agrotis segetum</i> Schiff., <i>Spodoptera littoralis</i> Boisduval, <i>Spodoptera exigua</i> Hübner, <i>Spodoptera ornithogalli</i> Guenée, <i>Mamestra configurata</i> Walker	Tohum/Fide
		<i>Earias insulana</i> Boisduval, <i>Earias vitella</i> Fabricius	Meyve
		<i>Autographa gamma</i> Linnaeus, <i>Mamestra brassicae</i> Linnaeus, <i>Melanchra persicariae</i> Linnaeus, <i>Plataplecta consanguis</i> Butler, <i>Anomis flava</i> Fabricius, <i>Plusia eriosoma</i> Doubleday	Yaprak
	Nymphalidae	<i>Vanessa cardui</i> Linnaeus	
	Sphingidae	<i>Acherontia atropos</i> Linnaeus	
	Tortricidae	<i>Grapholita delineaana</i> Walker	Tomurcuk/Çiçek/Tohum/Gövde/Dal/Yaprak
		<i>Cnephasia interjectana</i> Denis & Schiffermüller, <i>Cochylis epilinaana</i> Svensson, <i>Epiphyas postvittana</i> Walker	Yaprak

## Kenevir Zararlıları ile Entegre Mücadele

## Çizelge 1'in devamı

Lepidoptera	Tortricidae	<i>Laspeyresia pseudonectis</i> Meyrick	Gövde/Sürgünler
	Psychidae	<i>Psyche cannabinella</i> Doumère	Çiçek
	Pyralidae	<i>Plodia interpunctella</i> Hübner	Depodaki tohum
<i>Etiella zinckenella</i> Treitschke		Tohum	
Orthoptera	Acrididae	<i>Melanoplus bivittatus</i> Say, <i>Melanoplus differentialis</i> Thomas, <i>Melanoplus lakinus</i> Schudder, <i>Chloeaaltis conspersa</i> , <i>Camnula pellucida</i> ( Schudder), <i>Dichroplus maculipennis</i> Blanchard, <i>Chondracris rosea</i> de Geer	Yaprak
		Gryllidae	
	Gryllotalpidae	<i>Gryllotalpa gryllotalpa</i> L.	
	Pyrgomorphidae	<i>Zonocerus elegans</i> Thunb., <i>Attractomorpha crenulata</i> Fabricius	
Thysanoptera	Thripidae	<i>Caliothrips indicus</i> Bagn, <i>Frankliniella occidentalis</i> Pergande, <i>Thrips tabaci</i> Lind , <i>Heliothrips hemoidalis</i> Bouche, <i>Oxythrips cannabensis</i> Knechtel	
Acari	Eriophyidae	<i>Aculops cannibicola</i> Farkas	Yaprak/Tohum/Seradaki çiçekler
	Tetranychidae	<i>Tetranychus urticae</i> Koch, <i>T.cinnabarinus</i> Boisduval , <i>Eutetranychus orientalis</i> Klein	Yaprak/Seradaki Çiçek
	Acaridae	<i>Tyrophagus putrescentiae</i> Schrank , <i>Tyroglyphus farinae</i>	Tohum
	Tenuipalpidae	<i>Brevipalpus obovatus</i> Donnadieu, <i>Brevipalpus rugulosus</i> Chaudhri, Akbar & Rasool	Yaprak
	Phytoseiidae	<i>Typhlodromus cannabis</i> Scheuten	
	Glycyphagidae	<i>Glycyphagus destructor</i> Schrank	Yaprak/Tohum
Nematoda	Anguinidae	<i>Ditylenchus dipsaci</i> Kühn	Gövde/Yaprak/Çiçek
	<u>Hoplolaimidae</u>	<i>Heliocotylenchus</i> spp. Steiner, <i>Scutellonema</i> spp Andrassy <i>Rotylenchulus</i> spp.( Rr.)	
	Heteroderidae	<i>Meloidogyne incognita</i> (Kofoid &White) , <i>Meloidogyne hapla</i> , <i>Meloidogyne javanica</i> (Treub), <i>Heterodera schachtii</i> Schmidt, <i>Heterodera humuli</i> Filipjev	Kök
	Pratylenchidae	<i>Pratylenchus penetrans</i> Cobb	
	Longidoridae	<i>Paralongidorus maximus</i> L.	
Rodentia	Cricetidae	<i>Cricetus cricetus</i> L., <i>Microtus</i> sp. L.	Meyve/Tohum
	Muridae	<i>Rattus rattus</i> L.	
Diprotodontia	Phalangeridae	<i>Trichosurus vulpecula</i> Kerr	Tohum/Fide
Carnivora	Procyonidae	<i>Procyon lotor</i> Linné	Meyve/Tohum
Mollusca	Helicidae	<i>Helix aspersa</i> Muller	Çiçek/Tohum/Fide/Yaprak
	Agriolimacidae	<i>Deroceras panormitanum</i> Lessona and Pollonera	Tohum/Fide
	Arionidae	<i>Arion distinctus</i> Mabilie	
Aves	Corvidae	<i>Pica pica</i> L.	Yaprak, Tohum
	Fringillidae	<i>Carduelis cannabina</i> L., <i>Carduelis chloris</i> L.	
	Icteridae	<i>Quiscalus quiscula</i> L.	
	Passeridae	<i>Passer montanus</i> L., <i>Passer domesticus</i> L.	
	Sittidae	<i>Sitta europaea</i> L.	
	Sturnidae	<i>Sturnus vulgaris</i> L.	
	Odontophoridae	<i>Colinus virginianus</i> L.	
	Phasianidae	<i>Phasianus colchicus</i> L.	
	Psittacidae	<i>Platycercus eximius</i> Shaw	
Columbidae	<i>Ectopistes migratorius</i> L. , <i>Zenaida macroura</i> L., <i>Streptopelia turtur</i> L.	Tohum/Fide	

## Kenevir Zararlıları ile Entegre Mücadele

**Çizelge 2.** Dünyadaki Kenevir Üretim Alanlarında Bulunan Zararlılar ve Zararlılar Üzerindeki Doğal Düşmanlar (Quarles, 2018; Anonymous, 2019a; Anonymous, 2019b; McPartland et al., 2000; McPartland, 2002)

Zararlılar	Takım	Familiya	Avcı
Akarlar	Acarina	Tydeidae	<i>Homeopronematus anconai</i> Baker
Afitler, Unlu bitler ve Diğer Küçük böcekler			<i>Hippodamia convergens</i> ( Guerin- Meneville)
Afitler			<i>Adolia bipunctata</i> L.
Beyaz Sinekler			<i>Harmonia axyridi</i> Pallas , <i>Coccinella septempunctata</i> Linn
Unlu bitler	Coleoptera	Coccinellidae	<i>Delphastus pusillus</i> Leconte
Akarları			<i>Rhizobius ventralis</i> (Erichson), <i>Rhizobius lophanthae</i> Blaisdell, <i>Rodolia cardinalis</i> Mulsant, <i>Chryptolaemus montrouzieri</i> Mulsant
Afitler ve Bazı böceklerin larvaları		Melyridae	<i>Stethorus picipes</i> Casey , <i>Stethorus punctillum</i> Weise , <i>Stethorus punctum</i> (Le Conte)
<i>Delia</i> spp. türü sinekler		Staphylinidae	<i>Collops bipunctatus</i> Say
Afitler ve Küçük sinekler		Asilidae	<i>Aleochara bilineata</i> Gyll
Akarlar			<i>Diogmites angustipennis</i> Loew
Afitler		Cecidomyiidae	<i>Feltiella acarisuga</i> Vallot
Karıncalar		Phoridae	<i>Aphidoletes aphidimyza</i> Rondani
Afitler		Syrphidae	<i>Pseudacteon</i> spp. Coquillet
Mısır yuvarlak kurdu	Diptera		<i>Syrphid</i> spp. Latreille
Avrupa mısır kurdu			<i>Eucelatoria bryani</i> Sabrosky , <i>Archytas marmoratus</i> Townsend
Avrupa kenevir kurdu		Tachinidae	<i>Lydella thompsoni</i> Herting
Pis Böcekler			<i>Lixopha variabilis</i> Say
Avrupa mısır kurdu			<i>Trichopoda pennipes</i> Fabr.
Tripsler ve akarlar		Anthocoridae	<i>Orius insidious</i> Say , <i>Sinea diadema</i> Fabr.
Küçük böcekler ve böcek yumurtaları		Berytidae	<i>Sycanus collaris</i> Fabricius , <i>Anthocoris nemorum</i> L.
Beyazsinek, afitler, akarlar, yeşilkurt		Geocoridae	<i>Jalysus</i> spp.Say
Beyaz sinekler		Miridae	<i>Geocoris punctipes</i> Say
Afitler, tripsler ve bazı böcekleri			<i>Macrolophus caliginosus</i> Wagner, <i>Macrolophus mliginosus</i> Wagner
Afitler, akarları, küçük tırtıllar ve böcek yumurtaları	Hemiptera		<i>Deraeocoris brevis</i> Uhler
Tripsler		Nabidae	<i>Nabis alternatus</i> Parshley
Güve larvaları		Aleyrodidae	<i>Franklinothrips vespiiformis</i> Crawford
Genellikle anılar ve sinekler		Pentatomidae	<i>Podisus maculiventris</i> Say
Akarlar, böcek yumurtaları, beyaz sinekler		Reduviidae	<i>Phymata americana</i> Melin
Bazı tırtıllar			<i>Sinea diadema</i> Fabr., <i>Geocoris punctipes</i> Say
Afitler			<i>Sycanus collaris</i> Fabricius
Beyaz sinekler			<i>Aphelinus abdominalis</i> Dalman
Unlu bitler			<i>Encarsia formosa</i> Gahan , <i>Delphastus pusillus</i> Leconte
Afitler		Aphelinidae	<i>Aphytis melinus</i> Debach
Beyaz sinekler			<i>Aphelinus abdominalis</i> Dalman
Unlu bitler			<i>Encarsia formosa</i> Gahan , <i>Delphastus pusillus</i> Leconte
Afitler			<i>Aphytis melinus</i> Debach
Avrupa kenevir kurdu	Hymenoptera		<i>Aphidius matricariae</i> Haliday, <i>Aphidius colemani</i> Viereck
Tomurcuk kurtları			<i>Ephedrus plagiator</i> Nees, <i>Macrocentrus delicatus</i> Cresson
Güveler, Testere böcekleri ve Sinekler		Braconidae	<i>Microplitis croceipes</i> Cresson
Kenevir kurtları ve diğer tırtıllar			<i>Dacnusa sibirica</i> Telenga
Avrupa mısır kurdu			<i>Macrocentrus ancylivorus</i> Rohwer
Unlu bit			<i>Macrocentrus grandii</i> Goidanich
Böcekler			<i>Anagyrus pseudococci</i> Girault, <i>Leptomastix dactylopii</i> Howard , <i>Metaphycus helvolus</i> (Compere)
Yaprak galeri güvesi		Encyrtidae	<i>Metaphycus alberti</i> Howard
Avrupa mısır kurdu		Eulophidae	<i>Diglyphus isaea</i> Walker
			<i>Simpiesis viridula</i> Thomson

## Kenevir Zararlıları ile Entegre Mücadele

## Çizelge 2'nin devamı

Tırtıllar ve böcek larvaları		Ichneumonidae	<i>Scambus pterophori</i> Ashmed
Çekirgeler		Mymaridae	<i>Anagrus atomus</i> (L.)
Bazı böcekler	Hymenoptera		<i>Anaphes iole</i> Girault
Mısır kurdu, Tomurcuk kurtları ve diğer tırtıl ve yumurtalar		Trichogrammatidae	<i>Trichogramma pretiosum</i> Riley
Pis kokulu yeşil böcek		Scelionidae	<i>Trissolcus basalis</i> Wollaston
Avrupa mısır kurtları yumurtaları	Lepidoptera	Pyralidae	<i>Trichogramma maidis</i> Pint
Afitler, Arılar, Sinekler ve Çekirgeler	Mantodea	Mantidae	<i>Mantis religiosa</i> Linnaeus, <i>Stagmomantis carolinensis</i> (Gers.)
			<i>Neoseiulus (Amblyseius) fallacis</i> Garman
			, <i>Neoseiulus californicus</i> McGregor, <i>Neoseiulus cucumeris</i> Oudemans, <i>Neoseiulus (Amblyseius) barkeri</i> Hughes, <i>Galendromus (Typhlodromus) pyri</i> (Nesbitt), <i>Galendromus (=Typhlodromus, =Metaseiulus) occidentalis</i> (Nesbitt)
			, <i>Mesoseiulus (Phytoseiulus) longipes</i> Evans, <i>Phytoseiidae persimilis</i> Athias-Henriot
Akarlar	Mesostigmata	Phytoseiidae	
			<i>Euseius hibisci</i> (Chant)
Tripsler			
Mantar Sinekleri		Laelapidae	<i>Hypoaspis miles</i> (Berlese), <i>Hypoaspis aculeifer</i> Canestrini
Afitler, tripsler, beyazsinekler, akarlar ve bazı böcek larvaları			<i>Chrysopa oculata</i> Say, <i>Chrysoperla (Chrysopa) carnea</i> (Stephens)
Yaprak böcekleri, Küçük böcekler ve avrupa mısır kurdu	Neuroptera	Chrysopidae	<i>Chrysoperla comanche</i> Banks., <i>Chrysoperla (Chrysopa) rufilabris</i> Burmeister
Tırtıllar ve afitler	Opiliones	Phalangiidae	<i>Phalangium opilio</i> Linnaeus
Karıncalar	Trombidiformes	Pyemotidae	<i>Pyemotes tritici</i> (L.-F. & M.)
Tripsler	Tysanoptera	Aeolothripidae	<i>Aeolothrips intermedius</i> Bagnall

Kenevir mahsullerinde, en önemli ekonomik zararlılar; Avrupa mısır kurdu [*Ostrinia nubilalis* (Hubner)] ve Avrasya kenevir güvesi [*Grapholita delineana* (Walker)]'dir (McPartland ve ark., 2000). Ayrıca önemli zararlılar arasında yeşilkurt (*Helicoverpa armigera* Hübner), Mısır yuvarlak kurdu (*Helicoverpa zea* Boddie), yaprak bitleri (*Phorodon cannabis* Passerini, *Myzus persicae* Sulzer, *Aphis fabae* Scopoli), beyaz sinekler (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood, *Bemisia* spp.), unlubit ve akarlar da yer almaktadır (McPartland, 1996; McPartland ve ark., 2000; Quarles, 2018; Anonymous, 2019a; Anonymous, 2019c).

Kenevirdeki zararlı böcek türlerinin popülasyon dinamikleri ve çevre ile ilişkilerini dikkate alarak, uygun olan tüm mücadele yöntem ve tekniklerini uyumlu bir şekilde kullanarak, zararlıların popülasyon yoğunluklarının ekonomik zarar seviyesinin altında tutulması gerekmektedir. Bu amaçla bu çalışmada dünyada ve ülkemizdeki literatürler taranarak muhtemel önemli bazı kenevir zararlıları ile entegre mücadele yaklaşımları araştırılmıştır.

## Önemli Bazı Kenevir Zararlıları

Avrupa Mısır Kurdu [*Ostrinia nubilalis* (Hübner) (Lepidoptera: Crambidae)]

## Tanımı, Yaşayışı ve Zararı

Avrupa mısır kurdu endüstriyel kenevirin en önemli zararlılarından birisidir. Mısırkurdu keleklerinin dişilerinin başı krem-sarı, erkeklerinin başı ise kahverengimsidir. Avrupa Mısır Kurdu kelekleri oldukça küçüktür, erkeklerde kanat açıklığı 20 ila 26 mm, dişiler ise 25 ila 34 mm'dir. Avrupa mısır kurdu, kışı, yaz sonlarında sonbahar başlarında beslendiği bitki artıkları içinde olgun larva döneminde geçirmekte ve koşullar uygun olduğunda ilkbaharda toprakta pupa olmaktadır. Genel olarak mayıs ayının ortasından hazirana kadar ergin olarak görülmektedir. Daha sonra erginler çoğunlukla konukçu bitki yapraklarının alt yüzeylerine ortalama 15-20'lik düzensiz kümeler halinde yumurta bırakırlar. Bir dişi yaşamı boyunca genellikle 400 ila 600 yumurta bırakmaktadır. Avrupa mısır kurdunun larvaları açık kahverengi veya krem renklidir. Larvalar genellikle mayıs ayının ikinci yarısında

görölmeye başlanmaktadır. Larvalar üç hafta kadar sap ve daha büyük çaplı gövdelerde geliştikten sonra pupalar meydana gelmektedir (Hill, 1987)

### Zarar şekli

Avrupa mısır kurdu larvaları, mısırı daha fazla tercih etmesine rağmen, kenevir de dahil olmak üzere diğer bitkilerde de zarar oluşturabilmektedir. Avrupa Mısır kurdu, mısırın ekildiği bölgelerin yakınlarındaki kenevir yetiştiriciliğinde potansiyel bir problem olabilmektedir. İlk dönem larvaları genellikle yaprak damarlarında bulunmaktadır, burada bir iki gün beslendikten sonra larvalar küçük dallara taşınmaktadır. Larvalar daha sonra, kenevir saplarına, gövde içerisine, kenevir tohumlarına ve erkek organlarına yayılmaktadırlar. Mısır kurdu larvaları, bitkinin yaprak, gövde, dal ve erkek organlarında delik ve galeriler açıp beslenmek suretiyle bitkinin zayıf düşmesine neden olmaktadır (Nagy, 1959; Anonymous, 2019a). Gerek boğumlardan ve gerekse sap kırılmasından dolayı kenevir sapının verim potansiyeli düşmekte ve üründe azalma meydana gelmektedir. Ayrıca bitkide açılan deliklerden içeri giren bazı fungal hastalık etmenleri kenevir tohumlarının enfekte ederek, mikotoksin oluşumuna ve kalitenin düşmesine neden olmaktadır (Bradley, 2000; Tiwari ve ark., 2009).

### Mücadele yöntemleri

#### Kültürel ve mekanik mücadele

Mekanik mücadele hasat zamanında başlayıp mayıs ayına kadar yapılabilir. Çünkü larvalar kışı tarlada kalan sap artıkları içinde geçirmektedirler. Kelebek çıkışı başlamadan, nisan ve mayıs ayından önce, tarlada kalan bitki artıkları parçalanıp imha edilmeli veya tarla derin sürülerek bitki artıklarındaki kışlayan larvalar derine gömülmek suretiyle ergin çıkışları önlenmektedir. Kenevirde ilkbaharda geç ekim önerilmektedir. Kırmızı yonca ile ürün rotasyonu yapılması uygun görülmektedir. Uygun nem seviyelerini ayarlamaya dikkat edilmelidir. Zararlı için elle toplama ve mekanik ışık tuzakları önerilmektedir. Grigoryev (1998); zararlıın zarar verme seviyesinin, seyrek dikimde (hektar başına 500.000 bitki) yoğun dikime (hektar başına 4-5 milyon bitki) göre daha az olduğunu belirtmiştir. Phelan ve ark. (1996); organik olarak yönetilen topraklarda ekilen mahsullerin, geleneksel gübrelerle ekilen mahsullere göre daha az zararlıya sahip olduğunu belirtmişlerdir. Mısır tarlalarının bulunduğu yerlerde kenevir yetiştirmemeye dikkat edilmelidir. Sera yetiştiriciliğinde perde kullanılmalı ve geceleri ışığa gelen güveleri kaçırmak için ışıklar söndürülmelidir.

#### Biyolojik mücadele

Avrupa mısır kurtları, *Bacillus thuringiensis*, farklı *Trichogramma* türleri ve uğur böceği gibi faydalı böceklerle kontrol edilebilmektedir (Olkowski ve ark., 1991; 2013). Aynı zamanda, bazı araştırmacılar, entomopatojen fungus *Beauveria bassiana*'nın Avrupa mısır kurdunun ilk larva evresi için öldürücü olduğunu belirlemişlerdir (Feng ve ark., 1985). Mısırkurdu'na karşı yumurta parazitoidi olan *Trichogramma* türlerinin üretim ve salımı yapılarak başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Yepsen, 1976; Coşkuntuncel ve Kornoşor, 1996; Öztemiz, 2006). *Pseudomonas aeruginosa* ve *B. thuringiensis* subsp. *tenebrionis* izolatlarının *O. nubilalis* (Hübner)'e karşı alternatif bir mücadele olabileceği bildirilmektedir (Seçil ve ark., 2011). Kepenekci ve Evlice (2009); yapmış oldukları çalışmada, laboratuvar koşullarında *Steinernema feltia* entomopatojen nematodunun *O. nubilalis* (Hübner)'e karşı mücadele perspektifli olacağını belirtmiştir.

#### Biyoteknik mücadele

Böcek kısırlaştırma tekniği ile *O. nubilalis* (Hübner)'e karşı gama, mikrodalga ve UV radyasyonunun farklı dozlarıyla yapılan çalışmalarda, radyasyon dozlarındaki artışa bağlı olarak erginler arasında dimorfizm, kısırlık ve ölüm oranlarının yükseldiği, yumurta veriminin düştüğü ve F1 döllerine

kısırlık aktarımı gibi verilerde önemli oranda yükselişlerin olduğunu belirlemişlerdir (Aksoy ve ark., 2014).

### **Kimyasal mücadele**

Yaprakta beslenen Avrupa mısır kurtları dallara girdiklerinde bitki yüzeylerine püskürtülen ilaçların onları etkilemesi zorlaşacaktır. Bu nedenle Avrupa mısır kurtları ile mücadele de koruyuculuk önemli olduğundan mücadele zamanının tespiti önemlidir. Işık tuzakları ile ergin çıkışları takip edilerek kimyasal mücadeleye karar verilmelidir.

### **Avrasya Kenevir Kurdu [*Grapholita delineana* (Walker) (Lepidoptera: Tortricidae)]**

#### **Tanımı, Yaşayışı ve Zararı**

Avrasya kenevir kurdu, kenevirin diğer en önemli zararlısı olan Avrupa mısır kurdu'ndan yaklaşık olarak 20 mm daha küçüktür. Bu zararlının kenevir kökündeki zararı, Avrupa mısır kurdu'nun zararı ile benzerlik gösterirken, çiçekteki zararı Avrupa mısır kurduna göre çok daha fazladır (McPartland ve ark., 2000). Her larva yaklaşık 16 kenevir tohumu tüketmekte ve yaklaşık 40 adet larva, 10 günde 1 adet kenevir fidesini öldürebilmektedir (McPartland, 1996; McPartland ve ark., 2000). Zararlı kışı olgun larva döneminde geçirmekte ve ilkbahara geçiş döneminde kenevir sapsı içerisinde pupa olmaktadır (Shutova ve Strygina, 1969). Erginler ilkbaharın ortasında çıkmakta ve 2 döl vermektedir. Dişiler kenevir bitkilerinin yaprak ve sapsılarına birkaç haftada 300-400 yumurta bırakabilmektedir. Yumurtadan çıkan larvalar, başlangıçta yaprakların alt tarafında beslenirken sonraları bitkinin üst kısımlarına doğru ilerleyerek, bu bölgelerde delme zararı sonrasında galeriler oluşturmaktadır. Aynı zamanda larvalar, gövde ve sapsılarda bodurlaşma ve bozulma, ürün verimini azaltma gibi zararlar meydana getirebilmektedir.

### **Mücadele yöntemleri**

#### **Kültürel mücadele**

Hasat artıklarını temizleme ve sonbaharda derin dikim yapma, larvaların kışlayan popülasyonunu önemli ölçüde azaltmaktadır. İlkbaharda erginler ortaya çıkmadan önce saptaki böceği öldürecek şekilde yabancı otların yok edilmesi gerekmektedir. Ürün hasatının erken yapılması önerilmektedir. Olgun larvalar atık sapsı üzerinde yaşamını devam ettirebildiklerinden, bu atık sapsı enfekte olmayan bölgelere taşınmamalıdır. Bodur yetiştirme kenevir kurdu zararını azaltabilmektedir (Smith ve Haney, 1973).

#### **Biyolojik mücadele**

Smith ve Haney (1973), yapmış oldukları çalışmada; *Lixophaga variabilis* Say ve *Macrocentrus delicatus* türlerinin, Avrasya kenevir kurdunun larvalarını %75 oranında kontrol ettiğini belirtmişlerdir. Peteanu (1980), bir sezonda dört kez; ayda 80.000, 100.000 veya 120.000 *Trichogramma evanescens* Westwood salımını gerçekleştirmiş ve zararlıya karşı etkili olduğunu bildirmiştir. Bako ve Nitri (1977), *Bacillus thuringiensis* uygulamaları ile genç kenevir kurtlarının başarıyla kontrol edilebildiğini belirtmişlerdir. Aynı araştırmacılar, *Podisus maculiventris* Say'ın yaprak gölgeliklerinde beslenen genç kenevir kurtlarını avladıklarını gözlemlemişlerdir.

#### **Biyoteknik mücadele**

Nagy (1979), erkek Avrasya kenevir kurduna karşı feromon tuzaklarını kullanmıştır.

#### **Kimyasal mücadele**

Kimyasal ilaçlama, kenevir kurtları sapsılarda zarar oluşturmaya başlamadan önce yapılmalıdır. Sap içerisine girdikten sonra yapılan uygulama zararlıyı etkilememektedir. Nagy (1979), *G. delineana*



Walker'ın istila ettiği alanlarda "kenar etkisi" tanımlamıştır. Zayıf uçan dişiler kenevir alanını hızlıca keşfettikten sonra yumurtalarını bırakacak yer aramaktadırlar. Bu dişiler genellikle kenevir alanının çevresindeki 3 m'lik alanları tercih etmektedir. Bu nedenle bu alanlarda geç kalınmadan kimyasal mücadele yapılmalıdır. Işık tuzakları ve gözlemeleme, zararlı ile mücadelede önemli olabilmektedir.

**Kenevir Pireleri [*Psylliodes attenuata* Koch, *P. punctulata* Melsh, *Phyllotreta pusilla* Horn, *P. nemorum* Linnaeus ve *Systema blanda* Melsheime (Coleoptera: Chrysomelidae)]**

#### **Tanımı, Yaşayışı ve Zararı**

Pireler kenevirdeki en yaygın küçük böcekler arasında yer almaktadırlar. Türlerine göre değişmekle birlikte, genellikle 1.5-3.5 mm boyundadırlar. Üst kanatlar üzerinde uzunlamasına çizgiler ve noktalar bulunmaktadır. Çeşitli bitki artıkları altında ve toprak çatlaklarında kışlayan erginler, ilkbaharda yabancı otlarda beslenmeye başlamakta ve sonra kenevir bitkilerine geçmektedirler. Ergin böceklerin arka bacakları büyüktür ve rahatsız edildiklerinde zıplamaktadırlar. Erginler, nisan ayında çiftleşmekte ve bir dişi hayatı boyunca toplam 55 yumurta bırakmaktadır (Angelova, 1968). Yumurtalar soluk sarı renkte olup, toprak hattına yakın bitki kökleri etrafına tek tek veya küçük gruplar halinde bulunmaktadır. Larvalar genellikle kenevir bitkisinin köklerinin 4-8 cm derinliklerindeki kambiyum tabakası ile beslenmektedirler, köklerde uzunlamasına veya kıvrımlı galeriler yapmaktadırlar. Pireler toprak içinde açtıkları hücrelerde pupa olduktan kısa süre sonra ergin hale gelmektedirler. Erginlerin pupalardan ortaya çıkışı, haziran sonundan eylül ayına kadar sürmektedir. Pireler yaprak, çiçek ve olgunlaşmamış tohumlarla beslenmektedirler (Silantsev, 1897). Genellikle 1 veya 2 döl vermektedirler. Pirelerin hem erginleri hem de larvaları zarar oluşturmaktadır. Zararı yaprak damarları arasında oluşan küçük, yuvarlak ve düzensiz delikler şeklindedir. Yoğun popülasyonlarda bitkilerin yaprakları tamamen yok edebilmektedirler.

#### **Mücadele Yöntemleri**

##### **Kültürel ve mekanik mücadele**

Etraftaki bitki atıklarının temizlenmesi, derin toprak işlemesi, özellikle ısırgan otları ve diğer yabancı otların temizliği yapılmalıdır. Gübreleme ve sulama gibi işlemler tavsiyelere uygun bir şekilde yapılarak bitkilerin sağlıklı gelişmesi sağlanmalıdır. Erken tohum ekme yönteminin uygulanması, bir önceki yılın kenevir mahsullerinden en az 0.5-1 km uzağa ekim yapılması ve beyaz yapışkan tuzak yönteminin kullanılması zararlının zarar derecesi azalabilecektir. Ayrıca pireler parlak güneş ışığını tercih ettiğinden, kısmi gölge bulunan yerlere kenevir dikimi yapılması zarar derecesini azaltabilecektir.

##### **Biyolojik mücadele**

*Steirneria riobravisa*, *Steirneria carpocapsae* ve *Heterorhabditis bacteriophora* gibi entomopatojen nematodlar zararlı mücadelesinde kullanılabilirler. *Basillus papilliae*, kökte beslenen larvaya karşı kullanılmaktadır. Zararlılara karşı *Microcronus psyllioidis* ve *Microcronus punctulatus* ticari olarak satılan mikrobiyal mücadele etmenleridir (McPartland ve ark., 2000).

##### **Kimyasal mücadele**

İlaçlama uygulaması sakin bir havada ve günün erken saatlerinde veya akşam serinliğinde yapılmalıdır. Bitkinin her tarafının ve ayrıca toprak yüzeyinin ilaçlanmasına dikkat etmek zararlıyı öldürmek için daha faydalı olacaktır.

**Kenevirde Zararlı Olan Yaprak Bitleri [*Mysus persicae* Sulzer, *Aphis fabae* Scopoli, *Phorodon cannabis* Passerini, *P. humuli* Schrank ve *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae)]**

Yaprak bitleri yaprakların alt kısmında toplanmakta ve bitki özsuğunu emerek zarar oluşturmaktadırlar. Yaprakta sararma, solma ve giderek kurumalar meydana getirmektedirler. Yaprak

bitleri aynı zamanda, yaprakları kıvrarak şekil bozukluğu yaratma, kırmızı lekeler oluşturmakta ve bitkinin odun bölümünde urlar meydana getirmektedirler (Kirchner, 1906). Bazı Yaprak bitleri oldukça yaşlı ve alt yaprakları tercih ederken (örneğin, *Myzus persicae* Sulzer), bazıları daha genç ve üst kısımlardaki yaprakları tercih etmektedirler (örneğin, *A. fabae* Scopoli). Bazı Yaprak bitleri türleri ise çiçek tepelerine bile ulaşabilmektedirler (örneğin, *Phorodon humuli* Schrank, *Phorodon cannabis* Passerini). Yaprak bitleri yoğunluğunun yüksek olması halinde; çiçeklerin açılması engellenmekte, çiçekte erken kurumalar ve dökülmeler meydana gelmektedir. Yaprak bitleri fumajin oluşturarak ürünün kalite ve kantitesinde kayıplar meydana getirmektedir (Parker, 1913). Ayrıca mantar, bakteri ve özellikle de virüslere vektörlük yaparak kenevirde zarar oluşturmaktadırlar (Kennedy ve ark., 1959).

### Yaprak bitleri mücadele yöntemleri

#### Kültürel mücadele

Hasattan sonra toprak üstünde kalan bitki sapları ve yabancı otlar imha edilmelidir. Seralarda havalandırma iyi bir şekilde yapılmalıdır.

#### Biyolojik mücadele

Yaprak bitleri, biyolojik kontrol organizmalarıyla neredeyse yok edilebilir. Yerleşmiş yaprak biti istilasını kontrol etmek için predatörler, parazitoidlerden daha iyi çalışmaktadırlar. Parker (1913), Campbell ve Cone (1994); birçok doğal yaprak biti predatörlerini listelemişlerdir. *Chrysoperla carnea* (Stephens), *Hippodamia convergens* (Guerin- Meneville), *Adolia bipunctata* L. ve *Aphidoletes aphidimyza* Rondani ticari olarak elde edilebilmektedir ayrıca. *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant, *Rodolia cardinalis* Mulsant, *Stethorus picipes* Casey ve *Orius* türleri diğer önemli yaprak biti predatörleridir. Önemli parazitoitleri *Aphidius matricariae* Haliday ve *Aphelinus abdominalis* Dalman'dır. Entomopatojen funguslar da (*Verticillium lecanii*, *Metarhizium anisopliae*, *Entomophthora exitialis*, *Erynia neoaphidis*, *Beauveria bassiana* ve *Beauveria globulifera*) yaprak bitlerinin biyolojik kontrolü için etkili bir şekilde kullanılmaktadır.

#### Biyoteknik mücadele

Lösel ve ark. (1996), *Prunus* ve *Humulus* bitkilerinden damıtılan uçucu yağların bir karışımı ile tuzak yapmışlar ve başarılı olmuşlardır. Nepetalaktol gibi seks feromonları yaprak bitlerinde başarılı bulunmuştur (Lösel ve ark., 1996). Alarm feromonları yaprak bitlerinin beslenmeyi durdurmasına ve bitkiler arasında dağılmasına neden olmaktadır.

#### Kimyasal mücadele

Küçük yapraklı bitkilerde yaprak başına 10 adet, büyük yapraklı bitkilerde 20 adet ve daha fazla yaprakbiti olduğunda ilaçlı mücadele yapılmaktadır.

#### Thripsler [*Thrips tabaci* Lind ve *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae)]

*Thrips tabaci* Lind Ergin dişi, 0.8-1.0 mm boyunda, sarıdan koyu kahverengiye kadar değişen renktedir. Ön kanatlarının ön damarlarındaki kıllarda aralıklı diziliş vardır. *Frankliniella occidentalis* Pergande'in ergin dişisi, ortalama 1.5 mm boyundadır. Dişilerde renk açık sarıdan koyu kahverengiye kadar değişmektedir. Ön kanatlarının ön damarlarındaki kıllarda sürekli diziliş vardır. Thripsler, kenevir yaprakların yüzey hücrelerini delerek ve hücre içeriğini emerek beslenmektedir. Bu besleme alanında yaralar oluşur. Thrips popülasyonları yüksek seviyelerde olursa, kümülatif yaralanmalar geniş yaprak izlerinin oluşmasına neden olabilir. Tripsler; yumurta, iki larva dönemi, pupa öncesi ve pupa dönemi ve ergin dönemi olarak 6 dönemi bulunmaktadır. Tripsler, yaprak yüzeyindeki hücreleri emerek ve delerek bitkiye zarar vermektedir. Bu yapraklar üzerinde gümüş-gri ve koyu yeşilli (dışkılar) noktaların

oluşmasına neden olmaktadır. Yüksek enfeksiyonda yaprak yapısı bozulabilmektedir. Tripsler, ayrıca önemli bir virüs taşıyıcısıdır.

## Mücadele Yöntemleri

### Kültürel mücadele

Zararlı ile bulaşık bitki artıkları imha edilmelidir. Toprak işlemesi ve yabancıot mücadelesi yapılmalıdır. Su stresi altındaki bitkiler, zarar verme riskine karşı özellikle hassastır. Yaz sonunda kuruyan bitkiler sulanmalıdır. Aynı zamanda mavi ve pembe yapışkan tuzaklardan yararlanılmalıdır.

### Biyolojik mücadele

Zararlıya karşı *Neosciulus cucumeris* Oudemans, *Neosciulus barkeri* Hughes, *Euseus hibisci* (Chant), *Deraeocoris brevis* Uhler, *Orius* spp., *Aeolothrips intermedius* Bagnall, *Franklinothrips vespiformis* Crawford, *Chrysopa carnea* (Stephens), *Coccinella undecpata*, *Thripobius semiluteus* ve *Ceranisus menes* gibi doğal düşmanlar bulunmaktadır. Bunların yanında; *Heterorhabditis bacteriophora*, *Steinernema riobravis* *Metarhizium anisopliae* ve *Verticillium lecanii* gibi entomopatogenler de bulunmaktadır (Cloyd ve ark., 1998).

### Kimyasal mücadele

Tripslerin kimyasal mücadelesi yaprak başına gerekli populasyon yoğunluğuna ulaştığında en aktif olduğu gün ortasında uygulama yapılması önerilmektedir. Ayrıca yaprakların alt kısımlarına uygulama yapıldığından emin olunmalıdır.

## Kenevirde Zararlı Akarlar [*Tetranychus urticae* Koch ve *T. cinnabarinus* Boisduval (Acari: Tetranychidae)]

### Tanımı, Yaşayışı ve Zararı

Akarlar kenevir yetiştirme alanlarındaki en önemli zararlılardır (Doctor, 1986). Genellikle 0.5 mm'den küçük olup çıplak gözle zor görülmektedirler. Vücutları yumurta veya armut şeklindedir. Ergin dişiler hayatları boyunca, beslendikleri yaprakların alt yüzeylerine tek tek veya kümeler halinde 100-200 yumurta bırakmaktadırlar. Yumurtadan çıktıktan sonra sırasıyla bir larva ve iki nimf dönemi (protonimf ve deutonimf) geçirerek ergin olmaktadır. Larvaları 3 çift, nimf ve ergin dönemleri ise 4 çift bacaklıdır. Yılda 10-21 döl vermektedirler. Akarlar, bitkileri sokup emme suretiyle yapraklarda sararma, kuruma ve dökülmeyle doğrudan zarar yaparken, klorofil tabakasına zarar vererek fotosentezin azalması ve virüs hastalıklarının nakliyle de dolaylı zarar meydana getirmektedirler (McPartland, 1999; McPartland ve ark., 2000).

Genellikle yaprakların altından beslenirler, ancak ağır istilalarda yaprakların her iki tarafında bulunabilirler. Üreme güçleri çok yüksek olduğundan dolayı kontrol edilmezse, mahsulü çok hızlı bir şekilde yok edebilmektedirler. Akarların yapraklardaki yoğunluğu haziran ayından itibaren artmaya başlamakta, temmuz-ağustos aylarında en yüksek seviyeye ulaşmakta ve daha sonra giderek azalmaktadır. Mevsimin sıcak ve kuru olması akarların hızla artışına, yağışlar ise popülasyonun azalmasına neden olmaktadır. Kenevirde belirtilen diğer örümcek akarlar arasında *Eutetranychus orientalis*, *Brevipalpus obovatus*, *B. rugulosus* ve *Typhlodromus cannabis*, *Aculops cannabicola* sayılabilir (McPartland ve ark., 2000).

## Mücadele Yöntemleri

### Kültürel mücadele

Hasattan sonra bitki artıkları tarla ve seradan uzaklaştırılmalıdır. Kenevir serasının en az 3 m etrafında yabancı ot bulunmamalıdır. Gereğinden fazla azotlu gübreler kullanılmamalıdır. Toprak

işlemesi yapılarak akarların kışladıkları bitki artıkları toprağa gömülmelidir. Akarlara karşı dirençli kenevir bitkileri tercih edilmelidir.

### **Biyolojik mücadele**

Predatör akar ve böcekler zararlı akarların tüm dönemlerine saldırarak onları baskı altında tutabilmektedirler. Biyolojik kontrol, akar popülasyonları yoğunlaşmadan önce ve kenevirde çiçeklenme başlamadan önce yapılmalıdır. Fotoperyot günde 12 saatin altına düştükten sonra biyolojik kontrolde başarılı olmak neredeyse imkansızdır (McPartland ve ark., 2000). Üç biokontrol ajanının (*Phytoseilus persimilis*, *Neoseiulus californicus* ve *Mesoseiulus longipes*) karışımı ile kenevir serasında başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca *Stethorus picipes*, *Feltiella acarisuga*, *Chrysoperla carnea* (Stephens), *Macrolophus mliginosus* Wagner, *Deraeocoris brevis* Uhler, *Orius* spp., *Aeolothrips intermedius* Bagnall gibi doğal düşmanları da bulunmaktadır. Bunun yanında akarlara karşı entomopatojen funguslardan *Neozygites floridana* ve *Hirsutella thompsonii* da kullanılmıştır (McPartland ve ark., 2000).

### **Kimyasal mücadele**

Yoğun popülasyonlarda kimyasallar kullanmak gereklidir. Tüm uygulamalar yaprakların alt kısmına doğru yapılmalıdır. Akar yumurtalarının pek çoğu kimyasal madde uygulamasından zarar görmediğinden uygulamayı bir hafta sonra tekrarlamak gereklidir. Seralarda veya kenevir yetiştirme alanlarında her hasattan sonra, tüm duvarları, yerleri, tavanları ve ekipmanları (saksılar, aletler vb.) da ilaçlamak gereklidir.

### **Kenevirde Görülen Hayvansal Zararlılar**

#### **Sümüklü böcek ve salyangoz**

Sümüklü böcek ve salyangoz gibi yumuşakçalar, nemli ve soğuk bölgelerdeki fidelerde çok fazla hasara neden olabilmektedirler. Bu zararlılar, endüstriyel kenevir bitkisinin yapraklarını ve başlarını yemektedirler. Sümüklü böcekler, fideleri ve eski bitkilerin yapraklarını kesmektedirler.

#### **Kuşlar**

Kenevir tohumu üreten çiftçilerin en büyük korkusu kuş zararıdır (Aytaç ve ark., 2018). Göçmen kuşlar yiyecek kaynağı, su ve korunaklı bir yer aramaktadırlar. Bu özelliklere sahip olan kenevir tarlaları kuşları cezp etmektedir. Hasattaki kenevir tohumları, tohum başından dışarı çıktığından dolayı kuşlar için kolay beslenme kaynağı olmaktadır. Serçeler, güvercinler, sığırcıklar, kara kuşlar vb. gibi kuşlar kenevir ekinlerinde zararlı olabilmektedirler. Mücadelesinde, i kaçırmak için rüzgârlardan ses yapan, güneşte parlayan levhalar veya alana parlak renkli kumaşlar asılmalıdır. Yanardöner şeritler (rüzgarda titreyen ve sinir bozucu sesler çıkaran) tarlada kullanılmaktadır. Büyük baykuş gözlü sallanan helyumlu balonlar kullanılabilir. Aynı zamanda, kuşları korkutmak için havai fişekler atılabilmektedir (Clarke ve Diemenstraat, 1995). Münavebe ve hasadı erken yapmak gereklidir.

#### **Memeliler**

Memeliler kenevirin zarar görmesine neden olabilmektedir. Endüstriyel kenevir çiftçileri, ürünlerinin yaklaşık %7'sini tohumla beslenen kuşlar ve fidelerle beslenen geyiklerden dolayı kaybetmektedir (McPartland, 1999). Sığırlar, katırlar, eşekler ve atlar, kenevir çiçeklerinin tepelerinde beslenmektedirler (McPartland, 1999; McPartland ve ark., 2000). Kalacska ve ark. (2011) çalışmalarında, küçük bir keçi sürüsünün kenevir bitkilerinin tamamını 2 günden daha kısa sürede bitirebildiğini belirtmektedirler. Bazı araştırmacılar, kenevirle beslenen tavşanların (*Sylvilagus floridanus* Allen ve *Oryctolagus cuniculus* L.) olduğunu belirtmektedirler (Hartowicz ve Eaton, 1971; McPartland ve Rhode, 2005). Sorauer (1958), ekilen kenevir tohumlarında beslenen tarla farelerinin olduğunu

(*Microtus* sp. L. ve *Cricetus cricetus* L.) bildirmektedir. Alexander (1987) ve Lassen (1988), genç filizleri yiyen fare ve köstebeklerin olduğunu çalışmalarında belirtmektedirler.

## KAYNAKLAR

- Agrios G, 1997. Plant Pathology, 4th Ed. Academic Press, NY. 635 pp., San Diego.
- Aksoy HA, Bahadıroğlu C, Toroğlu S, 2014. Bazı Mısır Zararlılarına Karşı Radyasyon Kullanımının Değerlendirilmesi. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 2(2), 415-424.
- Alexander T, 1987. Rodent problems. Sinsemilla Tips 7(1): 9-10.
- Angelova R, 1968. Characteristics of the bionomics of the hemp flea beetle, *Psylliodes attenuatus* Koch. Rastenievudni Nauki, 5(8), 105-114.
- Anonim, 2019. Kenevir Yetiştiriciliği ve Kontrolü Hakkında Yönetmelik. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2016/09/20160929-3.htm> (Erişim tarihi: 22.08.2019)
- Anonymous, 2019a. Colorado State University hemp insect website. <https://hempinsects.agsci.colostate.edu/hemp-insects-text/> (Erişim tarihi: 11.08.2019)
- Anonymous, 2019b. University of Florida, Entomology and Nematology website. [http://entnemdept.ufl.edu/creatures/field/e\\_corn\\_borer.htm](http://entnemdept.ufl.edu/creatures/field/e_corn_borer.htm). (Erişim tarihi: 22.08.2019)
- Anonymous, 2019c. Michigan State University. Industrial hemp production in Michigan website. <https://www.canr.msu.edu/resources/industrial-hemp-production-in-michigan-e3402>. (Erişim tarihi: 10.08.2019)
- Aytaç S, Arslanoğlu ŞF, Ayan AK, 2018. Ziraat Bilimlerinde Güncel Akademik Çalışmalar-2018, Suçlu Olarak Bilinen Bitki: Kenevir, [https://www.researchgate.net/publication/330118009\\_Suclu\\_Olarak\\_Bilinen\\_Bitki\\_Kenevir](https://www.researchgate.net/publication/330118009_Suclu_Olarak_Bilinen_Bitki_Kenevir) (Erişim tarihi: 14.08.2019)
- Bako L, Nitri I, 1977. Pokusy s ochranou proti obal'ovaci konopnemu (*Grapholitha sinana* Feld). Len a Konopi. [Sumperk, Czech Rep] 15:13-31.
- Bakro F, Wielgusz K, Bunalski M, Jedryczka M, 2018. An overview of pathogen and insect threats to fibre and oilseed hemp (*Cannabis sativa* L.) and methods for their biocontrol. Welcome at the Faculty of Agriculture of the University of Zagreb!, 136, 9-20.
- Bradley JD, 2000. Checklist of Lepidoptera recorded from the British Isles, 1. Baskı, Antony Rowe Ltd, England.
- Doctor B, 1986. A closer look at spider mites. Sinsemilla Tips 6(2):31-33, 84.
- Campbell CA, Cone WW, 1994. Influence of predators on population development of *Phorodon humuli* (Homoptera: Aphididae) on hops. Environmental entomology, 23(6), 1391-1396.
- Clarke RC, Diemenstraat V, 1995. Hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivation in the Tai'an district of Shandong Province, Peoples Republic of China. Journal of the International Hemp Association, 2(2), 57-60.
- Cloyd RA, Brownbridge M, Sadof CS, 1998. Greenhouse biological control of western flower thrips. The IPM practitioner: the newsletter of integrated pest management (USA).
- Coşkuntuncel S, Kornoşor S, 1996. Çukurova'da Mısır kurdu (*Ostrinia nubilalis* Hübner Lepidoptera: Pyralidae)'nun Biyolojik Mücadelesinde Yumurta Parazitoidi (*Trichogramma evanescens* Westwood Hymenoptera: Trichogrammatidae)'nin Kitle Salm Etkinliği ile Doğal Parazitlenme Oranının Saptanması. Türkiye III. Entomoloji Kongresi, 24-28.
- Feng Z, Carruthers RI, Roberts DW, Robson DS, 1985. Age-specific dose-mortality effects of *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) on the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae). Journal of Invertebrate Pathology, 46(3), 259-264.
- Gedik G, Avinç OO, Yavaş A, 2010. Kenevir lifinin özellikleri ve tekstil endüstrisinde kullanımıyla sağladığı avantajlar. Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi, 4(3), 39-48.
- Grabowska L, Rębarz M, Chudy M, 2009. Breeding and cultivation of industrial hemp in Poland. Institute of Natural Fibres and Medicinal Plants, Poznan, vol. 55. No. 3.
- Grigoryev SV, 1998. Survey of the VIR Cannabis collection: resistance of accessions to corn stem borer (*Ostrinia nubilalis* Hb.). J. International Hemp Association, 5(2), 72-74.



- Hartowicz LE, Eaton BJ, 1971. Reducing the impact of wild hemp control on farm game. In North Central Weed Control Conference, Proceedings (Vol. 26, p. 70).
- Hill DS, 1987. Agricultural insect pests of temperate regions and their control. CUP Archive.
- Hill DS, 2008. Pests of crops in warmer climates and their control. Springer Science & Business Media.
- Kalacska M, Arroyo-Mora P, Snirer E, Parent R, 2011. Review of cannabis properties and experiments for its biological control. World Wide Weed: Global Trends in Cannabis Cultivation and Its Control, 215.
- Kennedy JS, Booth CO, Kershaw WJS, 1959. Host Finding By Aphids in The Field: *Aphis Fabae* Scop.(Gynoparae) And *Brevicoryne Brassicae* L.; with A Re-Appraisal Of The Role of Host-Finding Behaviour in Virus Spread. *Annals of Applied Biology*, 47(3), 424-444.
- Kepekci İ, Evlice E, 2009. *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae)'nin İki İrkinin Laboratuvar Koşullarında *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) ve *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Crambidae) Larvaları Üzerindeki Etkileri, Türkiye III. Bitki Koruma Kongresi Bildirileri, Özet, 15-18 Temmuz, Van.
- Kirchner O, 1906. Hanf, *Cannabis sativa* L. pp. 319-323 in *Die Krankheiten und Befehadigungen uherer landwirtschaftlichen Kulturpflanzen*. E. Ulmer, Stuttgart. 637 pp.
- Lassen G, 1988. The great outdoors. *Sinsemilla Tips* 8(1):43-48
- Lösel PM, Lindemann M, Scherkenbeck J, Campbell CA, Hardie J, Pickett JA, Wadhams LJ, 1996. Effect of primary-host kairomones on the attractiveness of the hop-aphid sex pheromone to *Phorodon humuli* males and gynoparae. In *Proceedings of the 9th International Symposium on Insect-Plant Relationships* (pp. 79-82). Springer, Dordrecht.
- McPartland JM, Rhode B, 2005. New hemp diseases and pests in New Zealand. *Journal of Industrial Hemp*, 10(1), 99-108.
- McPartland JM, 1996. Cannabis pests. *Journal of the International Hemp Association*, 3(2), 49-52.
- McPartland JM, 1999. A Survey of Hemp Diseases and Pests, in *Advances in hemp research*, edited by P. Ranalli. New York, NY: Food Productions Press, 109-32.
- McPartland JM, 2000. Biological Control of Hemp Diseases and Pests. Paper presented at the Third International Symposium: Bioresource Hemp. Wolfsburg (Germany), 13-16th September, 2000.
- McPartland JM, 2002. Epidemiology of the Hemp Borer, *Grapholita delineaana* Walker (Lepidoptera: Oleuthreutidae), a Pest of *Cannabis sativa* L. *Journal of Industrial Hemp*, 7(1), 25-42.
- McPartland JM, Clarke RC, Watson DP, 2000. *Hemp Diseases and Pests: Management and Biological Control. An Advanced Treatise*. CABI, New York. 251 pp. DOI:[10.1079/9780851994543.0000](https://doi.org/10.1079/9780851994543.0000)
- Nagy B, 1959. Kukoricamoly okozta elváltóságok és károsítási formák kenderen. *Különlenyomat a Kísérletügyi Közlemények (Növénytermesztés)* 52(4):49-66.
- Nagy B, 1979. Different aspects of flight activity of the hemp moth, *Grapholitha delineaana* Walk. related to the integrated control. *Acta Phytopathologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 14(3/4), 481-488.
- Olkowski W, Daarand S, Olkowski H, 1991. *Common Sense Pest Control*. Taunton Press, Newtown, CT. 721 pp.
- Olkowski W, Daarand S, Olkowski H, 2013. *Gardener's Guide to Common Sense Pest Control*. ed. S. Ash. Taunton Press, Newtown, CT. 391 pp
- Öztemiz S, 2006. Mısırkurdu ve Biyolojik Mücadelesi. *Ticaret Borsası Yayınları*, Konya, 23, 52-57.
- Parker WB, 1913. hop aphid in the Pacific region. *USDA Entomology Bulletin* 111:9-39
- Peteanu S, 1980. Contributii la studiul combaterii biologice si integrate a moliei cinepii (*Grapholita decineaana* Walker). *Productia vegetala; cereale si plante tehnice*. 32(2):39-43
- Phelan PL, Norris KH, Mason JF, 1996. Soil-management history and host preference by *Ostrinia nubilalis*: evidence for plant mineral balance mediating insect-plant interactions. *Environmental Entomology*, 25(6), 1329-1336.
- Pimentel D, McLaughlin L, Zepp A, Lakitan B, Kraus T, Kleinman P, Vancini F, Roach WJ, Graap E, Keeton WS, Selig G, 1993. Environmental and economic impacts of reducing US agricultural pesticide use. In *The Pesticide Question* (pp. 223-278). Springer, Boston, MA.

- Quarles W, 2018. IPM for Cannabis Pests. The IPM practitioner monitoring the field of pest management Volume XXXVI, Number 5/6. Available from URL: <https://www.birc.org/IPMPCannabis.pdf> (Erişim tarihi:11.08.2019)
- Schultes RE, Klein WM, Plowman T, Lockwood TE, 1974. Cannabis: an example of taxonomic neglect. Botanical Museum Leaflets, Harvard University, 23(9), 337-367.
- Seçil ES, Sevim A, Demirbağ Z, Demir İ, 2011. Ostrinia nubilalis (Lepidoptera: Pyralidae)'ten Entomopatojen Bakterilerin İzolasyonu ve Karakterizasyonu, Türkiye IV. Bitki Koruma Kongresi Bildirileri, 28-30 Haziran, Özet, Kahramanmaraş.
- Shutova NN, Strygina SP, 1969. The hemp moth. Zashchita Rasteniı, 14(11), 49-50.
- Silantsev A, 1897. Results investigations of the Hip (Hop, Flax) and Beet Flea. Ministry Agriculture and Government Estates, St. Petersburg 7 pp.
- Smith GE, Haney A, 1973. Grapholitha tristrigana (Clemens)(Lepidoptera: Tortricidae) on naturalized hemp (Cannabis sativa L.) in east-central Illinois. Transactions of the Illinois State Academy of Science.
- Sorauer P, 1958. Manual of plant pathology. Vol V. Animal pests of useful plants. Part 2, No. 5. Vertebrata.
- Tiwari S, Youngman RR, Laub CA, Brewster CC, Jordan TA, Teutsch C, 2009. European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) infestation level and plant growth stage on whole-plant corn yield grown for silage in Virginia. Journal of economic entomology, 102(6), 2146-2153.
- Tüik, 2018. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr;10.08.2019> (Erişim tarihi:21.08.2019)
- Yepsen RB, 1976. Organic plant protection. Rodale Press, Inc. Emmaus, PA. 688 pp.

## Kenevirde Görülen Hastalıklara Genel Bir Bakış

Mehmet Ali ŞEVİK<sup>1\*</sup>

**ÖZET:** *Cannabis sativa* türünün bir varyetesi olan endüstriyel kenevir (*Cannabis sativa* ssp. *vulgaris* L.), kültürü yapılan önemli bir endüstri bitkisidir. Endüstriyel kenevir insanlık tarihinin en eski bitkisel ham madde kaynaklarından birisi olarak bilinmektedir. Kenevir çevre koşullarına, hastalık ve zararlılara karşı oldukça hassastır. Olumsuz çevre koşullarında bitkiler hastalıklara daha yatkın hale gelmektedir. Kenevir bitkilerinde meydana gelen hastalıklar biyotik (bakteri, fungus, virüs, viroid, fitoplasma) ve abiyotik (besin elementi noksanlıkları) faktörlerden kaynaklanmaktadır. *Cannabis* türlerinde yüzden fazla mikroorganizma hastalık oluşturabilmektedir. Hastalıkların yaygınlığı iklim şartlarına ve bölgeye göre değişkenlik gösterebilmektedir. Kenevirde görülebilen önemli fungal hastalıkları arasında; kurşuni küf, beyaz çürüklük, çökerten, çeşitli yaprak leke hastalıkları yanıklık ve kök çürüklükleri yer almaktadır. Bakteriyel yanıklık, solgunluk, kök uru, *Xanthomonas* yaprak leke ve *striatura ulcerosa* kenevirde önemli bakteriyel hastalıklar arasında yer almaktadır. Kenevir çizgi, kenevir mozayik, yonca mozayik, hıyar mozayik ve arabis mozayik virüslerinin kenevir çeşitlerinde hastalıklara neden olduğu rapor edilmiştir. Bu makalede, kenevir bitkilerini olumsuz etkileyen önemli hastalıklar, belirtileri, bulaşma ve yayılma yolları ve mücadele yöntemleri kısaca özetlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Cannabis*, kenevir, hastalık, bakteri, fungus, virüs

### An Overview of Hemp Diseases

**ABSTRACT:** Industrial hemp (*Cannabis sativa* var. *vulgaris* L.), a variant of the *C. sativa* plant, is an important industrial crop. Industrial hemp is one of the oldest crops plants know to humans. Hemp is very sensitive to environmental conditions, diseases, and pests. Environmentally stressed plants become predisposed to diseases. Diseases of *Cannabis* are caused by biotic (bacteria, fungi, viruses, viroids, phytoplasmas) or abiotic (nutrient deficiencies) sources. *Cannabis* species suffer over 100 diseases. Disease prevalence is also varied by geography and climate. Serious fungal diseases on hemp include gray mold, hemp canker, damping off, assorted leaf spots, blights, root rots. Important bacterial diseases include bacterial blight, wilt, crown gall, *striatura ulcerosa*, and *xanthomonas* leaf spot. In *Cannabis* cultivars were reported including the diseases caused by *Hemp streak virus* (HSV), *Hemp mosaic virus* (HMV), *Alfalfa mosaic virus* (AMV), *Cucumber mosaic virus* (CMV), and *Arabis mosaic virus* (ArMV). Important diseases affecting the hemp crop along with their symptoms, means of movement and dispersal, and management are briefly summarized in the paper.

**Keywords:** *Cannabis*, hemp, disease, bacterium, fungus, virus

<sup>1</sup> Mehmet Ali ŞEVİK (Orcid ID: 0000-0002-8895-7944), Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Samsun, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mehmet Ali ŞEVİK, e-mail: malis@omu.edu.tr

Geliş tarihi / Received: 05-01-2020

Kabul tarihi / Accepted: 08-03-2020

## GİRİŞ

Kenevir (*Cannabis sativa* L.), insanoğlunun çok eskiden kültüre aldığı, tek yıllık, uzun ve kuvvetli lifleri olan, tohumu için yetiştirilen bir bitki türüdür. Lif bitkileri, tekstil sanayinin hammadde kaynağı oluşturmaktadır (Aytaç ve ark., 2019). Kültürü yapılan endüstriyel kenevir 120-450 cm arası bir yükseklikte yetişebilen bir alt (*C. sativa* ssp. *vulgaris* L.) varyetedir (Aytaç ve ark., 2017). Kenevir, en eski bitkisel ham madde kaynaklarından birisi olarak bilinmektedir (Andre ve ark., 2016; Dingha ve ark., 2019).

Kenevir liflerinden ve saplarından, tohumundan, yapraklarından ve çiçeklerinden yararlanılan çok yönlü bir bitkidir. Kâğıt, bio yakıt, ilaç, kozmetik ürünler, sabun, kumaş, otomotiv sektörü ve daha birçok alanda kullanılmaktadır (Grabowska ve ark., 2009; Aytaç, 2018). Arkeolojik çalışmalar sonucunda MÖ 8000 yıllarına ait kenevirden üretilmiş kumaş kalıntılarına rastlanmıştır. Anadolu topraklarında MÖ 1500 yılından beri kenevir tarımının yapıldığı bilinmektedir (Gedik ve ark., 2010). Anadolu topraklarında asırlardır üretilen ve kullanılan kenevirin, son yıllarda, ekim alanı giderek azalmış, yok olma noktasına gelmiştir. Ülkemizde, 2014 yılında 10 dekar; 2015 yılında 36 dekar 2016 yılında 70 dekar, 2019 yılında ise 1020 dekar ekilerek yeniden yükselme trendine girilmiştir. Kenevir lifi Karadeniz bölgesinde yerel olarak da değerlendirilmektedir. Ülkemizde çok eskiden beri tarımı yapılıyor olmasına rağmen, kenevir yerel popülasyonlarla üretilmekte olup, tescilli çeşidimiz bulunmamaktadır (Aytaç ve ark., 2019).

Ülkemizde ise 26 Eylül 2016 tarihinde resmi gazetede yayımlanan yönetmeliğe göre; 19 ilde izin alınması koşulu ile kenevir üretimi yapılabilmektedir. Kenevir, yoğun olarak Samsun ili Vezirköprü ilçesinde üretilmektedir (Gizlenci ve ark., 2019). Kenevir çevre koşullarına oldukça hassas bir bitkidir. Üretimi ve verimini etkileyen birçok faktör bulunmaktadır (Bakro ve ark., 2018). Çok sayıda hastalık (fungus, bakteri, virüs, viroid, fitoplazma) etmeni ve zararlı (böcek, akar, nematod) türü kenevir üretimini olumsuz etkilemektedir (McPartland, 1996).

Bu makalede kenevir bitkilerinde sorun oluşturabilecek önemli bazı fungal, bakteriyel ve viral hastalık etmenleri ve bu etmenlerin neden olabileceği muhtemel kayıpları önleme yolları hakkında kısa bilgiler sunulmuştur.

## Kenevir Hastalıkları

*Cannabis* türlerinde 100'den fazla hastalık etmeni enfeksiyon oluşturabilmektedir. Hastalık etmenleri bitkilerin farklı biyolojik döneminde enfekte edebilmekte ve farklı dokularında görülebilmektedir. Hastalığın yaygınlığı ve şiddeti; etmene, bölgeye, bitkinin enfekte olduğu biyolojik dönem gibi birçok faktöre bağlı olarak değişebilmektedir.

## Fungal hastalıklar

*Cannabis* türleri enfekte edebilen çok sayıda (Çizelge 1) fungal etmenin olduğu bildirilmiştir (McPartland, 2003). En az 88 türün bu gruba enfekte edebildiği ve yeni etmenlerin tespit edildiği bildirilmektedir (McPartland, 1996).

Kenevir bitkilerinde görülebilen önemli bazı fungal hastalıklar arasında; Kurşuni küf, fusarium, yaprak lekeleri, alternaria, külleme ve çökerten yer almaktadır.

**Kurşuni küf:** Kurşuni küfün (*Botrytis cinerea*) kenevirin en önemli hastalıklarının başında yer aldığı bildirilmiştir (McPartland, 1996). Etmen hem kontrollü hemde açık arazi şartlarında bitkileri enfekte edebilmektedir (McPartland, 2000). *B. cinerea* nemli, sıcak ve orta dereceli sıcaklıklara sahip ılıman bölgelerde gelişebilir. Bu koşullar altında kurşuni küf salgın oluşturabilir ve bir hafta içinde bir kenevir mahsulünü tamamen tahrip edebilir. Kurşuni küf, etmeni genellikle fide enfeksiyonuna yol açan,

tohum kaynaklı bir hastalıktır. Dişi çiçek tomurcukları enfeksiyona daha duyarlıdır (Scheifele, 1998), çiçek salkımlarının etrafında gri-beyaz bir tabaka halinde tipik belirtiler oluşturabilmektedir (Şekil 1) (Punja ve ark., 2019). Hastalığın belirtisi ve kayıp oranı çeşide ve bitki dönemine bağlı olarak değişebilmektedir. Lif kenevir çeşitlerinde gövde çürüğü daha yaygındır. Fungus, gövdenin sertliğini azaltabilen enzimler üretir, daha sonra gövde yumuşak ve klorotik hale gelir (Patschk ve ark., 1997).

### Çizelge 1. Kenevirde görülen fungal hastalıklar ve hastalığa neden olan etmenler (McPartland, 2003)

Hastalık adı	Hastalık etmeni
Antraknoz	<i>Colletotrichum coccodes</i> , <i>C. dematium</i>
Kara leke	<i>Epicoccum nigrum</i>
Siyah küf	<i>Sciffnerula cannabis</i>
Kahverengi yanıklık	<i>Alternaria alternata</i> , <i>A. solani</i> , <i>A. cheiranthi</i> , <i>A. longipes</i>
Kahverengi yaprak lekesine	<i>Ascochyta</i> spp., <i>Didymella</i> spp., <i>Phoma</i> spp.
Kömür çürüklüğü	<i>Macrophomina phaseolina</i>
Cladosporium kök çürüklüğü	<i>Cladosporium herbarum</i> , <i>C. cladosporioides</i> , <i>C. enuissimum</i> , <i>C. resinae</i>
Curvularia yaprak lekesi	<i>Curvularia cymbopogonis</i> , <i>C. lunata</i>
Cylindrosporium yanıklığı	<i>Cylindrosporium</i> spp., <i>C. cannabinum</i>
Çökerten	<i>Pythium aphanidermatum</i> , <i>P. debaryanum</i> , <i>P. ultimum</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>F. solani</i> , <i>Macrophomina phaseolina</i> , <i>Rhizoctonia solani</i>
Mildiyö	<i>Pseudoperonospora cannabina</i> , <i>P. humuli</i>
Fusarium kök çürüklüğü	<i>Fusarium solani</i>
Fusarium sap çürüklüğü	<i>Fusarium sulphureum</i> , <i>F. graminearum</i> , <i>F. lateritium</i> , <i>F. sambucinum</i> , <i>F. avenaceum</i> , <i>F. culmorum</i>
Fusarium solgunluğu	<i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cannabis</i> , <i>F. oxysporum</i> f.sp. <i>vasinfectum</i>
Kurşuni küf	<i>Botrytis cinerea</i>
Beyaz çürüklük	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>
Leptosfera yanıklığı	<i>Leptosphaeria cannabina</i> , <i>L. Woroninii</i> , <i>L. acuta</i>
Yaprak yağlı leke	<i>Cercospora cannabis</i> , <i>Pseudocercospora cannabina</i>
Ophiobolus sap çürüklüğü	<i>Ophiobolus cannabinus</i> , <i>O. anguillidus</i>
Phoma sap çürüklüğü	<i>Phoma herbarum</i> , <i>P. exigua</i>
Phomopsis sap çürüklüğü	<i>Phomopsis cannabina</i> , <i>P. achilleae</i>
Pembe çürüklük	<i>Trichothecium roseum</i>
Külleleme	<i>Leveillula taurica</i> , <i>Sphaerotheca macularis</i> , <i>Oidium</i> sp.
Kızıl çürüklük	<i>Melanospora cannabis</i>
Rhizoctonia kök çürüklüğü	<i>Rhizoctonia solani</i>
Pas	<i>Aecidium cannabis</i> , <i>Uredo kriegeriana</i> , <i>Uromyces inconspicuus</i>
Güney yanıklığı	<i>Sclerotium rolfsii</i>
Stemphylium yaprak ve sap lekeli	<i>Stemphylium botryosum</i> , <i>S. cannabinum</i>
Siyah leke	<i>Phyllachora cannabidis</i>
Tropikal çürüklük	<i>Lasioidiplodia theobromae</i>
Twig yanıklığı	<i>Dendrophoma marconii</i> , <i>Botryosphaeria marconii</i>
Verticillium solgunluğu	<i>Verticillium albo-atrum</i> , <i>V. dahliae</i>
Beyaz yaprak leke	<i>Phomopsis ganjae</i>
Sarı yaprak leke	<i>Septoria cannabis</i> , <i>S. cannabina</i>



Şekil 1. Çiçeklenme döneminde yaprak ve yaprak sapında kahverengileşme ve büzüşme (solda) ve geç dönemde çiçek salkımlarında görülen küf ve çürüklük (sağda) (Punja ve ark., 2019)



**Fusarium:** *Fusarium* cinsi birçok kültür bitkisi ve yabani bitkilerde, solgunluk, yanıklık, çürüklük ve kanserlere neden olan türleri içermektedir (Ma ve ark., 2013). *Fusarium oxysporum* f.sp. *cannabis* ve *F. oxysporum* f.sp. *vasinfectum* kenevirde hastalık oluşturan *Fusarium* türleri arasında yer almaktadır. Bu iki türün morfolojisi benzerdir fakat *F. oxysporum* f.sp. *cannabis* sadece keneviri enfekte ederken, *F. oxysporum* f.sp. *vasinfectum* kenevir dışında, pamuk, fasulye, güvercin bezelyesi, kauçuk ağaçları, yonca, soya fasulyesi, kahve, tütün ve diğer başka birçok bitkileri de enfekte edebilmektedir (Bakro ve ark., 2018). Enfekteli bitkide belirtiler; alt yapraklarda kloroz, düzensiz küçük koyu lekeler, ardından yaprak uçlarının yukarı doğru kıvrılması ve bitkinin tamamen solması şeklinde ortaya çıkar. Enfekte saplarda sararma ve ksilemin içinde kırmızımsı kahverengi bir renk değişikliği şeklinde belirtiler görülür (Şekil 2) (Punja ve ark., 2019). *F. oxysporum*' un neden olduğu belirtiler, diğer kök çürüklüğü solgunluklarına benzerdir (McPartland, 2000).



Şekil 2. *Fusarium oxysporum* ile enfekteli bitkinin iletim demetlerinde görülen belirtiler (Punja ve ark., 2019)

**Yaprak lekeleri:** Özellikle septoria yaprak lekesi olmak üzere birçok fungal etmen yapraklarda değişik lekeler oluşturarak verim kayıplarına yol açabilmektedir. Kenevir yapraklarına sarı lekelerle neden olan iki Septoria türü (*Septoria cannabis*, *S. neocannabina*) rapor edilmiştir (McPartland, 1995). Enfeksiyon belirtisi, kuruyan yaprağın alt yüzeyinde küçük beyaz-sarı lezyonlar (Şekil 3) olarak görülür ve yapraklarda delikler oluşur (Nykter, 2006).

Septoria dışında birçok yaprak leke etmeni bulunmaktadır. Kahverengi yaprak leke (Şekil 3) türleri (*Phoma* ve *Ascochyta*), pembe çürüklük (*Trichothecium roseum*), kahverengi yanıklık (*Stemphylium* spp.), antraknoz (*Colletotrichum* spp.), beyaz yaprak lekesi (*Phomopsis ganjae*), Cercospora yaprak lekesi (*Cercospora* spp.) ve mildiyö (*Pseudoperonospora* spp.) kenevirde önemli yaprak lekesi hastalıkları arasında yer almaktadır (McPartland, 1983). Bu hastalıklar nedeniyle bitkiler bazen tamamen kuruyabilmektedir. Bitkiler ölmese bile ürünlerde önemli kayıplara yol açabilmektedir (McPartland, 1996).

**Alternaria yanıklığı:** Kenevir çeşitlerinden *Alternaria* türleri İtalya, Polonya, Çekya, ABD, Hindistan ve birçok ülkede izole edilmiştir (McPartland, 1995). Kahverengi yanıklık genellikle üretim sezonunun geç döneminde ortaya çıkar. Kenevir yapraklarında düzensiz kuru lekeler, yaprak nekrozları şeklinde ortaya çıkar. Lezyonlar yaprak sapına, sürgüne ve gövdeye kadar ulaşabilmektedir. En yaygın tür, *A. alternata*, özellikle dişi çiçekleri enfekte etmektedir (McPartland, 1983). Bu nedenle kenevir tohum üretimini %46'ya varan oranlarda azaltabilmektedir. Saprot bir hastalık etmeni olan *Alternaria*, hasattan sonra kenevir sapsularının çürümesine hatta kenevir bitkilerinden elde edilmiş ürünlerin tahrip olmasına neden olabilmektedir (McPartland, 2000).



Şekil 3. Enfekteli kenevir bitkilerinde sarı (*Septoria cannabis*) (solda) ve kahverengi yaprak lekesi (*Phoma glomerata*) belirtileri (McPartland, 2000)

**Külleme:** Külleme birçok kültür bitkisinde görülebilen en yaygın fungal hastalıklarından birisidir. Kenevir bitkilerinde hastalık oluşturan külleme etmenleri arasında *Leveillula taurica* f.sp. *cannabis* ve *Sphaerotheca macularis* rapor edilmiştir (Bakro ve ark., 2018). Hastalık açık alanda yetiştirilen sıcak ve nemli bölgelerde görülebilmektedir. Enfeksiyonun ilk belirtisi kenevir yapraklarının üst kısmında beyaz misellerin görülmesi ile başlar (Şekil 4) (Punja ve ark., 2019). Daha sonra sararma ve kuruma öncesi nekrotik hale dönüşmektedir.



Şekil 4. Erken dönemde (solda) ve ileri aşamada (Sağda) beyaz misellerle kaplanmış kenevir yaprak yüzeyi (Punja ve ark., 2019)

**Çökerten:** *Pythium* cinsi içerisinde yer alan birçok tür (*Pythium aphanidermatum*, *P. ultimum*, *P. debaryanum*, *Pythium catenulatum*) çökertene neden olabilmektedir (Şekil 5). Yine kenevir bitkilerinde *Botrytis cinerea*, *Macrophomina phaseolina*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium solani*, *F. oxysporum*, *F. sulphureum*, *F. avenaceum*, *F. graminearum* gibi birçok tür çökertene sebep olmaktadır (Patschk ve ark., 1997). Çökerten etmenleri bitkilerde çıkış öncesi (tohum kaynaklı) ve çıkış sonrası (fide döneminde) hastalık oluşturabilmektedir. Enfekteli fidelerin gövdesi toprağa temas eden kısımdan itibaren kahverengileşir ve bitkilerde solgunluk görülür, fidelerin devrilip kuruması şeklinde etkilenir (McPartland, 1996). Çökerten etmenlerinden kaynaklanan belirtilerin, solgunluk etmenleri kaynaklı belirtilerinden ayırt edilmesi oldukça güçtür.

Bazı kök çürüklük hastalıkları kenevirde önemli verim kayıplarına neden olabilmektedir. Fransa'da kenevirin en önemli hastalığı olarak kök çürüklüğü etmeni *F. solani* olduğu öne sürülmektedir. Hindistan'da ise *R. solani*'nin virulent bir ırkının kenevir bitkilerini %80 oranında tahrip ettiği bildirilmiştir (Pandotra ve Sastry, 1967).



Şekil 5. *Pythium catenulatum* ile enfekteli kenevir bitkisinin kök kısmı (solda) ve bitkilerde görülen solgunluk ve kurumalar (sağda) (Punja ve ark., 2019)

**Beyaz çürüklük:** Kenevirin önemli fungal hastalıklarından birisi de birçok farklı isimle (yumuşak, ıslak, gövde, beyaz küf, gri çürüklük) anılan beyaz çürüklüktür (*Sclerotinia sclerotiorum*). Etmen farklı kenevir çeşitlerini enfekte edebilmektedir. Etmen Avrupa, ABD, Hindistan, Avustralya'da kenevir çeşitlerinde belirlenmiş (Lisson ve Mendham 1995), Kuzey Amerika'da %40'lara varan oranlarda verim kayıplarına neden olduğu bildirilmiştir. Enfekteli bitkilerde belirtiler, olgunlaşmış bitkilerin sapları ve sürgünleri üzerinde sulu, ıslak lezyonlar şeklinde başlar. Lezyonların altındaki kortikal dokular çökerek, açık kahverengi pamukçuk benzeri yapılar oluşturur. Nemli koşullarda, sapın dış yüzeyi pamuğumsu beyaz misellerle kaplanır (Şekil 6) (McPartland, 2000). Bu aşamada bitkilerde solgunluk, ileri safhalarda ise ölüm gerçekleşebilmektedir. Sap yüzeyinde veya kuruyan sürgünler üzerinde siyah sklerotlar gelişir.



Şekil 6. Kenevir saplarında *S. sclerotiorum* tarafından oluşturulan beyaz miseller (McPartland, 2000)

### Bakteriyel Hastalıklar

Kenevirde sorun olan bakteriyel hastalıklar konusunda literatürlerde verilen sayılarda karışıklık bulunmaktadır. Çok sayıda etmen rapor edilmişse de bir çoğununun yanlış teşhis veya sinonim isim olduğu bildirilmiştir (McPartland, 1996). Kenevir bitkilerinde hastalık oluşturan önemli bakteriyel



etmenler arasında, *Pseudomonas syringae* pv. *cannabina*, *P.s.* pv. *mori*, *Agrobacterium tumefaciens*, *Erwinia tracheiphila*, *Xanthomonas campestris* pv. *cannabis*, *P.s.* pv. *tabaci*, *P. s.* pv. *mellea* yer almaktadır.

**Bakteriyel yanıklık (*Pseudomonas syringae* pv. *cannabina*):** Kenevir bitkilerinde en önemli bakteriyel sorun olarak bakteriyel yanıklık etmeni *P. syringae* pv. *cannabina* gösterilmektedir (McPartland, 1996). Bakteriyel yaprak lekesi olarak da bilinen ve fungal etmenler ile karıştırılabilen bu etmen Avrupa’da birçok ülkede (İtalya, Almanya, Macaristan, Bulgaristan, Romanya, Yugoslavya) kenevir çeşitlerinde belirlenmiştir. Etmen fide döneminden çiçeklenme dönemine kadar keneviri tüm biyolojik gelişim dönemlerinde olumsuz etkileyebilmektedir.

Enfekteli bitkilerde ilk belirtiler, küçük ıslak yaprak lekeleri şeklinde başlar, lekeler yaprak damarları boyunca genişler ve yaprak rengi kahverengiye döner. Ölü dokular parçalanır ve yapraklarda deliklerin oluşmasına neden olur. Etmen tohum kaynaklı olarak yayılabilir, bakteri bitki artıklarında kışı geçirebilmekte ve yetiştirme sezonunda fideleri enfekte edebilmektedir (McPartland, 2000).

**Striatura ulceroza (*Pseudomonas syringae* pv. *mori*):** Bu patojen hastalıklı kenevirden izole edilmiş ve tanımlanmış ilk bakteridir. Başta Almanya, İtalya ve Rusya olmak üzere birçok Avrupa ülkesinde kenevir çeşitlerinde kayıplara neden olmaktadır. Patojen, olgunlaşmış bitkilerde mumsu, sap boyunca uzanan koyu gri lezyonlara sebep olmaktadır (Şekil 7). Lezyonların uzunluğu bazen 10 cm’yi geçebilmektedir. Bakteri, bitki artıklarında kışı geçirmekte, rüzgâr ve yağmurla yayılabilmektedir (McPartland, 2000).



Şekil 7. Bakteri ile enfekteli bitkilerde sap boyunca uzanan koyu gri lezyonlar (McPartland, 2000)

**Xanthomonas yaprak lekesi (*Xanthomonas campestris* pv. *cannabis*):** Etmen Japonya ve Kore’de yanıklı, Romanya’da kahverengi yaprak lekesi ve solgunluk olarak rapor edilmiştir. Bakteri ksilem dokuların tıkanmasına ve su ve besin alınmasının engellenmesine neden olur. Konukçuları arasında birçok crucifer türü bulunurken, keten ve keneviri kolayca enfekte edebilmektedir. Yüksek sıcaklık ve neme sahip yaz aylarında hastalık daha da şiddetli hale gelebilmektedir. Bakteri enfekteli bitki artıkları ve tohumlarda canlılığını sürdürebilir (Smith ve ark., 1988), üretim sezonu boyunca yağmurlama sulama, rüzgar, yağmur, böcekler ve kültürel işlemler sırasında üreticiler sayesinde yayılabilmektedir.

**Vahşi ateş (*Pseudomonas syringae* pv. *tabaci*):** Bu etmenin belirtisi diğer bahsi geçen (*Pseudomonas* ve *Xanthomonas* yanıklık) diğer bakteriyel patojenler ile benzerdir ve ayırt etmek oldukça güçtür. Etmen çoğunlukla Solanaceae familyası bitkilerinde hastalık oluştururken, *Cannabis* türlerini de enfekte edebilmektedir. Enfekteli bitkilerde hastalık belirtisi alt yapraklarda başlar, nemli

havalarda hızlı bir şekilde yayılır. Islak lekeler, etrafı klorotik hale şeklini almış küçük nekrotik lezyonlar haline dönüşür. Lezyonlar birleşerek düzensiz nekrotik alanlar oluşturmaktadır (McPartland, 2000).

**Kök uru (*Agrobacterium tumefaciens*):** *Cannabis* türlerinde enfeksiyon gerçekleştirebilen diğer bir bakteri türü *A. tumefaciens* 'tir. Enfeksiyondan 12-15 gün sonra, bitkilerde kanser benzeri anormal büyüme görülür. Bitkilerin toprak altı köklerinde veya taç kısmında bej renginde galler oluşur. Uurlar nadiren topraküstü gövdede ortaya çıkar ve nadiren çapı 10 mm'yi geçer. Kök uru genellikle bitkilerde bodurluk oluştururken, nadiren de olsa bitki ölümlerine neden olabilmektedir. Bakteri tohumla yayılabilmekte, toprakta uzun süre kalabilmektedir. Topraktaki bakteriler, yaralı bitkilerin kılcal köklerinden giriş yapabilmektedir (McPartland, 2000).

**Bakteriyel solgunluk (*Erwinia tracheiphila*):** Kenevir bitkilerinde bu hastalık Rusya'da, Pakistan'da tanılanmıştır. Oxford, Mississippi-ABD'de kenevir plantasyonunun %1 oranında bakteriyel solgunluk etmeni *Erwinia* ile enfekteli olduğu Sands ve ark. (1987) tarafından bildirilmiştir. Simptomlar donuk yeşil yaprak lekeleri olarak başlar, daha sonra ani solgunluk, yaprak ve saplarda nekroz oluşumu ortaya çıkar. Bazı bitkilerde sadece solgunluk görülürken, bazı bitkilerde ölüm görülür. Genellikle fideler hastalığa karşı daha hassastır. Ancak belirtiler diğer birçok faktörden (kuraklık, besin elementi problemleri, toprak hastalık ve zararlıları) kaynaklı belirtiler ile karıştırılabilir (McPartland, 2000).

### Viral Hastalıklar

Bitki virüs etmenleri dünya çapında kültürü yapılan bitkilerde oldukça yaygındır ve bitkisel üretim için ciddi bir tehdit oluşturmaktadırlar (Soosaar ve ark., 2005). Kenevir genelde tek sarmal RNA'ya sahip virüsler tarafından enfekte edilmektedir. Enfeksiyondan sonra virüslerin bitkide engellenmesi neredeyse imkansız hale gelmektedir. Sistemik olarak yaprak, gövde, polen ve tohumlar dahil olmak üzere tüm bitki dokularına virüs yayılabilmekte, kenevir bitkilerinde şiddetli belirtilere (Şekil 8) (Giladi ve ark., 2019) ve verim kayıplarına neden olabilmektedirler. Nadiren de olsa bitki ölümlerine de yol açabilmektedir (McPartland, 2000). Bitkilerde enfeksiyonlara neden olan virüslerin büyük çoğunluğu konukçudan konukçuya bazı böcek vektörleri aracılığı ile taşınmaktadır (Whitfield ve ark., 2015). En önemli vektör türleri arasında; afit (*Phorodon cannabis*), sera beyazsineği (*Trialeurodes vaporariorum*), soğan tripsi (*Thrips tabaci*), şeftali yaprak biti (*Myzus persicae*) yer almaktadır (McPartland, 1996). Çok sayıda virüs kenevir bitkilerinde enfeksiyon oluşturabilirken, beş viral etmen yaygın olarak görülmektedir. *Hemp streak virus* (HSV), *Hemp mosaic virus* (HMV), *Alfalfa mosaic virus* (AMV), *Cucumber mosaic virus* (CMV) ve *Arabis mosaic virus* (ArMV) kenevir bitkilerinde daha yaygın görülen virüsler arasında yer almaktadır (Ranalli, 1999).

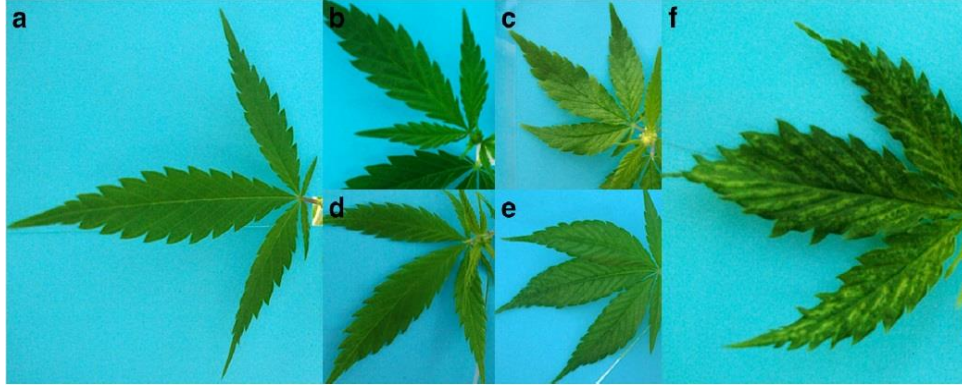


Şekil 8. Arazide sağlıklı (solda) ve virüs ile enfekteli (sağda) kenevir bitkisinin genel görünümü (Giladi ve ark., 2019)

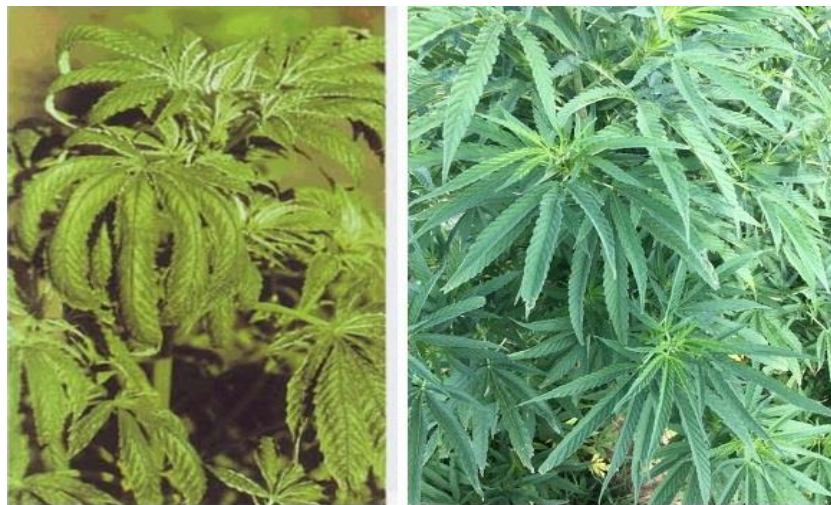


**Hemp streak virus (HSV):** HSV ilk olarak Almanya’da tanıldıktan sonra farklı ülkelerde (İtalya, Çekya, Rusya, Macaristan vd.) farklı araştırmacılar tarafından tespit edilmiştir (Righetti ve ark., 2018). Virüsün yaprak belirtileri soluk yeşil bir kloroz olarak başlar. Yaprak simptomları damarlar arasında sarı çizgiler şeklinde görülür, sonrasında yaprak kenarları kırışır, yaprak uçları yukarı doğru kıvrılır (Şekil 9). Bu tür belirtilerin kenevir çeşitlerinde yaygın olarak görüldüğü üreticiler tarafından bildirilmektedir (Righetti ve ark., 2018). Bazen kahverengi nekrotik lekeler ortaya çıkar, yaşlı yaprakların kenarlarında ve uçlarında lekeler oluşur. Virüs enfekteli bitkinin genelinde olarak solgunluk benzeri (Şekil 10) bir görünüm almasına neden olur (McPartland, 1996).

Virüsün yayılmasında vektör türlerin büyük önemi vardır. HSV’nin en önemli vektörü ise kenevir afiti *Phorodon cannabidis* türüdür (Schmidt ve Karl, 1970). Virüs, enfekteli bitkilerin tohumları ile nesilden nesile aktarılabilmektedir. Enfeksiyondan veya inokulasyon sonra altı gün içinde bitkilerde virüs belirtisi gözlenebilmektedir. Erkek kenevir bitkilerinin, dişi kenevir bitkilerine göre virüse karşı daha hassas olduğu bildirilmiştir. Hastalıklı bitkilerde bodurluk görülür ve lif veriminde ve tohum üretiminde azalmalara neden olur (McPartland ve ark., 2000).



**Şekil 9.** Virüsün kenevir bitkisinde oluşturduğu bazı belirti süreçleri. a) sağlıklı b) damarlar arası sarı lekeler, c) damarlar arası kloroz, d) yaprak uçlarında kıvrıcılık, e) yaprak uçlarında yukarı kıvrılma, f) tüm yaprak yüzeyinde semptomların yayılması (Righetti ve ark., 2018)



**Şekil 10.** HSV’in kenevir bitkisinde oluşturduğu belirti (solda) ve sağlık (sağda) kenevir bitkisi (McPartland, 1996)

**Alfalfa mosaic virus (AMV):** İlk olarak 1931 yılında rapor edilen AMV, en önemli viral etmenler arasında yer almaktadır (Parella 2000). AMV dünya çapında en yaygın virüslerden birisidir ve oldukça geniş konukçu dizisine sahiptir (Hughes, and Odu, 2003). Bu virüs çok sayıda otsu ve odunsu bitki

türünü doğal olarak enfekte edebilmektedir (Xu ve Nie, 2006). Virüsün 71 familyadan 700'den fazla bitki türünde enfeksiyon gerçekleştirdiği bildirilmiştir (Edwardson ve Christie, 1997). Schmidt ve Karl (1970) tarafından Almanya'da kenevir bitkilerinde AMV'nin doğal olarak bulunduğu saptanmıştır.

Bromoviridae familyası *Alfamovirus* cinsi içerisinde yer alan AMV, 18 nm genişliğinde 18-60 nm uzunluğunda basili form yapıda partiküllere sahiptir. AMV genomu positive-sense tek sarmal RNA içermektedir (Hughes ve Odu, 2003). Virüs farklı patojeniteye sahip çok sayıda doğal varyantlara sahiptir (Al-Saleh ve Amer, 2013). Virüsün belirtisi konukçu bitki türüne göre değişkenlik göstermekle birlikte, genellikle yapraklarda mozayik, yapraklar boyunca klorotik çizgiler veya damarlar arasında klorotik lekeler, genç yapraklarda hafif kıvrılma şeklinde belirtilere neden olmaktadır (Kegler ve Spaar, 1997).

AMV vektör, tohum, aşı, küsküt ile ve mekaniksel olarak taşınabilmektedir. Ancak virüsün taşınma ve yayılmasında en önemli rolü yaprak bitleri oluşturmaktadır. Virüs çok sayıda afid türü ile non-persistent olarak taşınabilmektedir (Jeffries, 1998). En az 14 afid türü tarafından taşınabilirken en önemli vektör türleri arasında; *Myzus persicae*, *Acyrothosiphon pisum*, *A. euphorbiae*, *A. craccivora*, *A. gossypii* ve *Macrosiphoniella sanborni* yer almaktadır (Jaspars ve Bos, 1980).

**Cucumber mosaic virus (CMV):** CMV, Bromoviridae familyası *Cucumovirus* grubunun tip üyesidir. CMV, ilk olarak hıyar bitkisinde rapor edildikten sonra, dünya çapında yaygın bir virüs olarak bilinmektedir (Kumari ve ark., 2013). CMV 100'den fazla familyada 1.200'den fazla bitki türünde enfeksiyonlar oluşturabilme yeteneğindedir (Zitter ve Murphy, 2009; Ouedraogo ve ark., 2019). Virüsün konukçuları arasında kenevir bitkisi de yer almaktadır. CMV'nin kenevir bitkisi yapraklarında benekli mozayik (mottle) simptomuna neden olduğu bildirilmiştir (Schmidt ve Karl, 1970). Enfekteli bitkilerin özellikle genç yapraklarında yaprak yüzeyinin tamamı açık yeşil desenler ile kaplanabilmektedir (Kegler ve Spaar, 1997).

CMV tohum, vejetatif üretim materyalleri, küsküt, mekaniksel olarak taşınabilirken (Gallitelli, 2000), en önemli taşınma ve yayılma yollarının başında ise vektör böcekler gelmektedir. CMV, 80'den fazla yaprak biti türü ile non-persistent olarak taşınabilmektedir (Palukaitis ve ark., 1992). En önemli vektörleri arasında; *Myzus persicae*, *Aphis gossypii*, *A. fabae*, *Acyrothosiphon pisum* yer almaktadır (Gildow ve ark., 2008).

CMV'nin bitkilerde neden olduğu verim kayıpları bitkiden bitkiye, yıldan yıla, bölgeden bölgeye değişebilmektedir. Bazı bölgelerde virüsten kaynaklı verim kayıpları %100'e ulaşabilmektedir (Gallitelli, 2000). Dünyada en yaygın ilk 10 virüs arasında yer alan CMV'nin neredeyse her yıl yeni bir konukçusu ve yeni hastalıklar tanılanmaktadır (Scholthof ve ark., 2011).

**Arabidopsis mosaic virus (ArMV):** ArMV, *Nepovirus* cinsi Comoviridae familyası içinde yer alan, 30 nm çapında izometrik şekilli partiküllere sahip bir virüstür. Virüs çok sayıda bitki türünde enfeksiyon gerçekleştirebilmektedir (EPPO, 2002). Virüsün 28 familyadan 93 türü enfekte edebildiği rapor edilmiştir (Schmelzer, 1963). Virüs enfekteli bitkilerde yaprak kıvrıcılığı benekli mozayik, şekil bozukluğu, cüceleşme gibi şiddetli simptomlara neden olabilmektedir (Kominek ve ark., 2003). Virüsün konukçuları arasında kenevir bitkisi de yer almaktadır. ArMV, kenevir bitki yapraklarında açık yeşil/sarı lekeler, çizgiler şeklinde simptomlara neden olmaktadır (Schmidt ve Karl, 1970). ArMV; Avrupa, Asya, Afrika, Amerika ve Okyanusya kıtasında pek çok ülkede tespit edilmiştir (EPPO, 2002).

ArMV kısa mesafelerde toprakta bulunan nematodlar (*Xiphinema* spp.) ile taşınırken, uzak mesafelere taşınımı tohum başta olmak üzere bulaşık üretim materyalleri ile olabilmektedir (Kominek ve ark., 2003). Bu nedenle mücadelesinde, yetiştiricilikte temiz üretim/çoğaltım materyallerinin kullanılması, vektör nematod içermeyen üretim alanlarında yetiştiricilik yapılması oldukça önemli olacaktır (Thresh ve Ormerod, 1989).

**Hemp mosaic virus (HMV):** Eski kaynaklar HMV'nin kenevir bitkisini enfekte edebildiğini bildirmektedir. Ancak bu virüs hakkında fazla detaylı bilgi bulunmamaktadır. Etmenin CMV gibi *Cucumovirus* veya ArMV, TRSV ve TomRSV gibi bir *Nepovirus* olabileceği bildirilmiştir (McPartland ve ark., 2000). HMV belirtileri bitkilerde çok çeşitlilik gösterebilmekte ve diğer biyotik (virüs, bakteri, viroid) ve abiyotik faktörler ile karıştırılabilmektedir. Bu nedenle tespiti ve mücadelesi oldukça zordur. Virüsün belirtisi; başlangıçta sarı benekler, klorotik lezyonlar olarak başlayıp sonradan nekrotik hale gelerek ve lezyonlar birleşerek sonunda bütün yaprağın solması şeklinde ortaya çıkmaktadır. Çekya'da kenevirde virüsün enasyon belirtisine (Blattny ve ark., 1950), Pakistan'da ise mozayik, yaprak kıvrıcılığı, tepe kıvrıcılığı ve uç yapraklarda küçülme şeklinde farklı belirtilere neden olduğu bildirilmiştir (Ghani ve Basit, 1975).

Virüsün taşınma ve yayılmasında; üretim materyalleri, vektör türleri sera beyazsineği (*T. vaporariorum*), şeftali yaprak biti (*M. persicae*) ve soğan tripsi (*T. tabaci*) etkili olmaktadır (McPartland, 1996). Yine aynı şekilde HSV'nin en önemli vektörü kenevir afiti *P. cannabis* virüsün taşınma ve yayılmasında etkili olmaktadır (Schmidt ve Karl, 1970).

**Diğer virüsler:** Kenevir bitkilerinde genel olarak yukarıda bahsi geçen beş (HSV, HMV, AMV, CMV ve ArMV) viral etmenin enfeksiyon gerçekleştirdiği bildirilirken, doğal olarak veya mekaniksel inokulasyon yöntemi ile; *Tobacco mosaic virus* (TMV), *Tobacco ringspot virus* (TRSV), *Tobacco streak virus* (TSV), *Tomato ringspot virus* (TomRSV), *Eunymous ringspot virus* (ERSV), *Elm mosaic virus* (EMV), *Foxtail mosaic virus* (FMV) gibi çok sayıda virüsün kenevir bitkisini enfekte edebildiği rapor edilmiştir (McPartland ve ark., 2000).

Son yıllarda kenevir türlerinde enfeksiyon gerçekleştiren iki yeni virüs ilk kez rapor edilmiştir. ABD/Colorado'da endüstriyel kenevir üretim alanlarında *Beet curly top virus* (BCTV) (Giladi ve ark., 2019) ve İsrail'de kenevir üretimi yapılan alanlarda ise *Lettuce chlorosis virus* (LCV) (Hadad ve ark., 2019) kenevirde ilk kayıt olarak bildirilmiştir.

### Fitoplazma Hastalıkları

Kenevir bitkilerin hastalık oluşturabilen başka bir patojen grubu da fitoplazmalardır. Eski kaynaklarda yapılan çalışmalarda mikoplazma benzeri organizmalar (MLO) olarak geçmektedir. Fitoplazmalar, zaman zaman diğer patojenler (bakteri, virüs, vd.) ile karıştırılmıştır. Enfekteli bitkilerin floem dokusunda fitoplazmalar elektron mikroskobu ile saptanmıştır. Tipik fitoplazma belirtileri arasında; kloroz, yassılaşıma, fillodi, cüceleşme, rozetleşme ve cadısüpürgesi yer almaktadır. Erkek bitkilerdeki çiçekler, gür bir görünüme neden olan çoklu sürgünlerde oluşur. Kenevirde fitoplazmalarının neden olduğu belirtiler, özellikle HSV gibi virüs belirtileri ile karıştırılabilmektedir (McPartland ve ark., 2000). Fitoplazma, cüce ağustos böcekleri ve tohum ile taşınabilmekte ve yayılabilmektedir.

### SONUÇ

Tarımsal ürünlerde yıllık ortalama ürün kaybının tahmini %11'inin hastalıklardan kaynaklandığı (Agrios, 1997), buna ilave olarak hasat sonrası dönemde de ürün kayıplarının devam ettiği ve yaklaşık %9 olarak gerçekleştiği bildirilmiştir (Pimentel ve ark., 1991). Bu nedenle yetiştiricilik sürecinde ve sonrasında bitkisel ürünlerde hastalık oluşturan etmenlerin bilinmesi ve buna göre koruyucu önlemlerin alınması son derece önemli olmaktadır.

Kenevir bitkilerinde çok sayıda patojen (bakteriyel, fungal, viral, fitoplazma) hastalıklara yol açabilmektedir. Kenevirde görülen önemli bazı bakteriyel hastalıklar arasında; bakteriyel yanıklık, solgunluk, kök uru, xanthomonas yaprak leke ve striatura ulcerosa yer almaktadır. Yine, kurşuni küf, beyaz çürüklük, çökerten, çeşitli yaprak leke hastalıkları, yanıklık, kök çürüklükleri kenevirde önemli



fungus hastalıklar arasında yer almaktadır. HSV, HMY, AMV, CMV, ArMV ise *Cannabis* tür ve çeşitlerinde hastalık oluşturabilen önemli viral etmenler arasında yer almaktadır. Aynı şekilde fitoplazma kaynaklı hastalıklar kenevir bitkilerinde verim kayıplarına yol açabilmektedir. Bitkisel üretimde oluşabilecek verim kayıplarının önlenmesi açısından hastalık etmenleri ile mücadele yöntemlerinin bilinmesi ve mücadele edilmesi gerekmektedir. Kenevirde görülen hastalıklarla mücadelede dikkat edilmesi gereken bazı hususlar aşağıda sıralanmıştır.

**Temiz tohum:** Hastalıklı bitkilerden tohum alınmamalı, hastalıklı tohumlar üretimde kullanılmamalıdır. Kullanılacak tohumların sıcak suyla dezenfekte edilmesi gerekmektedir. Tarımsal üretimde birçok ürünün başlangıç materyali olan tohumun üretim ve çoğaltım aşamasında özellikle virüs hastalıklarına bağlı enfeksiyon oranı artmaktadır. Keneviri enfekte edebilen birçok viral bakteriyel, fungus etmen tohum ile taşınabilmektedir. Bu nedenle kenevir yetiştiriciliğinde kullanılan tohumun sağlıklı olması, hastalık etmenleri ile bulaşık olmaması, enfekteli bitkilerden tohum alınmaması son derece önemlidir.

**Sanitasyon:** Hastalık etmenleri enfekteli bitki artıkları ile yıldan yıla yıla geçebilmektedir. Hasat sonu artıklarının temizlenmesi, sap ve köklerin toplanması son derece önemlidir. Özellikle lif içeren kenevir saplarını parçalama için özel toprak işleme ekipmanları gerektirmektedir. Bitki artıklarının toprak işleme ile derine görülmesi, hastalık için inokulum kaynaklarının yok edilmesi, birçok bakteriyel ve fungus hastalık etmeni ve zararlıının ölmesini sağlayabilmektedir. Bitkilerde hastalık etmenlerin girişine uygun hale gelebilecek yaralar açılmamasına dikkat edilmelidir. Üretim sezonu boyunca hastalıklı bitki kısımları veya bitkiler üretim alanından uzaklaştırılmalı ve imha edilmelidir.

**Çevre şartları:** Özellikle fungus ve bakteriyel hastalıkların gelişmesi için uygun ortamlarının oluşturulmamasına dikkat edilmelidir. Ortam nemi mikroorganizmaların çoğalmasına neden olur. Aşırı sulama bitkileri daha hassas hale getirirken, patojenlerin gelişmesi için uygun ortam oluşturmaktadır.

**Toprak yapısı:** Bitkiler için uygun besin içeriğine ve pH yapısına sahip toprak yapısında yetiştiricilik yapılmalıdır. Aşırı sulama, patojenlerin (fungus, bakteri) gelişmesini teşvik eder. Toprak ve yaprak patojenleri için nemin azaltılması ve aşırı nemden kaçınılması gerekmektedir. Aynı şekilde kuraklık da, bitkileri hastalıklara karşı daha hassas hale getirmektedir.

**Sterilizasyon:** Yetiştiricilikte kullanılan alet ekipmanların, elbise, ellerin, vd. steril olmasına dikkat edilmelidir. Toprak sterilizasyonu ile birçok toprak patojenlerinin inaktive olması sağlanabilir. Yine solarizasyon yöntemi ile birçok toprak kökenli fungus, bakteri, virüs vektörü zararlı nematodların ve yabancı ot tohumların ölmesini sağlayabilir.

**Rotasyon:** Arazide sürekli aynı ürünler yetiştirilmemeli, rotasyon uygulanmalıdır. Konukçu olmayan ürünler ile rotasyon, bazı hastalık ve zararlıların oluşturabileceği kayıpları azaltabilmektedir.

**Vektörle mücadele:** Bitkilerden hastalık etmeni taşıyıcı vektörlerin uzak tutulması gerekmektedir. Üretim alanında vektörlerin (böcek, akar, nematod) engellenmesi hem zararlıların vermiş olduğu kayıpları hem de bunların taşıyabileceği hastalıklardan kaynaklanabilecek kayıpları azaltabilecektir. Keneviri enfekte edebilen virüslerin neredeyse tamamı vektörler (afit, beyazsinek, nematod, vd.) ile taşınabilmektedir. Bu nedenle vektörlerin üretim alanlara girişi ve yayılmasını önleyici tedbirlerin alınması, virüslerin engellenmesi açısından da oldukça önem arz etmektedir.

Bazı hastalık etmenlerine (bakteri, fungus) ve taşıyıcı vektörlerine karşı biyolojik ve kimyasal mücadele yapılarak ürünlerde oluşabilecek zararları azaltılmalıdır. Virüse karşı kimyasal mücadele yapılamamakta, ancak kenevir virüs vektörlerine (böcek, nematod) karşı biyolojik ve kimyasal mücadele yapılarak virüsün yayılması engellenebilecektir. Birçok patojen arazi içerisinde ilk olarak yabancı otlarda gelişmekte ve daha sonra kenevir bitkilerine geçebilmektedir. Bu nedenle yabancı ot temizliği birçok hastalık ve zararlıının elemine edilmesini sağlayabilecektir.

**TEŞEKKÜR**

Kenevir konusunda kaynak temininde yardımları için, OMÜ Kenevir Araştırmaları Enstitüsü müdürü Prof.Dr. Selim Aytaç'a teşekkür ederim.

**KAYNAKLAR**

- Agrios GN, 1997. Plant Pathology, 4th Edition: Academic Press, San Diego, pp. 200-216.
- Al-Saleh MA, Amer MA, 2013. Biological and molecular variability of *Alfalfa mosaic virus* affecting alfalfa crop in Riyadh Region. Plant Pathology Journal, 29: 410-417.
- Andre CM, Hausman JF, Guerriero G, 2016. *Cannabis sativa*. The plant of the thousand and one molecules. Frontiers in Plant Science, 7: 1-17.
- Aytac S, Ayan AK, Arslanoglu SF, 2017. Endüstriyel tip kenevir (*Cannabis sativa* L.) yetiştiriciliği. Karadeniz'in Lif Bitkileri Çalıştayı, 5-6 Mayıs 2017, Samsun.
- Aytac S, 2018. An environmentally friendly plant in terms of oxygen supply: Hemp. ICOEST 4th International Conference on Environmental Science and Technology, September 19-23, Ukraine, pp: 31-34.
- Aytaç S, Gizlenci Ş, Arslanoğlu F, Ayan AK, Efendioğluçelik A, Aksoy D, Paslı R, 2019. Türkiye kenevir genotiplerinin THC ve CBD içerikleri. Uluslararası 19 Mayıs Bilimsel Yaklaşım Kongresi, 27-29 Aralık 2019, Samsun.
- Bakro F, Wielgusz K, Bunalski M, Jedryczka M, 2018. An overview of pathogen and insect threats to fibre and oilseed hemp (*Cannabis sativa* L.) and methods for their biocontrol. Integrated Control in Oilseed Crops IOBC-WPRS Bulletin, 136: 9-20.
- Blattny C, Osvald CV, Novak J, 1950. Virosoy a z viros podezrele zjevy u konopi. Ochrana Rostlin, 23: 5-9.
- Edwardson JR, Christie RG, 1997. Viruses infecting peppers and other solanaceous crops, Vol. 1, Monograph 18-1. University of Florida Agricultural Experiment Station, Florida.
- EPPO, 2002. Arabis mosaic nepovirus. Data Sheets on Quarantine Pests. EPPO Global Database. <https://gd.eppo.int/taxon/ARMV00/distribution> (Erişim tarihi: 20.12.2019)
- Dingha B, Sandler L, Bhowmik A, Akotsen-Mensah C, Jackai L, Gibson K, Turco R, 2019. Industrial hemp knowledge and interest among North Carolina organic farmers in the United States. Sustainability, 11: 2691.
- Gallitelli D, 2000. The ecology of cucumber mosaic virus and sustainable agriculture. Virus Research, 71: 9-12.
- Gedik G, Avinç OO, Yavaş A, 2010. Kenevir lifinin özellikleri ve tekstil endüstrisinde kullanımıyla sağladığı avantajlar. Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi, 4: 39-48.
- Ghani M, Basit A, 1975. Investigations on the natural enemies of marijuana, *Cannabis sativa* L. and *Opium poppy*, *Papaver somniferum* L. Annual Report, Commonwealth Institute of Biological Control, Pakistan station, 8 pp.
- Giladi Y, Hadad L, Luria N, Cranshaw W, Lachman O, Dombrovsky A, 2019. First report of Beet curly top virus infecting *Cannabis sativa* L., in Western Colorado. Plant Disease, <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-19-1656-PDN>
- Gildow FE, Shah DA, Sackett WM, Butzler T, Nault BA, Fleischer SJ, 2008. Transmission efficiency of Cucumber mosaic virus by aphids associated with virus epidemics in snap bean. Phytopathology, 98: 1233-1241.
- Gizlenci Ş, Acar M, Yiğen Ç, Aytaç S, 2019. Kenevir Tarımı. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) Yayınları. s: 66.
- Grabowska L, Rębarz M, Chudy M, 2009. Breeding and cultivation of industrial hemp in Poland. Herba Polonica, 55: 328-334.
- Hadad L, Luria N, Smith E, Sela N, Lachman O, Dombrovsky A, 2019. Lettuce chlorosis virus disease: A new threat to cannabis production. Viruses, 11: 802.
- Hughes JDA, Odu BO, 2003. Plant Virology in Sub-Saharan Africa: Proceedings of a Conference Organized by IITA: International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria. IITA.
- Jaspars EMJ, Bos L, 1980. Alfalfa mosaic virus. 229.
- Jeffries CJ, 1998. FAO/IPGRI Technical guidelines for the safe movement of germplasm: Potato, 19: 73-79.



- Kegler H, Spaar D., 1997. Kurzmitteilung zur Virusanfälligkeit von Hanfsorten (*Cannabis sativa* L.). Archives Phytopathologie, 30: 457-464.
- Kominek P, Svoboda P, Abou Ghanem-Sabanadzovic N, 2003. Improved detection of Arabis mosaic virus in grapevine and hop plants. Acta Virologica, 47: 199-200.
- Kumari R., Bhardwaj P, Singh L., Zaidi AA, Hallan V, 2013. Biological and molecular characterization of Cucumber mosaic virus Subgroup II Isolate causing severe mosaic in cucumber. Indian Journal of Virology 24: 27-34.
- Lisson SX, Mendham NJ, 1995. Tasmanian hemp research. Journal of International Hemp Association, 2: 82-85.
- Ma LJ, Geiser DM, Proctor RH, Rooney AP, O'Donnell K, Trail F, Kazan K, 2013. Fusarium pathogenomics. Annual Review of Microbiology, 67: 399-416.
- McPartland JM, 1983. *Phomopsis ganjiae* sp. nov. on *Cannabis sativa*. Mycotaxon, 18: 527-530.
- McPartland JM, 1995: *Cannabis* pathogens XI: *Septoria* spp. on *Cannabis sativa* sensu stricto. Sydowia, 47: 44-53.
- McPartland JM, 1996. A review of *Cannabis* diseases. Journal of the International Hemp Association 3: 19-23.
- McPartland JM, Clarke RC, Watson DP, 2000. Hemp diseases and pests: Management and biological control. New York: CABI Publishing.
- McPartland JM, 2003. Diseases of hemp. <https://www.apsnet.org/edcenter/resources/commonnames/Pages/Hemp.aspx>
- Nykter M, 2006 Microbial quality of hemp (*Cannabis sativa* L.) and flax (*Linum usitatissimum* L.) from plants to thermal insulation. University of Helsinki Department of Agrotechnology, p.97.
- Ouedraogo RS, Pita JS, Somda IP, Traore O, Roossinck MJ, 2019. Impact of cultivated hosts on the recombination of Cucumber mosaic virus. Journal of Virology, 93: e01770-18.
- Palukaitis P, Roossinck MJ, Dietzgen RG, Francki RIB, 1992. Cucumber mosaic virus. Advances in Virus Research, 41: 281-348.
- Parrella G, 2000. Evidence for two distinct subgroups of Alfalfa mosaic virus (AMV) from France and Italy and their relationships with other AMV strains. Archives of Virology, 145: 2659-2667.
- Pandotra VR, Sastry KSM, 1967. Wilt: a new disease of hemp in India. Indian Journal of Agricultural Science 37: 520.
- Patschk K, Gottwald R, Muller R, 1997. First results of phytopathological observations in hemp cultivation in the state of Brandenburg. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes, 49: 286-290.
- Pimentel D, McLaughlin L, Zepp A. 1991: Environmental and economic impacts of reducing U.S. agricultural pesticide use. In: CRC Handbook of Pest Management in Agriculture (Ed. Pimentel D.), 2nd Ed., Vol. I. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 679-686.
- Punja ZK, Collyer D, Scott C, Lung S, Holmes J, Sutton D, 2019. Pathogens and molds affecting production and quality of *Cannabis sativa* L. Frontiers in Plant Science, 10: 1120-1123.
- Ranalli P, 1999. Advances in Hemp Research, CRC Press.
- Righetti L, Paris R, Ratti C, Calassanzio M, Onofri C, Calzolari D, Menzel W, Knierim D, Magagnini G, Pacifico D, Grassi G, 2018. Not the one, but the only one: About cannabis cryptic virus in plants showing 'hemp streak' disease symptoms. European Journal of Plant Pathology, 150: 575-588.
- Sands DC, Kennett G, Knox-Zidack N, Miller RV, Ford E. 1987. Demonstration of potential biocontrol agents against *Cannabis*. Department of Plant Pathology, Montana State University, Bozeman, MT. 10 pp.
- Schmelzer K, 1963. Investigations on viruses of ornamental and wild woody plants. 2nd part. Viroses of Forsythia, Lonicera, Ligustrum and Laburnum. Phytopathologische Zeitschrift, 46: 105-138.
- Schmidt HE, Karl E, 1970. Analysis of the viruses of hemp (*Cannabis sativa* L.) with regard to the hemp aphid (*Phorodon cannabis*) as virus vector. Zentralblatt Bakteriologie, Parasitenkunde, Infektionskrankheiten Hygiene, 125: 16-22.
- Scheifele G, 1998. Final report: Determining the feasibility and potential of field production of low THC industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) for fibre and seed grain in northern Ontario. Kemptville College/University of Guelph, Thunder Bay, Ontario, Canada.

- Smith IM, Dunez J, Phillips DH, Lelliott RA, Archer SA. 1988. European Handbook of Plant Diseases. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 583 pp.
- Scholthof KBG, Adkins S, Czosnek H, Palukaitis P, Jacquot E, Hohn T, Hemenway C, 2011. Top 10 plant viruses in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 12: 938-954.
- Soosaar JL, Burch-Smith TM, Dinesh-Kumar SP, 2005. Mechanisms of plant resistance to viruses. *Nature Reviews Microbiology*, 3: 789-798.
- Thresh JM, Ormerod P, 1989. Arabis mosaic virus in English hop plantings. In: *Proceedings of the International Workshop on Hop Virus Diseases*, pp.43-54.
- Whitfield AE, Falk BW, Rotenberg D, 2015. Insect vector-mediated transmission of plant viruses. *Virology*, 479: 278-289.
- Xu H, Nie J, 2006. Identification, characterization and molecular detection of Alfalfa mosaic virus in potato. *Phytopathology*, 96: 1237-1242.
- Zitter TA, Murphy JF, 2009. Cucumber mosaic virus. *The Plant Health Instructor*. DOI: 10.1094/PHI-I-2009-0518-01.

***Dolichomitus kriechebaumeri* (Schulz) (Hymenoptera: Ichneumonidae)'nin *Sphenoptera (Tropeopeltis) tappesi* Marseul, (Coleoptera: Buprestidae) Üzerindeki Popülasyon Gelişimi**

Halil BOLU<sup>1</sup>, Hasan MARAL<sup>2\*</sup>

**ÖZET:** Bu çalışma, Diyarbakır ilinde 2007–2008 yıllarında; kayısı, şeftali, erik ve kiraz türlerinden kurulmuş deneme bahçesinde, *Sphenoptera (Tropeopeltis) tappesi* Marseul (Coleoptera: Buprestidae)'un larva parazitoidi *Dolichomitus kriechebaumeri* (Schulz) (Hymenoptera: Ichneumonidae)'nin popülasyon yoğunluğunun belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Meyve ağaçlarının *S. tappesi*'nin larvaları ile bulaşık bitki kısımları Ekim-Kasım aylarında kök kısımları dâhil olmak üzere sökülerek laboratuvara getirilerek ayrı ayrı kültüre alınmış ve hem zararlı hem de parazitoidin ergin çıkışı beklenmiştir. Çalışma sonucunda parazitoid yoğunluğu şeftali, erik, kiraz ve kayısı çeşitlerinde sırasıyla 274, 102, 26 ve 25 adet olarak tespit edilmiştir. En fazla parazitoid sayısı 86 bireyle Cherokee (Şeftali) çeşidinden elde edilmiştir. Bitki aksamlarındaki yoğunluk incelendiğinde en yüksek yoğunluk 134 bireyle şeftalinin gövdesinde görülmüştür. Parazitoid:zararlı oranı kiraz, şeftali, erik ve kayısıda sırasıyla 3.71, 1.67, 0.40 ve 0.29 olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak *D. kriechebaumeri*'nin GAP illeri meyve alanlarında mücadelesi oldukça zor olan *S. tappesi*'nin kontrolünde önemli bir doğal düşman olduğu, bu nedenle yayılışının dikkatle izlenmesi ve korunması gerektiği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Sphenoptera tappesi*, *Dolichomitus kriechebaumeri*, meyve ağaçları, popülasyon yoğunluğu.

**Population Density of *Dolichomitus kriechebaumeri* (Schulz) (Hymenoptera: Ichneumonidae) on *Sphenoptera (Tropeopeltis) tappesi* Marseul (Coleoptera: Buprestidae)**

**ABSTRACT:** This study was conducted to determine the population development of parasitoid *Dolichomitus kriechebaumeri* (Schulz), larvae parasitoid of *Sphenoptera (Tropeopeltis) tappesi* Marseul, in the experimental orchard which contains apricot, peach, plum and cherry trees between 2007 and 2008 in Diyarbakır province. Plant parts contaminated with *S. tappesi* larvae and its parasitoid *D. kriechebaumeri* were brought to laboratory and cultured separately. As a result of the study, the parasitoid density was determined as 274, 102, 26 and 25 on peach, plum, cherry, and apricot respectively. The highest parasitoid number was obtained from the Cherokee (Peach) cultivar with 86 individuals. The highest density was observed in the trunk of peach trees with 134 individuals. Parasitoid:pest ratio was calculated as 3.71, 1.67, 0.40 and 0.29 on cherry, peach, plum, and apricot. It is concluded that *D. kriechebaumeri* is an important natural enemy of *S. tappesi*, which is very difficult to control in the fruit orchards of the GAP provinces, and therefore its spread should be carefully monitored and protected.

**Keywords:** *Sphenoptera tappesi*, *Dolichomitus kriechebaumeri*, fruit trees, population density.

<sup>1</sup> Halil BOLU (Orcid ID: 0000-0001-5488-0056), Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Diyarbakır, Türkiye

<sup>2</sup> Hasan MARAL (Orcid ID: 0000-0001-9201-8758), Karacadağ Kalkınma Ajansı, Diyarbakır, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Hasan MARAL, e-mail: hasanmaral@hotmail.com

Makale 03-05 Şubat 2014 tarihlerinde Antalya'da düzenlenen "Türkiye V. Bitki Koruma Kongresi'nde" poster olarak sunulmuştur.

## GİRİŞ

Türkiye sahip olduğu iklim koşulları ve toprak yapısı nedeniyle dünyada meyvecilikte söz sahibi ülkelerden biridir. Hem endüstride hem de sofralarda sıklıkla tercih edilen sert çekirdekli meyveler grubu ülkemiz meyve üretiminin %20'sini oluştururken, bu oranın içerisinde en büyük payı %59 ile kayısı, şeftali, erik ve kiraz almaktadır (Anonim, 2018). Dünya toplam meyve üretimi içerisinde Türkiye, kirazda %22, kayısıda %20, şeftalide %3 ve erikte %2,6'lık bir paya sahiptir (Anonymous, 2017).

Sert çekirdekli meyvelerde verim ve kalite kayıplarına neden olan bir çok zararlı tür mevcuttur. Bu zararlı türlerin bir kısmını barındıran *Sphenoptera* Dejean (Coleoptera: Buprestidae) cinsi türleri sıcak ve kurak bölgelerde meyve ağaçlarının kök, gövde ve yapraklarında önemli zararlara neden olmaktadır (Feng ve ark., 2018). Dünyada 1300'ü aşkın türü bulunan bu cinse ait Palaearktik, Afrotropikal ve Oriental bölgelerde 1000'den fazla tür bulunduğu bildirilmiştir (Bellamy 1985, Niehuis ve Tezcan 1993). Türkiye, *Sphenoptera* faunası bakımından çok zengin bir ülkedir. Yurdumuzda 64'ü endemik olmak üzere 112 kadar tür bulunmaktadır (Lodos ve Tezcan 1995). Bu cinse ait önemli zararlılardan biri olan ve sert çekirdekli meyvelere önemli zararlar veren *Sphenoptera (Tropeopeltis) tappesi* Marseul, 1865 (Coleoptera: Buprestidae)'nin Arnavutluk, İran, İsrail, Kıbrıs, Makedonya, Mısır, Suriye, Türkiye, Ürdün ve Yunanistan'da yayılış gösterdiği belirtilmiştir (Balachowsky ve ark., 1962; Georghiou, 1977; Lodos ve Tezcan, 1995; Bolu ve ark., 2005; Kalashian ve Sakalian, 2007; Bolu ve ark., 2011). Zararının ülkemizde Diyarbakır'da badem kayısı, şeftali, erik ve kiraz ağaçlarında zarar yaptığı, zararının larvalarının meyve ağaçlarının gövde, anadal ve yandallarında beslenerek zarar neden olduğu ve zararın özellikle yeni kurulan genç meyve bahçelerinde daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Bolu ve ark., 2005; Bolu ve ark., 2011).

*Sphenoptera* cinsine ait türler larvalarının yaşayış şekilleri nedeniyle mücadelesi en zor gruplardan birisini oluştururlar. Bu nedenle bu cinse ait türlerin doğal düşmanları ve bu doğal düşmanların etkinliklerinin belirlenmesi büyük önem arz etmektedir. Literatürde bu zararlıların doğal düşmanlarına ilişkin sınırlı bilgiler mevcuttur. Waterson (1926), bazı Trichogrammatid (Hymenoptera: Chalcidoidea) türlerinin; Yang ve ark. (2008), bazı Pteromalid (Hymenoptera: Chalcidoidea) türlerinin *Sphenoptera* sp.'nin parazitoidi olduğunu tespit etmiştir. Bolu (2008), *Dolichomitus kriechebaumeri* (Schulz) (Hymenoptera: Ichneumonidae)'nin; Bolu ve ark. (2009) *Atanycolus ivanowi* (Kokujev) (Hymenoptera: Braconidae)'nin *S. tappesi*'nin parazitoidi olduğunu bildirmişlerdir.

Bu çalışma ile *S. tappesi*'nin larva parazitoidi *Dolichomitus kriechebaumeri*'nin populasyon yoğunluğunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma 2007–2008 yıllarından Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümüne ait deneme bahçesinde yürütülmüştür. Bahçe 2002 yılında tesis edilmiş olup, bu çalışmada kayısı (*Prunus armeniaca* L.) (Aprikoz, Hacıhaliloğlu, Soğancı ve Şekerpare çeşitleri), şeftali [*P. persica* (L.) Batsch] (Dixired, Earlyred, Cherokee ve Independence çeşitleri), erik (*P. cerasifera* Ehrh.) (Papaz ve Can çeşitleri), Japon eriği (*P. salicina* Lindl.) (Santarosa çeşidi) ve kiraz (*P. avium* L.) (0900-Ziraat ve Napolyon çeşitleri) ağaçları kullanılmıştır. Her çeşit 40'ar ağaçlık parsellerden oluşmuştur.

*Sphenoptera (Tropeopeltis) tappesi* larvaları ile doğal olarak bulaşık olan bahçede, yapılan gözlemler ile ağaçların gövde ve dallarının kabuk kısmında, kavlama, çatlama ve zamk akıntısı belirtileri görülen, kurumuş veya kurumaya yüz tutmuş ağaçlar tespit edilmiştir. Bu belirtileri gösteren ağaçların zararlı ile bulaşık olabileceği kabul edilmiştir. Zararlı ile bulaşık olarak kabul edilen 69 ağaç 2007 yılının Ekim-Kasım aylarında kök kısımları dâhil olmak üzere sökülerek laboratuvara getirilmiştir. Kök, gövde,

anadal ve yandal olmak üzere kısımlara ayrılan ve kesilerek parçalanmış ağaçlar 30X30X30 ebatlarındaki plastik kaplara konularak, kapların üzeri sık dokunmuş bez ile kapatılmıştır. Parazitoid:zararlı oranının hesabında her bir ağaç üzerinde bulunan toplam parazitoidler sayılmış ve aynı ağaç üzerinde bulunan toplam zararlı sayısına oranlanmıştır.

Bu işlemler her meyve çeşidi ve ağaç kısımları için ayrı ayrı yapılmıştır. Daha sonra bu kaplar,  $26\pm 1$  °C, %65±5 nem ve 16:8 aydınlık/karanlık periyoduna ayarlı iklim odasına alınmıştır. 2008 yılının mart ayından itibaren ergin çıkışları başlamıştır. Haziran ayına kadar çıkışlar devam etmiştir. Ergin çıkışları tamamlandığında kültür kaplarından örnekler toplanarak usulüne göre etiketlenmiş ve kaydedilmiştir. Böylece kültüre alınan ağaç kısımlarından zararlı ve parazitoidlerin ergin dönemleri elde edilmiştir.

Zararlının teşhisi, Sayın Prof. Dr. Göksel TOZLU (Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Erzurum) ve parazitoidin teşhisi Sayın Dr. Yasemin ÖZDEMİR (Ankara Ziraat Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü) tarafından yapılmıştır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma sonucunda kayısı, şeftali, erik ve kiraz ağaçlarının gövde, anadal ve yandallarında zarar yapan *S. tappesi* (Şekil 1) ve parazitoidi *D. kriechebaumeri*'nin (Şekil 2) ergin sayıları Çizelge 1'de verilmiştir.

**Çizelge 1.** *Sphenoptera tappesi* (Z) ve *Dolichomitus kriechebaumeri* (P)'nin değişik meyve ağaçları ve çeşitlerinden elde edilen ergin sayıları

Tür	Çeşitler	Gövde		Anadal		Yandal		Toplam	
		Z	P	Z	P	Z	P	Z	P
Erik	Can	16	2♀1♂	45	11♀6♂	15	3♀5♂	76	16♀12♂
	Formosa	-	-	-	-	-	-	-	-
	Giant	37	11♀6♂	-	-	-	-	37	11♀6♂
	Papaz	27	10♀	9	5♀2♂	2	5♀3♂	38	20♀5♂
	President	-	-	59	9♀14♂	9	2♀5♂	68	11♀19♂
	Santarosa	67	1♂	7	1♀	10	-	84	1♀1♂
	Stanley	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>Total</b>	<b>147</b>	<b>23♀8♂</b>	<b>120</b>	<b>26♀22♂</b>	<b>36</b>	<b>10♀13♂</b>	<b>303</b>	<b>59♀43♂</b>
Kayısı	Aprikoz	7	7♀	10	3♀3♂	-	-	17	10♀3♂
	Hacıhaliloğlu	9	1♀	3	-	-	-	12	1♀
	Roxana	7	2♀	-	-	-	-	7	2♀
	Soğancı	1	-	8	1♀	-	-	14	1♀
	Şekerpare	8	4♀3♂	16	1♀	12	-	36	5♀3♂
	Thirynte	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>Total</b>	<b>32</b>	<b>14♀3♂</b>	<b>37</b>	<b>5♀3♂</b>	<b>17</b>	<b>-</b>	<b>86</b>	<b>19♀6♂</b>
Kiraz	Lambert	-	-	-	-	-	-	-	-
	Napolyon	-	-	-	-	-	-	-	-
	Starks Gold	-	1♂	-	-	-	-	-	1♂
	Van	-	1♂	-	-	-	-	-	1♂
	0900-Ziraat	7	15♀9♂	-	-	-	-	7	15♀9♂
	<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>15♀11♂</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>7</b>	<b>15♀11♂</b>
Şeftali	Cherokee	19	12♀12♂	12	29♀20♂	9	3♀10♂	40	44♀42♂
	Dixired	21	17♀12♂	30	10♀15♂	9	6♀7♂	60	33♀34♂
	Earlyred	28	29♀24♂	5	2♀7♂	4	1♂	37	31♀32♂
	Independence	20	16♀12♂	5	9♀18♂	2	1♀2♂	27	26♀32♂
	<b>Total</b>	<b>88</b>	<b>74♀60♂</b>	<b>52</b>	<b>50♀60♂</b>	<b>24</b>	<b>10♀20♂</b>	<b>164</b>	<b>134♀140♂</b>
<b>Genel Toplam</b>	<b>274</b>	<b>126♀82♂</b>	<b>209</b>	<b>81♀85♂</b>	<b>77</b>	<b>20♀33♂</b>	<b>560</b>	<b>227♀200♂</b>	



Çizelge 1 incelendiğinde, en yüksek parazitoid yoğunluğunun şeftalide (134 dişi, 140 erkek), en düşük yoğunluğun ise kayısıda olduğu (19 dişi, 6 erkek) görülmektedir. Bitki aksamlarındaki yoğunluk incelendiğinde en yüksek yoğunluk şeftalinin gövdesinde görülürken (74 dişi, 60 erkek), kayısı ve kirazın yan dallarından herhangi bir parazitoid elde edilememiştir.

Çeşitler incelendiğinde en yüksek parazitoid yoğunluğu 86 ergin (44 dişi, 42 erkek) ile Cherokee (Şeftali) çeşidinden elde edilirken, Formosa, Stanley (Erik), Thirynte (Kayısı), Lambert ve Napolyon (Kiraz) çeşitlerinden herhangi bir parazitoid elde edilememiştir.

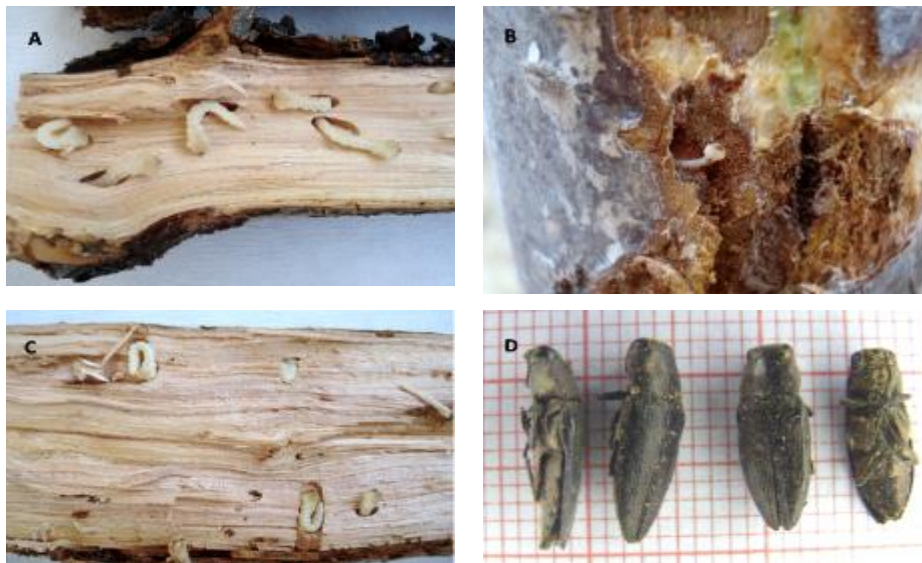
Ağaçlardan elde edilen parazitoid:zararlı oranı kirazda 3.71, şeftalide 1.67, erikte 0.40 ve kayısıda 0.29 olarak hesaplanmıştır. Tüm araştırmadaki genel oran 0,76 olarak tespit edilmiştir. Parazitoidin eşey oranı yaklaşık 1/1 olarak belirlenmiştir.

*Sphenoptera (Tropeopeltis) tappesi* meyve ağaçlarının en önemli zararlılarından birisidir (Bolu ve ark. 2005) (Şekil 2). *S. tappesi* bu kadar önemli bir zararlı olmasına rağmen hem zararlı hakkında hem de larva parazitoidi *Dolichomitus kriechebaumeri* hakkında literatürde çok az bilgi mevcuttur.

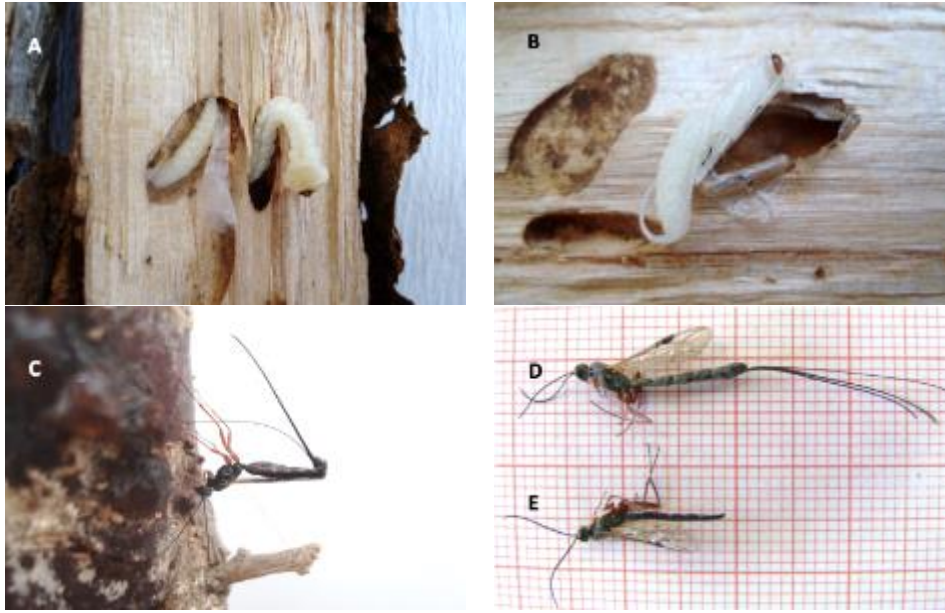
Yu ve ark. (2005), Batı Palearktik bölgede *Dolichomitus* Smith (Hymenoptera: Ichneumonidae) cinsine ait 27 tür olduğunu, Choi ve ark. (2016), *Dolichomitus* türlerinin meyve ağaçlarının odun dokularında zarar yapan bir çok coleopter türünün parazitoidi olduğunu bildirmiştir.

Altay (1966), *Cydia molesta* (Busck.) (Lepidoptera: Tortricidae)'nın Aubert (1969), *Anthaxia manca* L. (Coleoptera: Buprestidae)'nın ve Kalashyan (1984), *Anthaxia caucasica* Ab. (Coleoptera: Buprestidae)'nın *D. kriechebaumeri*'nin konukçuları arasında yer aldığını tespit etmiştir. Çınar ve ark. (2004) bazı buprestid türlerinin *D. kriechebaumeri*'nin konukçuları olduğunu bildirmiştir. Zwakhals (2010), *D. kriechebaumeri*'nin literatürde bazı çalışmalarda belirtildiği gibi Cerambycidae (Coleoptera) larvalarına değil, Buprestidae larvalarına özelleşmiş bir parazitoid olma ihtimalinin daha yüksek olduğunu belirtmiştir.

Kishi (1970), *Dolichomitus* sp.'nin Curculionidae (Coleoptera) familyasına bağlı değişik konukçular üzerindeki eşey oranlarını tespit amacıyla bir çalışma yürütmüş ve çalışma sonucunda *Pissodes nitidus* Roel. üzerinden elde 42 bireyin tümünün erkek olduğunu, *Shirahoshizo* spp. üzerinden elde edilen 90 bireyin 8'inin dişi, 82'sinin erkek olduğunu ve *Niphades variegatus* Roel. üzerinden elde edilen 93 bireyin 54'ünün dişi 39'unun erkek olduğunu tespit etmiştir.



Şekil 1. *Sphenoptera tappesi*'nin A-yandal içerisinde beslenen larvaları; B- ağacın gövdesinde beslenen larvası; C- prepupa dönemi; D- ergin dönemi.



**Şekil 2.** *Dolichomitus kriechebaumeri*'nin A- prepupa dönemi (resmin solu); B- pupa dönemi; C- dişisinin gövde içerisindeki *Sphenoptera tappesi* larvasını parazitleme anı; D- dişisi; E- erkeği.

Bolu (2008), Diyarbakır ilinde erik ve şeftali ağaçlarında zarar yapan *S. tappesi*'nin dünya için yeni kayıt olan doğal düşmanı *D. kriechebaumeri* hakkında bilgi vermiştir. Araştırmacı 28 *S. tappesi* larvasından 4'ü şeftali, 2'si erik ağaçlarından olmak üzere 6 parazitoid elde etmiştir.

## SONUÇ

Bu çalışma ile meyve ağaçlarının her geçen gün önemi artan zararlılarından birisi olan *S. tappesi*'nin parazitoidi *D. kriechebaumeri*'nin erginlerinin değişik meyve ağaçlarındaki yoğunluğu araştırılmıştır. Parazitoidin etkinliğinde larva sayısından ziyade, eldeki bulgular neticesinde ağacın yapısının önemli olabileceği kanısına varılmıştır. Güneydoğu Anadolu Projesi kapsamında birçok sulama projesi tamamlanmış ve tarlalara su verilmeye başlanmıştır. Bölgede sulama imkanlarının katma değerli üretime dönüştürülmesi amacıyla kapama bahçe kurulumuna yönelik bir çok devlet desteği verilmiş ve bu sayede kurulan bahçe sayısı önemli oranda artış göstermiştir. Bu bahçelerde maksimum verimi elde etmek ve nitelikli üretim yapabilmek için Diyarbakır, Elazığ ve Mardin illeri meyve alanlarında her gün önemi artan ve mücadelesi oldukça zor olan *S. tappesi*'nin yayılışının dikkatle izlenmesi ve parazitoidi *D. kriechebaumeri*'nin korunması gerekmektedir.

## TEŞEKKÜR

*Sphenoptera (Tropeopeltis) tappesi*'nin teşhisini yapan Sayın Prof. Dr. Göksel TOZLU'ya (Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Erzurum) ve *Dolichomitus kriechebaumeri*'nin teşhisini yapan Sayın Dr. Yasemin ÖZDEMİR'e (Ankara Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü) teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

- Anonymous, 2017. FAO, Crop Production Statistics, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>, (Erişim Tarihi: 26.10.2019).
- Anonim, 2018. Tarım ve Orman Bakanlığı, Bitkisel Üretim İstatistikleri, <https://www.tarimorman.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler/BUGEM.pdf>, (Erişim Tarihi: 26.10.2019).
- Altay M, 1966. Investigations on Biology and Control of *Laspeyresia molesta* Busck in Bursa Province and Marmara Region, Teknik Bulten 1, Yenilik Basimevi, 55 s., İstanbul.

- Aubert JF, 1969. Les Ichneumonides Ouest-Paléarctiques et Leurs Hôtes, Tome, 1: Pimplinae, Xoridinae, Acaenitinae. Laboratoire d'Evolution des Etres Organises, 302 pp., Paris-France.
- Feng CY, Zhang L, Li W, Yang X, Zong S, Balachowsky, 2018. Cold Hardiness of Overwintering Larvae of *Sphenoptera* sp. (Coleoptera: Buprestidae) in Western China. Journal of Economic Entomology, 111(1): 247-251.
- Balachowsky A, Davatchi A, Descarpentries A, 1962. Famille des Buprestidae. In: Entomologie Appliquee a L'Agriculture. Tome I, 564 p.
- Bellamy CL, 1985. A Catalogue of The Higher Taxa of The Family Buprestidae (Coleoptera). Navorsinge van die Nasionale Museum, Bloemfontein, 4 (15): 405-472.
- Bolu H, 2008. A New Host *Sphenoptera tappesi* Marseul (Coleoptera: Buprestidae) for *Dolichomitus kriechebaumeri* (Schulz) (Hymenoptera: Ichneumonidae) from Turkey. Turkish Journal of Zoology, 32: 225-226.
- Bolu H., Ozgen İ, Çınar M, 2005. Dominancy of Insect Families and Species Recorded in Almond Orchards of Turkey. Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica, 40 (1-2): 145-157.
- Bolu H, Beyarslan A, Yıldırım H, Aktürk Z, 2009. Two New Host Records of *Atanycolus ivanowi* (Kokujev, 1898) (Hymenoptera: Braconidae) from Turkey. Türkiye Entomoloji Dergisi, 33 (4): 279-287.
- Bolu H, Aktürk Z, Yıldırım H, 2011. Diyarbakır ilinde *Sphenoptera (Tropeopeltis) tappesi* Marseul, 1865 (Coleoptera: Buprestidae)'nin Bazı Meyve Ağaçlarındaki Ergin Yoğunluğunun Tespiti. Bitki Koruma Bülteni, 51(3): 255-266.
- Choi JK, Kolaro J, Jeong CJ, Lee JW, 2016. A Taxonomic Review of the Genus *Dolichomitus* Smith (Hymenoptera: Ichneumonidae: Pimplinae) From South Korea With Descriptions of two New Species. Zootaxa, 4132(2): 235-253.
- Çınar M, Çimen İ, Bolu H, 2004. Elazığ ve Mardin İlleri Kiraz Ağaçlarında Zararlı Olan Türler, Doğal Düşmanları ve Önemlileri Üzerindeki Gözlemler. Türkiye Entomoloji Dergisi, 28: 1-11.
- Georghiou GP, 1977. The Insects and Mites of Cyprus. Kiphissia, 347 p., Greece- Athens.
- Kalashian MY, 1984. Species of Parasites of Armenian Metallic Wood-borers (Coleoptera, Buprestidae). Biological Journal of Armenia , 37: 986-987.
- Kalashian MY, Sakalin VP, 2007. A Review of the Genus *Sphenoptera* Dejean, 1833 (Coleoptera: Buprestidae) of the Balkan Peninsula. Acta Zoologica Bulgarica, 59(1):17-28.
- Kishi Y, 1970. Difference in the Sex Ratio of the Pine Bark Weevil Parasite, *Dolichomitus* sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae), Emerging from Different Host Species. Applied Entomology and Zoology, 5(3): 126-132.
- Lodos N, Tezcan S, 1995. Türkiye Entomolojisi V Buprestidae (Genel Uygulamalı ve Faunistik). Entomoloji Derneği Yayınları No: 8. Ege Üniversitesi Basımevi, 138 s, Bornova-İzmir.
- Niehuis M, Tezcan S, 1993. Beitrag Zur Kenntnis Der Agrilus-arten Der Türkei (Coleoptera: Buprestidae). Mitteilungen des Internationalen Entomologischen Vereins, 18: 1-74.
- Waterson J, 1926. On a New Trichogrammatid (Hym., Chalcidoidea) Parasite of the Cotton Stemborer (*Sphenoptera* sp.). Bulletin of Entomological Research, 16(4): 309-313.
- Yang ZQ, Wang XY, Gould JR, Wu H, 2008. Host specificity of *Spathius agrili* Yang (Hymenoptera: Braconidae), an Important Parasitoid of the Emerald Ash Borer. Biological Control, 47: 216-221.
- Yu DS, Van Achterberg C, Horstmann K, 2005. World Ichneumonoidea- Taxonomy, Biology, Morphology and Distribution. Taxapad. Vancouver, Canada.
- Zwakhals K, 2010. Identification of Western Palearctic *Dolichomitus* species (Hymenoptera: Ichneumonidae: Pimplinae). Entomologische Berichten, 70(4): 111-127.

**Ticari ve Lokal Kefir Danelerinden Elde Edilen Kefirlerin Biyoaktivitelerinin Karşılaştırılması**Side Selin Su YİRMİBEŞOĞLU<sup>1</sup>, Burcu Emine TEFON ÖZTÜRK<sup>1\*</sup>

**ÖZET:** Fermente süt ürünlerinden kefir özellikle son yıllarda sağlık üzerindeki etkileri nedeniyle sıklıkla tercih edilmektedir. Geleneksel yöntemle hazırlanan kefirde kullanılan danelerin mikrobiyolojik içerikleri, elde edildikleri bölge ile oldukça ilişkilidir ve üretilen kefirin özelliklerini doğrudan etkilemektedir. Dolayısıyla kullanılan danelerin biyoaktivitelerinin incelenmesi önem teşkil etmektedir. Bu çalışmada Antalya, Türkiye bölgesinden lokal bir dane ve ticari dane ile fermente edilen keçi ve inek sütleri kefirlerinin biyoaktivitelerinin karşılaştırmalı analizi yapılmıştır. Bu amaçla, kefir örneklerinin mikrobiyolojik analizleri, antibakteriyel, antioksidan aktivite analizleri, toplam fenolik madde ve toplam flavonoid miktar tayinleri yapılmıştır. Elde ettiğimiz sonuçlar lokal dane ile elde edilen kefirlerin antioksidan ve antibakteriyel aktivitelerinin ticari dane ile üretilenlere oldukça yakın olduğu ve aynı zamanda fenolik madde ve flavonoid açısından tüketicilerin güvenle kullanabilecekleri bir alternatif olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Kefir, antimikrobiyal aktivite, antioksidan, toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde

**Bioactivity Comparison of Kefirs Obtained from Commercial and Local Kefir Grains**

**ABSTRACT:** For recent years fermented milk products, especially kefir, are highly preferred food product due to their positive and therapeutic effects on health. Microbial composition of the kefir grains directly related with the region they are obtained and affect properties of kefir straightforwardly in traditional fermentation method. Therefore, bioactivity investigation of kefir grains used in fermentation process has great importance. In this study, comparative bioactivity analysis of cow milk and goat milk kefirs fermented with one local grain obtained from Antalya, Turkey and one commercial grain are demonstrated. For this purpose, microbiological analysis, antibacterial and antioxidant activity analysis, total phenolic and total flavonoid compound measurements of kefir samples were done. Our results concluded that, antibacterial and antioxidant activity of kefirs fermented with local grain are almost similar to those fermented with commercial grain and local grain kefirs can be a valuable and safe alternative for consumers due to its phenolic compound and flavonoid content.

**Keywords:** Kefir, antimicrobial activity, phenolic content, total flavonoid content

<sup>1</sup> Side Selin Su YİRMİBEŞOĞLU (Orcid ID: 0000-0003- 4196-7149), Burcu Emine TEFON ÖZTÜRK (Orcid ID: 0000-0003-1690-9879), Akdeniz Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü, 07070 Antalya, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Burcu Emine TEFON ÖZTÜRK, e-mail: burcutefon@akdeniz.edu.tr



## GİRİŞ

Günümüzde sütün besin içeriğini korumak ve depolama süresini arttırmak için tüm dünyada sıklıkla tercih edilen fermantasyon ürünlerinden biri, yüzyıllar önce Kafkaslar, Tibet ve Moğolistan'dan dünyaya yayıldığı düşünülen kefirdir (Irigoyen ve ark., 2005). Kefir, çeşitli bakteri ve maya türlerinin simbiyotik birleşiminden oluşan dinamik yapısı olan bir içecektir (Otles ve Cagindi, 2003; Rodrigues ve ark., 2005; Bengoa ve ark., 2019). Bu fermente ürünler aynı zamanda terapötik etkileri nedeniyle tüketicilerin diyetlerinde sıklıkla yer bulmuştur (Farnwoth, 2006; Fiorda ve ark., 2017). Geleneksel yöntemlerle evlerde yapılan kefirlerde büyükbaş hayvan sütlerinden yararlanılmaktadır (Altay ve ark., 2013). Fakat insanların beslenme alışkanlıklarına bağlı olarak keçi, koyun gibi hayvansal sütler ya da hindistan cevizi, pirinç ve soya sütü gibi bitkisel kaynaklar da kefir üretiminde kullanılmaktadır (Otles ve Cagindi, 2003). Fermantasyon için kullanılan kaynak ve kullanılan başlangıç kültürünün mikrobiyal bileşimi, fermente ürünün içeriğini doğrudan etkilediği için elde edilen kefirlerin tat ve terapötik etkileri kullanılan kaynağa ve kefir danesinin mikrobiyal kompozisyonuna bağlı olarak farklılıklar göstermektedir (Dertli ve Çon, 2017). Endüstriyel olarak üretilen kefirlerde kullanılan bakteri ve mayaların birleşimi, geleneksel yöntemde kullanılan daneden farklı olduğundan üretilen fermente ürünlerin içerikleri farklılık göstermektedir (Davras ve ark., 2018). Kefir oluşurken ortaya çıkan süt kaynaklı antioksidan peptitlerin, radikallerin temizlenmesinde veya bu radikallerin oluşumunun önlenmesinde büyük etkisi olduğu gösterilmiştir (Mohanty ve ark., 2016). Tüketiciler diyetlerine eklemek için meyve, sebze gibi doğal antioksidanları, toksik, karsinojenik ve güvensiz yapıdaki yapay üretilmiş antioksidanlara tercih etmektedirler (Bartosz, 2013; Landete, 2013). Bu noktada kefir, yüksek antioksidan içeriği ile de tüketiciler tarafından sıklıkla tercih edilen fermente bir süt ürünü olarak yüksek tüketime sahiptir (Yılmaz-Ersan, 2018).

Bu çalışmada, inek ve keçi sütünün bir ticari ve bir lokal kefir danesi kullanılarak fermente edilmesi ile üretilen kefirlerin antibakteriyel ve antioksidan özellikleri karşılaştırılmış, toplam fenolik madde ve toplam flavonoid miktarları tayin edilerek mikrobiyolojik özellikleri değerlendirilmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Başlangıç Kefir Kültürleri ve Sütler

Lokal 1 (L1) kefir danesi, Antalya'da (Türkiye) kendi tüketimleri için sürekli kefir üreten bir aileden alınmıştır. Ticari tanımlanmış kefir olarak Danem (D) (Danem Süt ve Süt Ürünleri, Isparta, Türkiye) kullanılmıştır. İnek sütü olarak tam yağlı UHT inek sütü (Migros, İstanbul, Türkiye) ve tam yağlı UHT keçi sütü yerel marketten (Baltalı Gıda ve Hayvancılık, İzmir, Türkiye) alınmıştır.

### Kefirlerin Hazırlanması

Kefir daneleri, 100 ml inek sütüne aşılanarak aktifleştirilmiştir. Aşılanan örnekler 24 saat oda sıcaklığında bekletilmiş, steril plastik süzgeçten geçirilerek daneler toplanmış ve ürünlerin pH ölçümü yapılmıştır. Toplanan kefir daneleri dH<sub>2</sub>O ile iki kere yıkandıktan sonra tartılmış, %1 kefir danesi ile inek ve keçi sütü aşılama yapılmış ve örneklerin pH'ları 4.6 ya ulaşınca kadar oda sıcaklığında fermantasyona bırakılmıştır. Fermantasyon sonunda kefir daneleri toplanmış, dH<sub>2</sub>O ile iki kere yıkayıp süt içinde +4°C'de saklanmıştır.

### Kefir Örneklerinin Mikrobiyolojik Profilleri

L1 ve D danelerinin mikrobiyolojik profilleri belirlenmiştir. Maya sayımı için Yeast Extract Glucose Chloramphenicol (YGC) (Merck, Almanya) (Witthuhn ve ark., 2005), toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı için Plate Count Agar (PCA) (Merck, Almanya) (Mainville ve ark., 2001), laktobasil sayımı için De Man Rogosa Sharp Agar (MRS), laktokok sayımı için M17 Agar (Irigoyen ve



ark., 2005) kullanılmıştır. Lökonostok sayımı için Mayeux, Sandline and Elliker (MSE) Agar kullanılmıştır (Fontán ve ark., 2006; Aşçı Arslan, A., 2015) Koliform sayımı için Violet Red Blue (VRB) Agar kullanılmıştır (Anonymous, 2006). İnkübasyonu takiben koloni sayımları yapılmış, kob ml<sup>-1</sup> olacak şekilde Eşitlik 1.'e göre hesaplanmış ve logaritması alınarak log kob ml<sup>-1</sup> birimine dönüştürülmüştür:

$$N=C/[V(n_1+0.1X n_2 )Xd] \quad (1)$$

Eşitlik 1.'e göre N, gıda örneğinin 1 g ya da 1 ml'sinde bulunan mikroorganizma sayısı; C sayımı yapılan tüm petri kutularındaki toplam koloni sayısı; V sayımı yapılan petri kutularına aktarılan hacim (ml); n<sub>1</sub> ilk seyreltiden yapılan sayımlarda sayım yapılan petri kutusu adedi; n<sub>2</sub> ikinci seyreltiden yapılan sayımlarda sayım yapılan petri kutusu adedi; d, sayımın yapıldığı ardışık 2 seyreltiden daha konsantre olanın seyreltme oranıdır (Halkman, 2000).

### Antibakteriyel Testler ve Kullanılan Bakteri Suşları

Kefir örneklerinin antibakteriyel test için hazırlanmasında Kim ve ark. (2016)'nın çalışmasındaki protokol kullanılmıştır. Süzülen kefir örnekleri 3200 g'de 10 dak santrifüjlenmiş, süpernatantlar toplanarak 0.45 µm por çaplı filtrelerden geçirilmiştir. Antibakteriyel etkilerin belirlenmesi için disk difüzyon metodu kullanılmıştır (Clinical and Laboratory Standards Institute, 2012). Steril disklere (Whatman No. 3.6 mm çaplı) 50 µl kefir örneklerinden, inek ve keçi sütlerinden, ampisilin (25 µg ml<sup>-1</sup>) (Sigma Aldrich), ve kanamisin (50 µg ml<sup>-1</sup>) (Sigma Aldrich) emdirilmiştir.

Antibakteriyel testlerde kullanılacak olan bakteri suşları *Bacillus cereus* (DSM 22648), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853), *Klebsiella pneumonia* (ATCC 13883), *Staphylococcus aureus* (ATCC 29213), *Staphylococcus. epidermidis* (ATCC 12228), *Escherichia coli* (ATCC 35218) ve Akdeniz Üniversitesi Klinik Mikrobiyoloji Bölümü'nden alınan hasta izolatu *Proteus mirabilis* ve *Listeria monocytogenes* katı besi yerine (Merck KGaA, Almanya) %0.85'lik NaCl (Sigma Aldrich, ABD) solüsyonu içerisinde 0.5 McFarland'a ayarlanmıştır. Bakteri solüsyonlarından 200 µl besi yerine yayılıp üzerine diskler yerleştirilmiş, 37°C'de 24 saat inkübe edildikten sonra oluşan inhibisyon zon çapları ölçülmüştür. Tüm antibakteriyel testler üç tekrar olarak yapılmıştır.

### Antioksidan Aktivitesi Tayini

Antioksidan aktivitesi için, 2.2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) radikalinin inhibisyonuna dayanan, Von Gadow ve ark. (1997) tarafından kullanılan kolorimetrik yöntem bazı değişiklikler yapılarak kullanılmıştır. Antioksidan aktivitesi ölçümü için 100'er µl sterilize edilmiş örnekler, 4'er ml metanol içerisinde hazırlanmış 6x10<sup>-5</sup> M DPPH (Sigma Aldrich, ABD) çözeltisi ile karıştırılıp, oda sıcaklığında karanlıkta 30 dak bekletilmiştir. Çözeltilerin absorbansı suya karşı 516 nm dalga boyunda okunmuştur. Örneklerin antioksidan aktiviteleri askorbik asit eşleniği olarak hesaplanmıştır. İnhibisyon hesaplamalarında Eşitlik 2 kullanılmıştır:

$$\text{İnhibisyon \%} = [(Absorbans_{Kontrol} - Absorbans_{Örnek}) / Absorbans_{Kontrol}] * 100 \quad (2)$$

### Toplam Fenolik Madde Tayini

Toplam fenolik madde tayini için Skerget ve ark. (2005) çalışmasındaki yöntem izlenmiştir. Folin-Ciocalteu çözeltisi Singleton ve Rossi (1965)'nin çalışmasındaki protokole göre hazırlanmıştır. Filtrelenmiş örneklerden 500 µl alınıp, üzerine dH<sub>2</sub>O ile 10 kat seyreltilmiş Folin-Ciocalteu çözeltisinden 2.5 ml konulup 2 dak beklenmiştir. Bunu takiben karışıma 2 ml %7.5'lik Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (Merck, Almanya) çözeltisi eklenmiş, 30 s vorteks ile karıştırıldıktan sonra 50°C ye ayarlanmış su banyosunda 5 dak bekletilmiştir. Oda sıcaklığına soğutulan örneklerin spektrofotometre yardımıyla

760 nm dalga boyunda absorbans değerleri ölçülmüştür. Elde edilen absorbans değerleri gallik asit (Sigma Aldrich, ABD) eşdeğerine (GAE) dönüştürülmüştür.

### Toplam Flavonoid Madde Tayini

Kefir örneklerinin toplam flavonoid madde tayini için Chang ve ark. (2006) çalışmasındaki alüminyum klorür yöntemi kullanılmıştır. Bunun için filtrelenmiş 500 µl örneğin üzerine 2.5 ml dH<sub>2</sub>O ve 150 µl %5'lik NaNO<sub>2</sub> (Merck, Almanya) çözeltisi eklenmiş ve 30 s vortekslenmiştir. Beş dakika sonra sırasıyla 300 µl %10'luk AlCl<sub>3</sub> (Merck, Almanya) çözeltisi, daha sonra 1 ml 1M NaOH (Sigma Aldrich, ABD) çözeltisi ve 550 µl dH<sub>2</sub>O eklenmiştir. Karışım 5 dak bekletildikten sonra, 510 nm dalga boyunda spektrofotometre ile absorbans ölçümü yapılmıştır. Elde edilen absorbans değerleri, kuersetin eşdeğerine (KE) dönüştürülmüştür.

### İstatistiksel Analiz

Verilerin istatistiki analizi IBM SPSS 22 ile yapılmış ve verilerin karşılaştırmasında Tek Yönlü Varyans Analizi kullanılmıştır. p<0.05 olan değerler istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Kefir Örneklerinin Mikrobiyolojik Profilleri

L1 danesi ile üretilen kefirlerden yapılan mikrobiyolojik profil çalışmalarında, toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı  $2.1 \times 10^6$  kob ml<sup>-1</sup> (6.32 log kob ml<sup>-1</sup>), toplam maya sayısı  $9 \times 10^3$  kob ml<sup>-1</sup> (3.95 log kob ml<sup>-1</sup>), laktokok sayısı  $7.1 \times 10^8$  kob ml<sup>-1</sup> (8.85 log kob ml<sup>-1</sup>), laktobasil sayısı  $2.2 \times 10^8$  kob ml<sup>-1</sup> (8.34 log kob ml<sup>-1</sup>) ve lökonostok sayısı  $6.9 \times 10^6$  kob ml<sup>-1</sup> (6.84 log kob ml<sup>-1</sup>) olarak bulunmuştur. Koliform bakteri üremesi gözlenmemiştir. Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'ne göre kefirlerde toplam spesifik mikroorganizma sayısı en az 10<sup>7</sup> kob ml<sup>-1</sup>, maya sayısı en az 10<sup>4</sup> kob ml<sup>-1</sup> düzeyinde olmalıdır (Anonim, 2009). Çalışmamızda L1 danesi ile üretilen kefir örneklerinin bu tebliğe uygun olduğu görülmektedir.

D danesi ile üretilen kefirlerden yapılan mikrobiyolojik profil çalışmalarında ise, toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı  $1.1 \times 10^9$  kob ml<sup>-1</sup> (9.04 log kob ml<sup>-1</sup>), toplam maya sayısı  $1.8 \times 10^2$  kob ml<sup>-1</sup> (2.25 log kob ml<sup>-1</sup>), laktokok sayısı  $8.4 \times 10^8$  kob ml<sup>-1</sup> (8.92 log kob ml<sup>-1</sup>), laktobasil sayısı  $1.1 \times 10^8$  kob ml<sup>-1</sup> (8.04 log kob ml<sup>-1</sup>) ve lökonostok sayısı  $5.7 \times 10^6$  kob ml<sup>-1</sup> (6.75 log kob ml<sup>-1</sup>) olarak bulunmuştur. Koliform bakteri üremesi gözlenmemiştir. Benzer şekilde, Taş ve ark. (2014)'nin çalışmasına göre Danem daneleri kullanılarak inek sütü ile yapılan kefirin toplam mikroorganizma sayısı  $9.08 \pm 0.03$  log kob ml<sup>-1</sup>, *Lactobacillus* spp. sayısı  $8.99 \pm 0.08$  log kob ml<sup>-1</sup>, *Lactococcus* spp. sayısı  $9.04 \pm 0.03$  log kob ml<sup>-1</sup> ve toplam maya sayısı  $2.00 \pm 0.06$  log kob ml<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur.

L1 danesi ile D danesinden elde edilen örneklerin mikrobiyolojik analiz sonuçları karşılaştırıldığında toplam aerobik mezofilik bakteri ve laktokok sayısının D kefir örneklerinde daha yüksek; toplam maya, laktobasil ve lökonostok sayılarında ise L1 kefir örneklerinde daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar da bize danelerin kompozisyonlarının farklı olduğunu göstermektedir.

### Antibakteriyel Etki

Antibakteriyel etkinin incelenmesinde disk difüzyon metodu kullanılmıştır. Bu teste göre antibakteriyel etkisi araştırılan maddeler diske emdirilerek diskin etrafında büyümenin inhibisyonuna dayalı oluşan temiz bölgenin çapı ölçülerek, test edilen örneğin antibakteriyel etkisi araştırılır. İnhibisyona uğrayan bu bölgenin çapı (inhibisyon zon çapı) ile antibakteriyel etki arasında doğrusal bir korelasyon bulunmaktadır. Çalışmamızda, kullanılan süte bakılmaksızın L1 danesi ile elde edilen kefirlerin antibakteriyel profilleri, D kullanılarak elde edilen kefirlerin antibakteriyel profillerinden

farklıdır. Bunun muhtemel nedeni ise D danesinin mikrobiyal kompozisyonunun, L1'inkinden daha farklı olmasıdır. Antibakteriyel özelliklerdeki farklılıklar yalnızca danelerin floralarındaki farklılıktan kaynaklanmamaktadır. Fermantasyonda kullanılan sütlerin kimyasal yapısı da oluşacak fermente ürünün özelliklerinin belirlenmesinde kefir danesinin kompozisyonu kadar önem teşkil etmektedir (Garrote ve ark., 1998). Ayrıca kontrol olarak kullanılan  $\beta$ -laktam antibiyotiklerinden Ampisilin ve aminoglikozid grubu antibiyotiklerden Kanamisin ile üretilen tüm kefirlerin antibiyotik etkileri karşılaştırıldığında, üretilen kefirlerin antibakteriyel etkisinin düşük olduğu görülmektedir. Bunun temel nedenleri, kullanılan antibiyotiklerin araştırma ölçeğinde saf olması ve üretilen kefirlerde antibakteriyel ajanların yanı sıra birincil ve ikincil metabolitler, bakteriyosinler gibi bir çok molekül bulunması olarak sayılabilir (Ahmed ve ark., 2013).

### İnek sütü kullanılarak yapılan kefirlerin antibakteriyel etkisi

İnek sütü kullanılarak elde edilen tüm kefir örnekleri karşılaştırıldığında, her iki dane için de en büyük inhibisyon zon çapları *S. epidermidis*'te görülmüştür (Çizelge 1). L1 danesi ile yapılan kefirlerde en büyük inhibisyon zonları *S. epidermidis*'ten sonra *K. pneumonia*'da görülmektedir ve bu bakterinin her iki daneden yapılan kefirlerle gösterdiği duyarlılığın birbirine çok yakın olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada L1 kefirinden elde edilen sonuçlar D kefirinden elde edilen sonuçlarla oldukça benzerdir.

**Çizelge 1.** İnek sütü kullanılarak elde edilen kefir örneklerinin antibakteriyel etki testlerinde kullanılan test organizmaları üzerinde oluşturduğu zon çapları (mm)

	Zon çapı ( mm)*							
	SA	PA	SE	KP	BC	EC	LM	PM
<b>Ampisilin</b>	23.4±2.1	17.6±2	29±2.8	22.3±1	17.9±1.2	8.7±0.5	21.1±1.2	20.3±0.8
<b>Kanamisin</b>	22.9±2.8	13.8±1.6	22.8±2.4	12.5±1.6	12.4±1.5	24.5±2.2	22.4±2.1	6±0
<b>İnek Sütü</b>	6±0	6±0	11.6±1.9	6.8±0.7	6±0	6±0	6±0	6±0
<b>Kefir D</b>	9±1.4	6±0	16.7±0.6	14±1.7	13±1.4	6±0	7±0	6±0
<b>Kefir L1</b>	8±1.4	6±0	15.3±1.1	14±1	12±0	6±0	7±0	6±0

\*D: Ticari kefir danesi Danem kullanılarak inek sütünden elde edilmiş kefir, L1: Lokal 1 kefir danesi kullanılarak inek sütünden elde edilmiş kefir, SA: *S. aureus*, PA: *P. aeruginosa*, SE: *S. epidermidis*, KP: *K. pneumonia*, BC: *B. cereus*, EC: *E. coli*, LM: *L. monocytogenes*, PM: *P. mirabilis*

### Keçi sütü kullanılarak yapılan kefirin antibakteriyel etkisi

Keçi sütü kefirlerinden elde edilen sonuçlar incelendiğinde *S. aureus*, *P. aeruginosa* ve *P. mirabilis* bakterilerinin her iki kefir örneğine de dirençli olduğu, en duyarlı bakterinin ise hem D kefirini hem de L1 kefirini için *S. epidermidis* olduğu görülmüştür (Çizelge 2).

Literatürde inek sütü kullanılarak yapılan kefirlerin antibakteriyel aktivitelerini farklı bakteri türleri üzerinde test eden birçok çalışma bulunurken, keçi sütünden yapılan kefirin antibakteriyel aktivitesi Said ve ark. (2019) tarafından *E. coli* ATCC 8739 ve *S. enterica* subsp. *enterica* serovar *typhimurium* ATCC 14028 bakterileri üzerinde test edilmiştir. Bu çalışmada keçi sütünden elde edilen kefirin farklı kısımlarının (kefir peyniri, kefir altı suyu ve kefir danesi) bu iki patojen üzerinde etkisi araştırılmış ve en düşük inhibisyon zonları kefir danesinde görülmüştür. Antibakteriyel aktivite açısından bakıldığında, hem inek hem de keçi sütünden elde edilen kefirlerin antibakteriyel etkileri beklendiği üzere sütlere oranla daha yüksektir. Buna ek olarak, sonuçlarımız kefirin hem Gram-pozitif hem de Gram-negatif bakteriler üzerinde antibakteriyel etkisi olduğunu gösteren çalışmalarını desteklemektedir (Chifiriuc, 2011).

**Çizelge 2.** Keçi sütü kullanılarak elde edilen kefir örneklerinin antibakteriyel etki testlerinde kullanılan test organizmaları üzerinde oluşturduğu zon çapları (mm)

	Zon çapı ( mm)*							
	SA	PA	SE	KP	BC	EC	LM	PM
<b>Ampisilin</b>	23.4±2.1	17.6±2	29±2.8	22.3±1	17.9±1.2	8.7±0.5	21.1±1.2	20.3±0.8
<b>Kanamisin</b>	22.9±2.8	13.8±1.6	22.8±2.4	12.5±1.6	12.4±1.5	24.5±2.2	22.4±2.1	6±0
<b>Keçi Sütü</b>	6±0	6±0	9.3±0.8	6±0	6±0	6±0	6±0	6±0
<b>Kefir D</b>	6±0	6±0	15±0	11.3±2.3	12±2	7.5±0.7	7±0	6±0
<b>Kefir L1</b>	6±0	6±0	16±2	13.3±1.5	8.3±1.5	9.5±0.7	7±0	6±0

\*D: Ticari kefir danesi Danem kullanılarak keçi sütünden elde edilmiş kefir, L1: Lokal 1 kefir danesi kullanılarak keçi sütünden elde edilmiş kefir, SA: *S. aureus*, PA: *P. aeruginosa*, SE: *S. epidermidis*, KP: *K. pneumonia*, BC: *B. cereus*, EC: *E. coli*, LM: *L. monocytogenes*, PM: *P. mirabilis*

### Antioksidan Aktivite

Çalışmamızda üretilen kefirlerin antioksidan özellikleri Çizelge 3'te özetlenmiştir. İnek sütüne göre, L1 danesi ile fermantasyonundan elde edilen kefir %49.63 inhibisyon ve D danesi ile fermantasyonundan elde edilen kefir %52.44 inhibisyon göstermiştir. Keçi sütüne göre kefirlerin inhibisyon yüzdelerine bakıldığında keçi sütünün L1 danesi ile fermantasyonundan elde edilen kefir %33.58 ve keçi sütünün D danesi ile fermantasyonundan elde edilen kefir %38.09 inhibisyon göstermiştir. İnek sütünden farklı olarak keçi sütü ürünlerinde, L1 ve D daneleri arasında antioksidan testleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaktadır ( $p<0.05$ ).

Bu çalışmada inek sütünden elde edilen kefirlerin antioksidan aktivitelerinin, keçi sütünden elde edilen kefiirlere oranla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bunun muhtemel nedeni, fermantasyon süresince kefir danelerinin ortaya çıkardığı süt peptitlerinin miktarının, süt proteinlerinin proteolizinin ve organik asitlerin oluşumunun, inek sütünün protein yapısı ve miktarının keçi sütünden daha farklı olmasıdır (Yılmaz-Ersan, 2016). Her iki süt ile yapılan fermantasyonlarda danelerin genel profili benzer olsa da, L1 danesi ile fermente edilen keçi sütünün antioksidan aktivitesi tüm örnekler arasında en düşük, D danesi ile fermente edilen inek sütünün antioksidan aktivitesi tüm örnekler arasında en yüksektir.

**Çizelge 3.** Üretilen kefirlerin inhibisyon yüzdeleri

	İnek sütü kefiri	Keçi sütü kefiri
<b>Danem</b>	% 52.44±0.50	%38.09±0.44
<b>L1</b>	% 49.63±1.24	%33.58±0.34

### Toplam Fenolik Madde

Keçi ve inek sütünden farklı daneler kullanılarak fermente edilen kefir örneklerinin  $\mu\text{g ml}^{-1}$  GAE cinsinden toplam fenolik madde miktarı sonuçlarına göre kullanılan daneden bağımsız olarak inek sütünden elde edilen kefirlerdeki fenolik madde miktarı, keçi sütünden elde edilen kefiirlere oranla daha yüksektir (Çizelge 4). İnek sütü kullanılarak elde edilen kefirlerden L1 danesi kullanılanların toplam fenolik madde miktarı  $516.61 \mu\text{g ml}^{-1}$  GAE ve D danesi kullanılanların toplam fenolik madde miktarı  $511.23 \mu\text{g ml}^{-1}$  GAE'dir. Toplam fenolik madde içeriği açısından inek sütü fermantasyonunda kullanılan danelerin arasında belirgin bir fark olmamasına karşın, en yüksek sonuç veren örneklerin L1 danesi ile fermente edilmiş örnekler olduğu görülmektedir. Buna karşılık, keçi sütünden elde edilen kefirlerden L1 danesi kullanılanların toplam fenolik madde miktarı  $487.46 \mu\text{g ml}^{-1}$  GAE ve D danesi kullanılanların toplam fenolik madde miktarı  $476.46 \mu\text{g ml}^{-1}$  GAE'dir. İnek sütü fermantasyonunda olduğu gibi keçi sütünde de en etkili dane L1 danesi olarak görülmektedir. Keçi ve inek sütünden elde

edilen kefir örnekleri göz önünde bulundurulduğunda, L1 daneleri ile yapılan kefirlerin toplam fenolik madde miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken ( $p>0.05$ ), D daneleri ile yapılan kefirlerin toplam fenolik madde miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaktadır ( $p<0.05$ ).

**Çizelge 4.** Üretilen kefirlerin toplam fenolik madde miktarları ( $\mu\text{g ml}^{-1}$  GAE)

	İnek sütü kefiri	Keçi sütü kefiri
Danem	511.23±4.14	476.46± 3.03
L1	516.61±34.50	487.46±1.15

### Toplam Flavonoid Madde

Bu çalışmada, toplam flavonoid madde miktarının keçi sütünden elde edilen kefirlerde inek sütünden elde edilen kefirlerle göre daha yüksek olduğu görülmüştür (Çizelge 5). Keçi sütünden elde edilen kefirlerdeki toplam flavonoid miktarlarına bakıldığında, L1 kefirlerinde 190.33 ve D kefirlerinde 3239.67  $\mu\text{g ml}^{-1}$  KE toplam flavonoid madde bulunduğu hesaplanmıştır. Bunun muhtemel nedeni keçi sütünün yapısındaki yağ oranının depolanan flavonoid madde miktarını doğrudan etkilemesi ve keçi sütünün kompozisyonunun inek sütünden farklı olması ile açıklanabilir. Antioksidan aktivite sonuçları ile birlikte değerlendirildiğinde, toplam flavonoid madde miktarının danenin florasından ziyade kullanılan sütün içeriğinden doğrudan etkilendiği sonucu çıkarılabilir.

İnek sütünden L1 ve D daneleri ile elde edilen kefirlerin toplam flavonoid miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Keçi sütünden yapılan D kefirinin toplam flavonoid miktarı, L1 danesi ile elde edilen kefirdeki toplam flavonoid miktarı ile karşılaştırıldığında, bu iki örnek arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmektedir ( $p<0.05$ ). Ayrıca, total flavonoid miktarı açısından keçi sütünden yapılan D kefirinin, diğer tüm kefir örneklerine göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark gösterdiği açıktır ( $p<0.05$ ).

**Çizelge 5.** Üretilen kefirlerin total flavonoid miktarları ( $\mu\text{g ml}^{-1}$  KE)

	İnek sütü kefiri	Keçi sütü kefiri
Danem	167.67±39.86	3239.67±59.00
L1	158.33±30.49	190.33±31.92

### SONUÇ

Kefirin antibakteriyel ve antioksidan aktivite gibi özelliklerinin belirlenmesinde, kullanılan sütün kimyasal özellikleri ve fermantasyonda kullanılan başlangıç kültürünün içeriği temel belirleyiciler olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışmada farklı kefir daneleriyle (D ve L1) aşılanan keçi ve inek sütlerinden elde edilen kefirlerin antibakteriyel ve antioksidan özellikleri, toplam fenolik madde ve toplam flavonoid miktarları karşılaştırılmıştır. Antibakteriyel testler için elde edilen kefir örnekleri ve kontroller *B. cereus*, *K. pneumonia*, *S. aureus*, *S. epidermidis*, *P. aeruginosa*, *E. coli*, hasta izolatu *P. mirabilis* ve hasta izolatu *L. monocytogenes* ile test edilmiştir. Yaptığımız çalışmada, inek sütünden elde edilen kefirlerin *P. aeruginosa*, *E. coli* ve *P. mirabilis*'e karşı etki göstermediği, en çok etkiyi ise sırasıyla *S. epidermidis*, *K. pneumoniae*, *B. cereus*, *S. aureus* ve *L. monocytogenes* hücrelerine karşı gösterdiği belirlenmiştir. Keçi sütünün fermantasyonu ile elde edilen kefir örneklerinde ise *S. aureus*, *P. aeruginosa* ve *P. mirabilis* hücrelerinin etrafında zon görülmezken, en büyük zon çapları sırasıyla *S. epidermidis*, *K. pneumoniae*, *B. cereus*, *E. coli* ve *L. monocytogenes* hücrelerinin etrafında görülmüştür. Elde edilen sonuçlar *P. aeruginosa* haricinde literatür ile uyumludur. Bu açıdan bakıldığında sonuçlarımız; fermente süt ürünlerinin potansiyel yeni antibakteriyel ajanlar içerebileceğini desteklemekle beraber, bu potansiyel yeni antibakteriyel ajanların tanımlanması,



araştırılması ve klinik uygulamalarda kullanılabilmesi amacıyla saflaştırılması konularının önü açık alanlar olduğunu işaret etmektedir.

Bunun yanında, bitkilerle özdeşleştirilen flavonoidlerin, otlama yoluyla hayvanların sütlerinin çeşitli fraksiyonlarında depolanabildiğini gösteren çalışmaların ışığında, fermente süt ürünlerinin toplam fenolik ve flavonoid madde miktarı açısından insanların diyetlerini zenginleştirecek, antioksidan aktivitesi yüksek alternatifler olduğu gösterilmiştir. Özellikle kullanılan sütün ve başlangıç kültürünün içeriğine bağlı olarak, elde edilen fermente ürünün antioksidan özellikleri değişiklik göstermektedir. Bu nedenle, bu özelliklerin ileriki çalışmalarda daha detaylı araştırılması önerilmektedir.

## TEŞEKKÜR

Akdeniz Üniversitesi Tıbbi Mikrobiyoloji Bölümü hocalarından Prof. Dr. Meral Dilara Ögünç'e çalışmalarımıza yaptığı katkılardan dolayı teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

- Ahmed, Z., Wang, Y., Ahmad, A., Khan, S. T., Nisa, M., Ahmad, H., & Afreen, A. 2013. Kefir and health: a contemporary perspective. *Critical reviews in food science and nutrition*, 53 (5), 422-434.
- Altay F, Karbancıoğlu-Güler F, Daskaya-Dikmen C, Heperkan D, 2013. A Review on Traditional Turkish Fermented Non-Alcoholic Beverages: Microbiota, Fermentation Process and Quality Characteristics. *International Journal of Food Microbiology*, 167 (1), 44-56.
- Anonim, 2009. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği. Ankara, Türkiye. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2009/02/20090216-8.htm> (Erişim tarihi: 25.07.2019)
- Anonymous, 2006. International Organization for Standardization, 4832: 2006 Microbiology of Food and Animal Feeding Stuffs—Horizontal Method for the Enumeration of Coliforms—Colony-Count Technique. Geneva. <https://www.iso.org/standard/38282.html> (Erişim tarihi: 20.06.2019)
- Aşçı Arslan A, 2015. Üretim Parametrelerinin Kefirin Fizikokimyasal, Mikrobiyolojik ve Duyusal Özellikleri Üzerine Etkisi ile Üretilen Kefirlerin Antimikrobiyal Peptid Profiline Belirlenmesi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmış)
- Bartosz G, 2013. Food Oxidants and Antioxidants: Chemical, Biological, and Functional Properties. CRC press, pp.1-17, Boca Raton, Florida, USA.
- Bengoa AA, Iraporda C, Garrote GL, Abraham AG, 2019. Kefir Microorganisms: Their Role in Grain Assembly and Health Properties of Fermented Milk. *Journal of Applied Microbiology*, 126 (3), 686-700.
- Chang Q, Zuo Z, Chow MS, Ho WK, 2006. Effect of Storage Temperature on Phenolics Stability in Hawthorn (*Crataegus pinnatifida* var. major) Fruits and A Hawthorn drink. *Food Chemistry*, 98 (3), 426-430
- Chifiriuc MC, Cioaca AB, Lazar V, 2011. In Vitro Assay of the Antimicrobial Activity of Kefir Against Bacterial and Fungal Strains. *Anaerobe*, 17(6), 433-435.
- Clinical and Laboratory Standards Institute, 2012. Performance Standards for Antimicrobial Disk Susceptibility Tests; Approved Standard—Eleventh Edition. CLSI document M02-A11. Wayne, PA, USA
- Davras F, Guzel-Seydim ZB, Tas TK, 2018. Immunological Effects of Kefir Produced from Kefir Grains Versus Starter Cultures When Fed to Mice. *Functional Foods in Health and Disease*, 8 (8), 367-378.
- Dertli E, Çon AH, 2017. Microbial Diversity of Traditional Kefir Grains and Their Role on Kefir Aroma. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie-Food Science and Technology*, 85, 151-157.
- Farnworth ER, 2006. Kefir—A Complex Probiotic. *Food Science and Technology Bulletin*, 2 (1), 1-17.
- Fiorda FA, de Melo Pereira GV, Thomaz-Soccol V, Rakshit SK., Pagnoncelli MGB, de Souza Vandenberghe LP, Soccol CR, 2017. Microbiological, Biochemical, and Functional Aspects of Sugary Kefir Fermentation—A Review. *Food Microbiology*, 66, 86-95.

- Fontán MCG, Martínez S, Franco I, Carballo J, 2006. Microbiological and Chemical Changes During the Manufacture of Kefir Made From Cows' Milk, Using A Commercial Starter Culture. *International Dairy Journal*, 16 (7), 762-767.
- Garrote GL, Abraham AG, De Antoni GL, 1998. Characteristics of Kefir Prepared with Different Grain [Ratio] Milk Ratios. *Journal of Dairy Research*, 65 (1), 149-154.
- Halkman KA, 2000. Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları. Genişletilmiş 2. Baskı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü yayını, s. 522, Ankara, Türkiye
- Irigoyen A, Arana I, Castiella M, Torre P, Ibanez FC, 2005. Microbiological, Physicochemical, and Sensory Characteristics of Kefir During Storage. *Food Chemistry*, 90(4), 613-620.
- Kim DH, Jeong D, Kim H, Kang IB, Chon JW, Song KY, Seo KH, 2016. Antimicrobial Activity of Kefir Against Various Food Pathogens and Spoilage Bacteria. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 36 (6), 787.
- Landete JM, 2013. Dietary Intake of Natural Antioxidants: Vitamins and Polyphenols. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53 (7), 706-721.
- Mainville I, Montpetit D, Durand N, Farnworth ER, 2001. Deactivating the Bacteria and Yeast in Kefir Using Heat Treatment, Irradiation and High Pressure. *International Dairy Journal*, 11 (1-2), 45-49.
- Mohanty DP, Mohapatra S, Misra S, Sahu PS, 2016. Milk Derived Bioactive Peptides and Their Impact on Human Health—A Review. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 23 (5), 577-583.
- Otles S, Cagindi O, 2003. Kefir: A Probiotic Dairy-Composition, Nutritional and Therapeutic Aspects. *Pakistan Journal of Nutrition*, 2 (2), 54-59.
- Rodrigues KL, Caputo LRG, Carvalho JCT, Evangelista J, Schneedorf JM, 2005. Antimicrobial and Healing Activity of Kefir and Kefiran Extract. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 25 (5), 404-408.
- Said N, Fahrodi DU, Malaka R, Maruddin F, 2019. Assessment of the Antibacterial Activity of Goat Milk Kefir on *Escherichia coli* ATCC 8739 and *Salmonella enteric* subsp. *enterica* serovar *typhimurium* ATCC 14028 Using A Well Diffusion Method. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 247, No. 1, p. 012051). IOP Publishing.-
- Singleton VL, Rossi JA , 1965. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16 (3), 144-158.
- Škerget M, Kotnik P, Hadolin M, Hraš AR, Simonič, M, Knez Ž, 2005. Phenols, Proanthocyanidins, Flavones and Flavonols in Some Plant Materials and Their Antioxidant Activities. *Food Chemistry*, 89 (2), 191-198.
- Taş TK, İlay E, Öker A, 2014. Determination of Some Quality Criteria of the Kefir Produced with Molasses and Plum. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 2 (2), 86-91.
- Von Gadow A, Joubert E, Hansmann CF, 1997. Comparison of the Antioxidant Activity of Rooibos Tea (*Aspalathus linearis*) with Green, Oolong and Black Tea. *Food Chemistry*, 60 (1), 73-77.
- Witthuhn RC, Schoeman T, Cilliers A, Britz TJ, 2005. Impact of Preservation and Different Packaging Conditions on the Microbial Community and Activity of Kefir Grains. *Food Microbiology*, 22 (4), 337-344.
- Yilmaz-Ersan L, Ozcan T, Akpınar-Bayizit A, Sahin S, 2016. The Antioxidative Capacity of Kefir Produced from Goat Milk. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, 7 (1), 22.
- Yilmaz-Ersan L, Ozcan T, Akpınar-Bayizit A, Sahin, S, 2018. Comparison of Antioxidant Capacity of Cow and Ewe Milk Kefirs. *Journal of Dairy Science*, 101 (5), 3788-3798.

## Investigation of Neurotoxic and Immunotoxic Effects of the Chinar (*Platanus orientalis* L.) Tree Leaf Infusion Against Ethanol Toxicity in Rats

Abdulahad DOĞAN<sup>1\*</sup>, Fatih DONMEZ<sup>1</sup>, Abdulhamit BATTAL<sup>2</sup>, Ali ASLAN<sup>3-4</sup>, Ozgur Ozan ANUK<sup>1</sup>

**ABSTRACT:** In this study, immunotoxic and neurotoxic effects of leaf infusion of *Platanus orientalis* L. (PO) were investigated in rats ethanol-induced toxicity. Neurotoxic effects of ethanol were evaluated by measuring acetylcholinesterase (AChE) and butyrylcholinesterase (BChE) in rat brain tissue. Immunotoxic effects were evaluated by adenosine deaminase (ADA) and myeloperoxidase (MPO) biomarkers in rat liver, lung, erythrocyte and spleen tissues. Thirty male Wistar rats were divided into five groups after toxicity study. The groups are explained as follow: Control, Ethanol 20 %, Ethanol 20 % + Silymarin (10 mg kg<sup>-1</sup>), Ethanol 20 % + PO-20 mg mL<sup>-1</sup> infusion and Ethanol 20 % + PO-60 mg mL<sup>-1</sup> infusion. The results showed that AChE and BChE activities statistically decreased in the groups treated with PO leaf infusion. While there was a statistically significant decrease in ADA and MPO activities in liver tissue of groups treated with PO leaf infusion. Also, MPO activity of erythrocyte in ethanol group was significantly increased according to silymarin and PO-60 groups. On the other hand, there was no statistically significant finding was found in lung and spleen tissues. It was concluded that the infusion prepared from *P. orientalis* leaves suppressed to ethanol-induced neurotoxicity and immunotoxicity.

**Keywords:** *Platanus orientalis*, acetylcholinesterase, butyrylcholinesterase, adenosine deaminase, myeloperoxidase, ethanol.

<sup>1</sup> Abdulahad DOĞAN (Orcid ID: 0000-0002-5438-8560), Fatih DONMEZ (Orcid ID: 0000-0003-3958-1028), Ozgur Ozan ANUK (Orcid ID: 0000-0002-9028-7118), Van Yuzuncu Yil University, Faculty of Pharmacy, Department of Biochemistry, Van, Turkey.

<sup>2</sup> Abdulhamit BATTAL (Orcid ID: 0000-0001-6098-3908), Van Yuzuncu Yil University, Faculty of Pharmacy, Department of Pharmaceutical Biotechnology, Van, Turkey.

<sup>3,4</sup> Ali ASLAN (Orcid ID: 0000-0002-2637-4786), Van Yuzuncu Yil University, Faculty of Pharmacy, Department of Pharmacology, Van, Turkey or Kyrgyz-Turkish Manas University, Faculty of Arts and Science Department of Biology, Bishkek, Kyrgyzstan.

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Abdulahad DOĞAN, e-mail: abduhaddogan@yyu.edu.tr

\* This study was produced as an individual study from Ozgur Ozan ANUK's Master's thesis.

The article was presented as oral presentation on 3-6 October 2019. International Aromatic Plants and Cosmetics Symposium-AROPCOS 2019 in Iğdır.

**ETİK KURUL ONAYI / ETHICS COMMITTEE APPROVAL:** For the animal experiment included in this article, Date: 30.11.2017 Meeting No 2017/11, File No: 27552122-604.01.02-E.84938 and Decision No: 2017/11 of "Van Yüzüncü Yil Rectorship Animal Experts Local Ethics Committee" has received the Ethics Committee Approval.

## INTRODUCTION

Alcoholism is associated with cognitive deficits and loss of brain mass that is documenting neuron and myelin loss (Nixon and Crews, 2002). Ethanol is a widely used for production of beverages, as an organic solvent in laboratory and creating toxicity models for experimental animals. Its moderate consumption by people can lead to damage to both the nervous system and the immune system (Chardwick and Sisson, 2015; Hosseini et al., 2017). The underlying neurotoxic effects of ethanol can be explained by pro-oxidant effects and disturbances in antioxidant defense mechanisms (Mitchell et al., 1999). Cholinesterase activity is a biological marker of neurotoxicity (Olson, 2018). Cholinesterases (ChE) are enzymes that hydrolyze acetylcholine (ACh) to choline and acetic acid. There are two types of cholinesterase: acetylcholinesterase (AChE; EC 3.1.1.7) and butyrylcholinesterase (BChE; EC 3.1.1.8) (Gülçin et al., 2016). Similarly, adenosine deaminase (ADA; EC 3.5.4.4) and myeloperoxidase (MPO; EC 1.11.2.2) are biomarkers of the immune system in vertebrates (Gulec et al., 2006; Celik et al., 2010). ADA is an enzyme that catabolizes adenosine or deoxyadenosine and MPO catalyzes the formation of hypochlorous acid or hypothiocyanite (Tamura et al., 2016; Lu et al., 2018).

Silymarin is a liver protective bioactive compound isolated from seeds of milk thistle (*Silybum marianum* L.) belong to Asteraceae family (Demartini and Esposti, 2002). Silymarin has been used extensively against toxic chemicals, alcohol-related fat infiltration, gallbladder diseases, toxin and fungal intoxications, various liver diseases such as hepatitis and snake and insect bites for 2000 years due to its protective effect on liver (Kocaman and Özlem, 2015).

*Platanus orientalis* L. (PO) is a perennial tree species of the Platanaceae family and in Turkish folk medicine, this plant is known as “çınar” (Mitrokotsa et al., 1993; Tuzlacı and Erol, 1999). Since ancient times, *Platanus orientalis* has been used as a painkiller against dental pain and knee pain and inflammation in folk medicine (Hajhashemi et al., 2011). Furthermore, the effects of PO infusion and extracts and compounds isolated from PO were investigated in anticancer, anti-inflammatory and antiseptic, oxidative stress, toothache and dermatological and rheumatic diseases or disorders (Tantry et al., 2012; Haider et al., 2012; Shende et al., 2018; Khan, 2017; Dogan and Anuk, 2019). In spite of modern medicine, the use of complementary and alternative medicine is increasing worldwide and many medicinal plants are being used for disease treatment and health improvement (Eardley et al., 2012). In the present study we investigated the effects of *P. orinetalis* leaf infusion on neurotoxicity and immunotoxicity against ethanol-induced toxicity in rats.

## MATERIALS AND METHODS

### Chemicals

The ethanol, silymarin, Acetylthiocholine iodide (AChI), butyrylthiocholine iodide (BChI), 5-5'-dithiobis-(2-nitrobenzoic acid) (DTNB), ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA), potassium phosphate (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>), adenosine, phenol, sodium hydroxide, sodium nitroprusside, ammonium sulfate, sodium hypochlorite, hexadecyltrimethylammonium bromide and o-dianisidine dihydrochloride of technical grade used in this study were supplied by Sigma Chemical Co. (St. Louis, MO, USA).

### Plant Material and Preparation of the Infusion

The *P. orientalis* leaves were collected from Hacı Hamza hamlet, district of Dargeçit, city of Mardin, in the south-eastern Anatolian region of Turkey, (GPS coordinates: 37°33'19.7"N; 41°47'43.3"E) in August, 2017. The identification of the samples was confirmed by Dr. Abdullah

Dalar at the Department of Pharmaceutical Botany, Faculty of Pharmacy, Van Yuzuncu Yil University, Turkey, and a voucher specimen was deposited in the herbarium (Herbarium code: 340 and Collector No: A.D-761, Van Yuzuncu Yil University Faculty of Pharmacy Herbarium).

The PO leaf infusion was prepared according to Dogan and Anuk (2019). The fresh *P. orientalis* leaf samples were washed under tap water and dried at room temperature in the dark until dry. The powdered samples were kept in boiling water (100 °C) for about 2 min. Next, the heating was stopped and the ground leaves were allowed to remain in the water for about 15 min. Subsequently, the liquid in the container was first filtered through a gauze cloth (rough-hew) and then through a 0.45 µm hydrophilic filter (Millipore) using an injector.

### Animals

Male Wistar albino rats of approximately 2 months of age and an average weight of 200 g were provided by the Experimental Animal Research Centre, Van Yuzuncu Yil University (Van, Turkey). They were divided into five groups, with each group containing six rats. The animals were housed at  $25 \pm 2$  °C at a daily light/dark photoperiod of 10 14<sup>-1</sup>. All of the animals were given a wheat-soybean-based diet and water ad libitum in stainless steel cages, and received humane care according to the criteria outlined in the 'Guide for the Care and Use of Laboratory Animals' prepared by the National Academy of Science and published by the National Institute of Health. The ethic regulations followed were in accordance with national and institutional guidelines for the protection of animal welfare during experiments. This study was approved by the Ethics Committee of Van Yuzuncu Yil University (Protocol number: 27552122-604.01.02-E.70881).

### Experimental Design

The rats were randomly divided into five groups, with each containing six rats.

Control group: The rats received tap water and a standard pellet diet *ad libitum*.

Ethanol group: The rats received 20 % ethanol and a standard pellet diet *ad libitum*. The dose of ethanol was selected on the basis of a 20 % concentration that was administered orally, which caused oxidative stress (Dogan and Anuk, 2019).

Ethanol + Silymarin: The rats received 20 % ethanol and silymarin (10 mg kg<sup>-1</sup>, single dose per day) and were treated orally during the experimental period.

Ethanol + PO-20 group: The rats received 20 % ethanol and *P. orientalis* (20 mg mL<sup>-1</sup>) leaf infusion during the experimental period.

Ethanol + PO-60 group: The rats received 20 % ethanol and *P. orientalis* (60 mg mL<sup>-1</sup>) leaf infusion during the experimental period (Dogan and Anuk, 2019).

### Preparation of the Tissue Supernatants

At the end of the 28 days experiments, the rats were anesthetized via an injection of ketamine (5 mg (100 g)<sup>-1</sup> of body weight), intraperitoneally. The brain, liver, lung and spleen tissues were dissected and put into Petri dishes. Subsequently, the samples were taken and kept at -78 °C until analysis. The tissues were homogenized for 5 min in 50 mM of ice-cold potassium dihydrogen phosphate (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) solution (1:5 w v<sup>-1</sup>) using a stainless steel probe homogenizer (SONOPULS HD 2200, Bandelin, Berlin, Germany), and then subsequently centrifuged at 7000 ×g for 15 min. All of the processes were carried out at 4 °C. In addition, the erythrocyte were washed three times with physiological saline (0.9 % NaCl). Then, erythrocyte package and supernatants were used to determine neurotoxicity and immunotoxicity parameters (Celik et al., 2011).



### Biochemical Analysis

AChE and BChE activities were measured on AE-S90-MD UV/VIS spectrophotometer using acetylthiocholine iodide and butyrylthiocholine iodide as substrate, respectively, by the method of Ellman et al. (1961). ADA was assayed according to Giusti and Bergmeyer (1974). MPO was assayed by the method described by Bradley et al. (1982).

### Statistical Analysis

GraphPad Prism software (version 6; GraphPad Inc., U.S.A) was used for data analysis which all were presented as mean  $\pm$  standard error of mean (SEM). The significance of difference between groups were determined using one-way analysis of variance (ANOVA) and Tukey tests.  $p < 0.05$  and  $p < 0.01$  was considered to be significantly different.

## RESULTS AND DISCUSSION

Throughout the history of humanity, plants have been used in the treatment of many diseases (Gurib-Fakim, 2006). *Platanus orientalis* L., a medicinal tree from the family Platanaceae, is one of the largest and longest-lived trees in the Eastern Mediterranean (Hajhashemi et al., 2011; Rix ve Fay, 2017). Anticancer, antiinflammatory and antinociceptive activities of *P. orientalis* and its effects in asthma, ulcerogenic risk assessment, hoarseness and its use as anti-aging have been reported up to now (Tantry et al., 2012; Haider et al., 2012; Asadbeigi et al., 2014; Chatzigeorgiou et al., 2017). Ethanol have toxic effects on the immune system and nervous system (Brust, 2010; Chardwick and Sisson, 2015). Medicinal plants and their bioactive compounds are using against immunotoxic and neurotoxic damage induced by chemicals, pesticides and heavy metals. The protective role of quercetin, which is an important bioactive compound mostly derived from plants, on the immunotoxic and neurotoxic effects was investigated in cadmium-exposed rats. Reductions in ADA, MPO and AChE activities were observed when quercetin groups were compared with cadmium exposed groups (Abdalla et al., 2014). AChE and BChE activities for neurotoxicity in brain and ADA and MPO activities for immunotoxicity in liver, lung, erythrocyte and spleen tissues were evaluated in the study. Neurotoxicity and immunotoxicity activities of PO leaf infusion were also investigated for the first time in rats induced by ethanol toxicity.

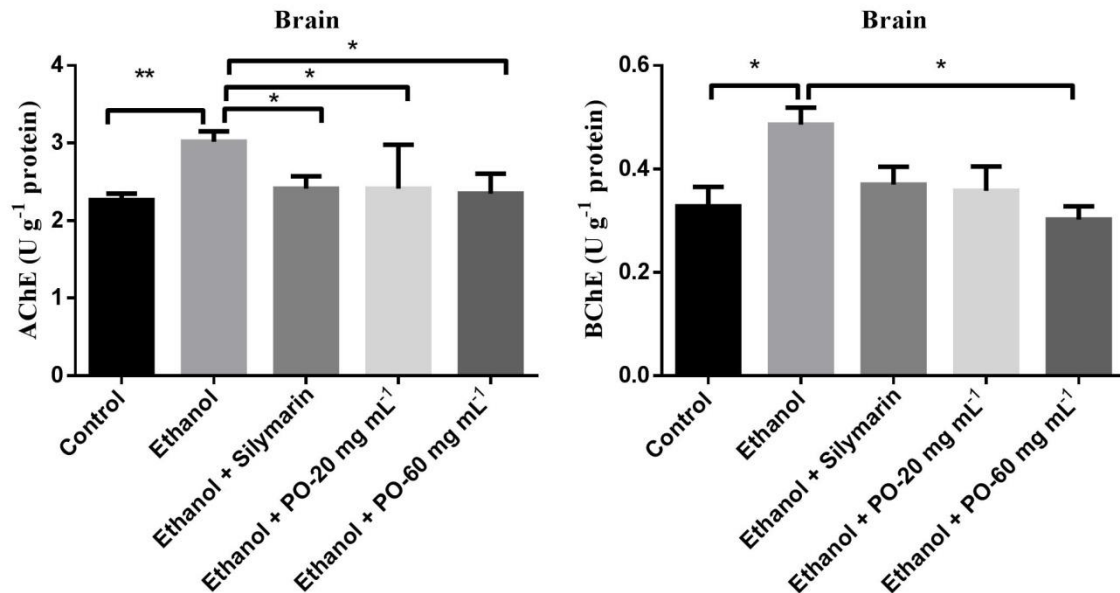
### Effects of PO Tree Leaf Infusion on Neurotoxicity Against Ethanol Toxicity in Rats Brain Tissue

As shown in Figure 1, the AChE activity in brain tissue was increased in ethanol group compared to all other groups. 60 mg mL<sup>-1</sup> PO leaf infusion caused significantly decrease in BChE activity in brain tissue according to the ethanol group.

In this study, neurotoxicity and immunotoxicity activities of PO leaf infusion were investigated for the first time in rats induced by ethanol toxicity. When the results were evaluated; AChE and BChE activities significantly decreased in brain tissue of PO treated groups compared to the ethanol group.

Enzymes metabolizing ChE have important roles in the body (Bilgi et al., 2003). ChE's are naturally found in many organisms from microorganisms to vertebrates and they play a crucial role in transmission of nervous influx (Jebali et al., 2013). AChE is found in nerve endings, erythrocytes, spleen, lungs and all parts of the brain; BChE is found in the heart, smooth muscles, liver, intestines, pancreas, and white matter of the brain (Patočka et al., 2004). Oxygen-induced free radicals cause neurotoxicity and consequently reduce ChE enzyme activities (Mitchell et al., 1999; Celik et al., 2011). It was reported that hydrogen sulfide had a therapeutic potential against neurotoxicity induced

by alcohol (Gezginici-Oktayoglu et al., 2014; George et al., 2017). Our findings are consistent with previous studies that PO leaf infusion caused reduction on the neurotoxic effects of ethanol.



**Figure 1.** Effects of PO Tree Leaf Infusion on AChE and BChE Enzymes Against Ethanol Toxicity in Rat Brain Tissue. All of the data were expressed as the mean  $\pm$  standard error of mean (SEM). One way ANOVA followed by Tukey test, when appropriate ( $n=6$ ). \* Significant difference ( $P < 0.05$ ), \*\* Significant difference ( $P < 0.01$ )

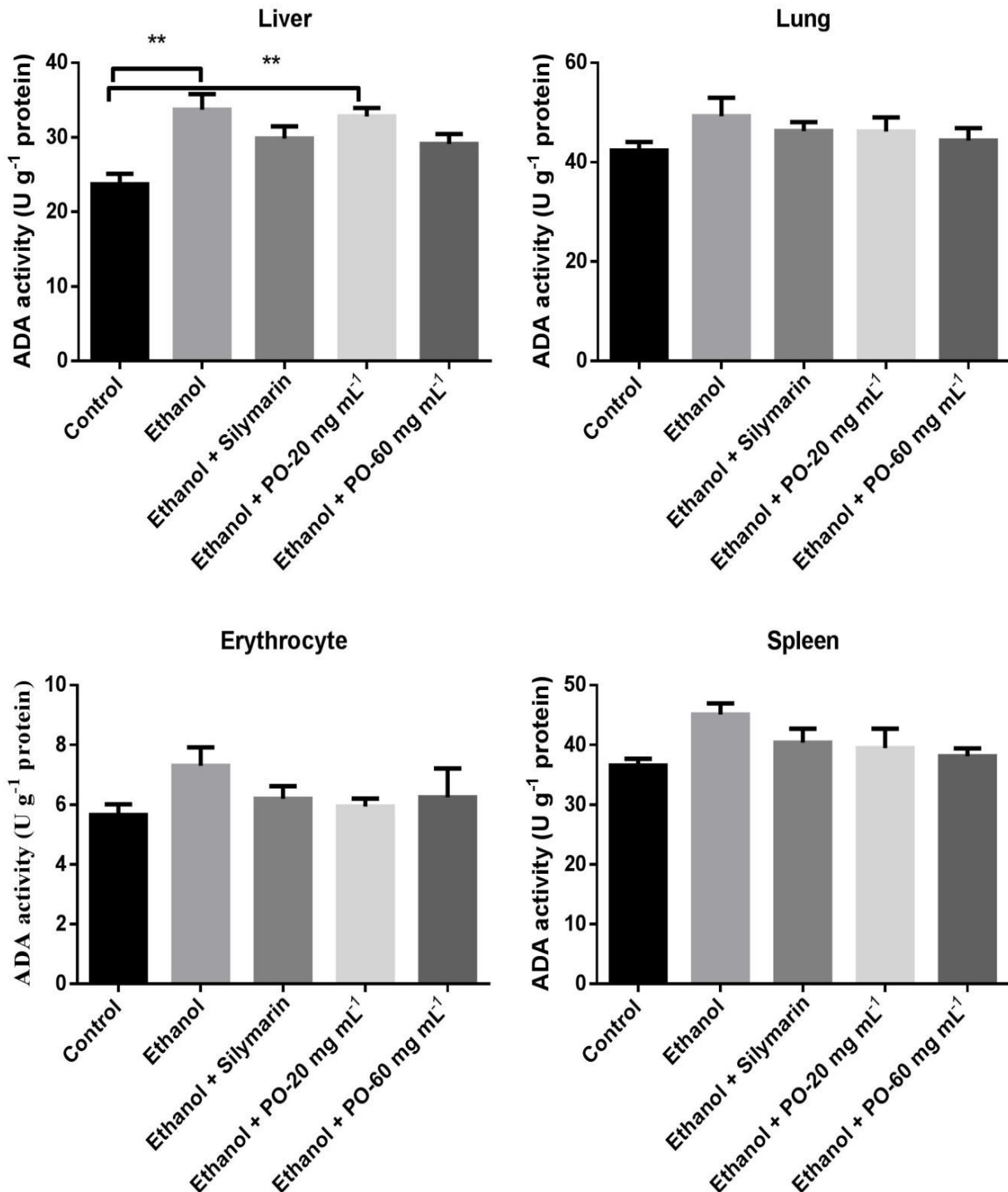
### Effects of PO Tree Leaf Infusion on Immunotoxicity Against Ethanol Toxicity in Some Rat Tissues

The ADA activities of Ethanol 20 % and Ethanol 20 % + PO-20 mg mL<sup>-1</sup> infusion groups in liver tissues were significantly increased compared to the control (Figure 2). On the contrary there was no statistically difference for the ADA activities in lung, erythrocyte and spleen tissues (Figure 2).

While ethanol caused increase in MPO activity in liver compared to control group, MPO activity significantly decreased in 60 mg mL<sup>-1</sup> PO leaf infusion treated group, similar activity with control. However, MPO activity of 20 mg/mL PO leaf infusion treatment was similar to ethanol group (Figure 3). MPO activity in erythrocyte significantly decreased in silymarin and 60 mg mL<sup>-1</sup> PO leaf infusion treated groups compared to ethanol group (Figure 3). There was no statistically difference for the MPO activities in lung and spleen tissues.

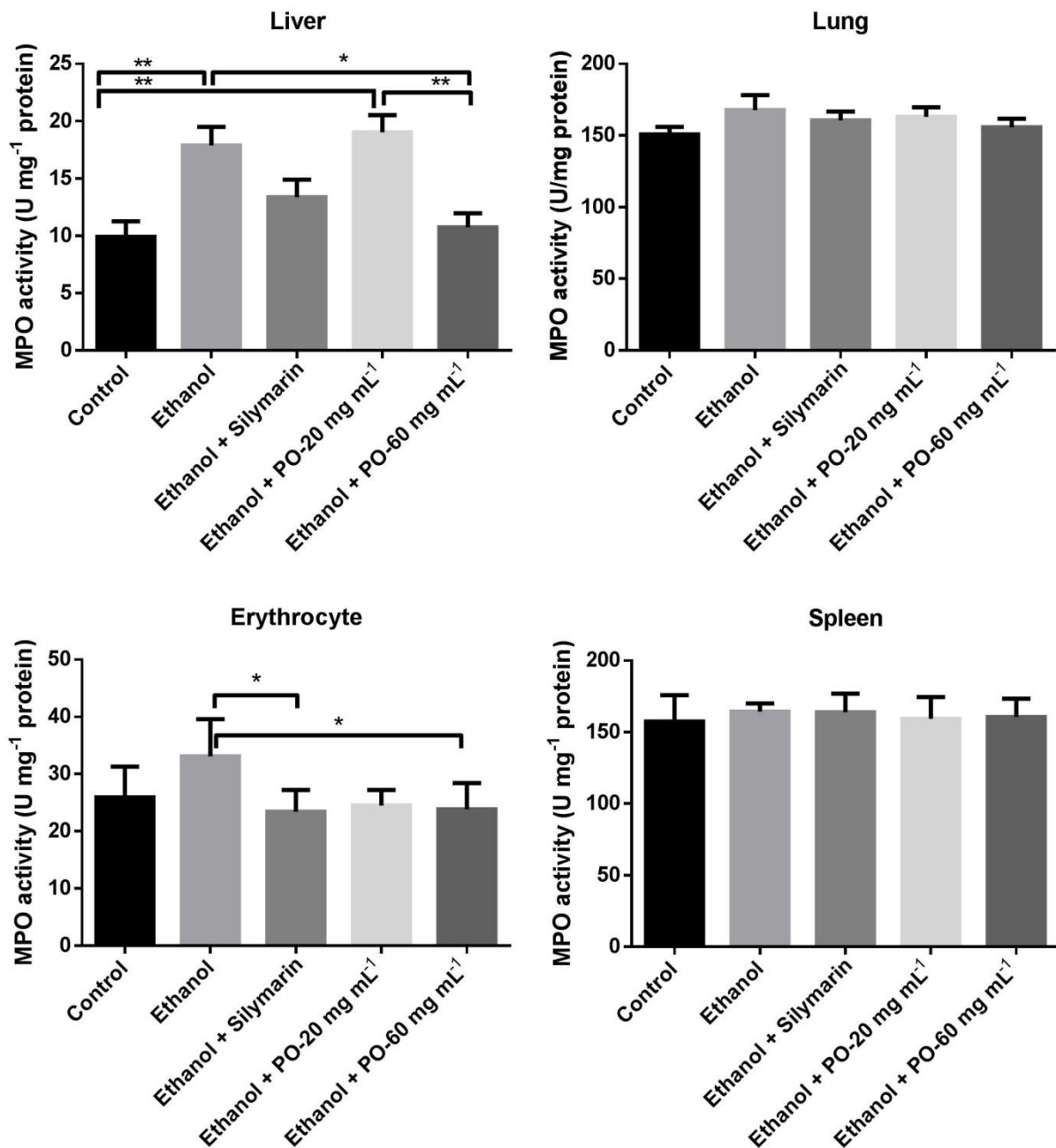
According to our results, while 60 mg mL<sup>-1</sup> of PO leaf infusion caused significant decreases in ADA and MPO activities in liver tissue compared to ethanol group. The immune system is highly susceptible to degradation by chemical agents and toxic substances especially ethanol (Tonk et al., 2013). Increase in ADA and MPO activities were reported in the inflammation (Abdalla et al., 2014; Meisel et al., 2002). Ethanol causes increase in the amounts of free radicals and results with increasing ADA and MPO activity (Nagy et al., 1990). While ethanol caused increase in MPO levels in brain and liver tissues and ADA levels in liver tissue, treatment compounds tested against ethanol toxicity in rats caused decrease in these enzyme levels (Ozkol et al., 2017). It was reported that ADA levels in serum were increase in hepatitis C virus infected patients and suffering from liver insufficiency patients, especially ADA<sub>2</sub> which is a major isoenzyme (Fernández et al., 2000). The protective effect of

*Syzygium cumini* leaf extract was reported against ethanol-induced acute injury in rats by inhibiting ADA activity in serum and lymphocytes (Cargnelutti et al., 2015). Our findings are consistent with previous studies that PO leaf infusion reduced the immunotoxicity caused by ethanol.



**Figure 2.** Effects of PO Tree Leaf Infusion on ADA Enzyme Against Ethanol Toxicity in Some Rat Tissues

All of the data were expressed as the mean  $\pm$  standard error of mean (SEM). One way ANOVA followed by Tukey test, when appropriate (n=6). \* Significant difference ( $P < 0.05$ ), \*\* Significant difference ( $P < 0.01$ )



**Figure 3.** Effects of PO Tree Leaf Infusion on MPO Enzyme Against Ethanol Toxicity in Some Rat Tissues

All of the data were expressed as the mean  $\pm$  standard error of mean (SEM). One way ANOVA followed by Tukey test, when appropriate (n=6). \* Significant difference (P <0.05), \*\* Significant difference (P <0.01).

## CONCLUSION

As a conclusion, when AChE and BchE activities in brain and MPO and ADA activities in liver and erythrocyte were evaluated, *ad libitum* intake of 60 mg mL<sup>-1</sup> of *P. orientalis* leaf infusion had positive effects on immunotoxic and neurotoxic effects of ethanol toxicity in rats. As a further study, bioactive compounds of PO should be isolated and their individuals effects should be evaluated against ethanol toxicity. Additionally, molecular mechanisms of PO and ethanol toxicity interaction should be evaluated.

## ACKNOWLEDGMENTS

The author(s) declared that there is no conflict of interest. This study was financially supported by Van Yuzuncu Yil University Scientific Research Projects Department. Project Number: TAP-2019-8183.

## REFERENCES

- Abdalla FH, Cardoso AM, Schmatz R, Gonçalves JF, Baldissarelli J, Martins CC, Pereira LB, Zanini D, de Oliveira LS, da Costa P, Pimentel VC, Pereira LB, Lhamas CL, Schetinger MR, Morsch VM, Mazzanti CM, 2014. Protective effect of quercetin in ecto-enzymes, cholinesterases, and myeloperoxidase activities in the lymphocytes of rats exposed to cadmium. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 396(1-2): 201-211.
- Asadbeigi M, Mohammadi T, Rafieian-Kopaei M, Saki K, Bahmani M, Delfan, M, 2014. Traditional effects of medicinal plants in the treatment of respiratory diseases and disorders: an ethnobotanical study in the Urmia. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 7: 364–368.
- Bilgi C, Tokgöz S, Aydin A, Çelik T, Uzbay IT, 2003. The effects of chronic ethanol consumption and ethanol withdrawal on serum cholinesterase activity in rats. *Alcohol*, 38(4): 316-320.
- Bradley PP, Priebe DA, Christensen RD, Rothstein G, 1982. Measurement of cutaneous inflammation: estimation of neutrophil content with an enzyme marker. *Journal of Investigative Dermatology*, 78(3): 206-209.
- Brust J, 2010. Ethanol and cognition: indirect effects, neurotoxicity and neuroprotection: a review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7(4): 1540-1557.
- Cargnelutti LO, Bitencourt PER, Bochi G, Duarte T, Boligon A, Pigatto AS, Athayde ML, Moresco RN, Moretto MB. 2015. *Syzygium cumini* Leaf Extract Protects Against Ethanol Induced Acute Injury in Rats by Inhibiting Adenosine Deaminase Activity and Proinflammatory Cytokine Production. *Research Journal of Phytochemistry*, 9: 56-67.
- Celik I, Isik I, Kaya MS, 2010. Evaluation of neurotoxic and immunotoxic effects of trichloroacetic acid on rats. *Toxicology and Industrial Health*, 26(10): 725-731.
- Celik I, Isik I, Ozok N, Kaya MS, 2011. Neurotoxic and immunotoxic effects of fenthion and omethoate on frogs at acute exposure. *Toxicology and Industrial Health*, 27(4): 357-362.
- Chadwick SMS, Sisson JH, 2015. Alcohol's effects on lung health and immunity. *Alcohol Research*, 37(2): 199.
- Chatzigeorgiou S, Thai QD, Tchoumtchoua J, Tallas K, Tsakiri EN, Papassideri I, Trougakos IP, 2017. Isolation of natural products with anti-ageing activity from the fruits of *Platanus orientalis*. *Phytomedicine*, 33: 53-61.
- Demartini G, Esposti D. 2002. Pharmacology of Silymarin. *Clinical Drug Investigation*, 22: 51-65.
- Dogan A, Anuk OO, 2019. Investigation of the phytochemical composition and antioxidant properties of chinar (*Platanus orientalis* L.) leaf infusion against ethanol-induced oxidative stress in rats. *Molecular Biology Reports*, 46(3): 3049-3061.
- Eardley S, Bishop FL, Prescott P, Cardini F, Brinkhaus B, Santos-Rey K, Vas J, Von Ammon K, Hegyi G, Dragan S, Uehleke B, Fønnebo V, Uehleke B, 2012. A systematic literature review of complementary and alternative medicine prevalence in EU. *Journal of Complementary Medicine Research*, 19(2): 18-28.
- Ellman GL, Courtney KD, Andres JV, Featherstone RM, 1961. A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochemical Pharmacology*, 7(2): 88-95.



- Fernández E, Rodrigo L, Riestra S, García S, Gutiérrez F, Ocio G. 2000. Adenosine deaminase isoenzymes and neopterin in liver cirrhosis. *Journal of Clinical Gastroenterology*, 30(2): 181-186.
- George AK, Behera J, Kelly KE, Zhai Y, Tyagi N, 2017. Hydrogen sulfide, endoplasmic reticulum stress and alcohol mediated neurotoxicity. *Brain Research Bulletin*, 130: 251-256.
- Gezginci-Oktayoglu S, Sacan O, Bolkent S, Ipci Y, Kabasakal L, Sener G, Yanardag R. 2014. Chard (*Beta vulgaris* L. var. cicla) extract ameliorates hyperglycemia by increasing GLUT2 through Akt2 and antioxidant defense in the liver of rats. *Acta Histochemica*, 116(1): 32-39
- Giusti G, Bergmeyer HU, 1974. *Handbook of enzymatic methods of analysis*. New York Academic Press NO:2, pp. 1092–1099. New York-USA.
- Gulec M, Iraz M, Yilmaz HR, Ozyurt H, Temel I, 2006. The effects of ginkgo biloba extract on tissue adenosine deaminase, xanthine oxidase, myeloperoxidase, malondialdehyde, and nitric oxide in cisplatin-induced nephrotoxicity. *Toxicology and Industrial Health*, 22(3): 125-130.
- Gurib-Fakim A, 2006. *Medicinal plants: traditions of yesterday and drugs of tomorrow*. *Molecular Aspects of Medicine*, 27(1):1-93.
- Gülçin İ, Scozzafava A, Supuran CT, Koksal Z, Turkan F, Çetinkaya S, Alwasel SH, 2016. Rosmarinic acid inhibits some metabolic enzymes including glutathione S-transferase, lactoperoxidase, acetylcholinesterase, butyrylcholinesterase and carbonic anhydrase isoenzymes. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 31(6): 1698-1702.
- Haider S, Nazreen S, Alam MM, Hamid H, Alam MS, 2012. Anti-inflammatory and anti-nociceptive activities of *Platanus orientalis* Linn. and its ulcerogenic risk evaluation. *Journal of Ethnopharmacology*, 143(1): 236-240.
- Hajhashemi V, Ghannadi A, Mousavi S, 2011. Antinociceptive study of extracts of *Platanus orientalis* leaves in mice. *Research in Pharmaceutical Sciences*, 6(2): 123–128.
- Hosseini SM, Taghiabadi E, Abnous K, Hariri AT, Pourbakhsh H, Hosseinzadeh H, 2017. Protective effect of thymoquinone, the active constituent of *Nigella sativa* fixed oil, against ethanol toxicity in rats. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*, 20(8): 927.
- Jebali J, Khedher SB, Sabbagh M, Kamel N, Banni M, Boussetta H, 2013. Cholinesterase activity as biomarker of neurotoxicity: utility in the assessment of aquatic environment contamination. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 13(4): 525-537.
- Khan AS, 2017. Woody plants with possible anti-HIV activity. In *Medicinally Important Trees*. Springer Cham NO:1, pp. 109-131, Gewerbestrasse- Switzerland.
- Kocaman N, Özlem D. 2015. Hepatoprotective bir ajan: Silymarin. *Firat Medical Journal*, 2015; 20(3): 128-32.
- Lu N, Sui Y, Tian R, Peng YY, 2018. Inhibitive effects of quercetin on myeloperoxidase-dependent hypochlorous acid formation and vascular endothelial injury. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(19): 4933-4940.
- Meisel P, Krause T, Cascorbi I, Schroeder W, Herrmann F, John U, Kocher T, 2002. Gender and smoking-related risk reduction of periodontal disease with variant myeloperoxidase alleles. *Genes and Immunity*, 3(2): 102.
- Mitchell JJ, Paiva M, Heaton MB, 1999. The antioxidants vitamin E and  $\beta$ -carotene protect against ethanol-induced neurotoxicity in embryonic rat hippocampal cultures. *Alcohol*, 17(2): 163-168.

- Mitrokotsa D, Mitaku S, Demetzos C, Harvala C, Mentis A, Perez S, Kokkinopoulos D, 1993. Bioactive compounds from the buds of *Platanus orientalis* and isolation of a new kaempferol glycoside. *Planta Medica*, 59(06): 517-520.
- Nagy LE, Diamond I, Casso DJ, Franklin C, Gordon AS, 1990. Ethanol increases extracellular adenosine by inhibiting adenosine uptake via the nucleoside transporter. *Journal of Biological Chemistry*, 265(4): 1946-1951.
- Nixon K, Crews FT, 2002. Binge ethanol exposure decreases neurogenesis in adult rat hippocampus. *Journal of Neurochemistry*, 83(5): 1087-1093.
- Olson JR, 2018. Biomarkers of chlorpyrifos and profenofos exposure and effect in adult and adolescent egyptian cotton field workers. *Occupational and Environmental Medicine*, 75(2): 287.
- Ozkol H, Bulut G, Balahoroglu R, Tuluçe Y, Ozkol HU. 2017. Protective effects of selenium, N-acetylcysteine and vitamin E against acute ethanol intoxication in rats. *Biological Trace Element Research*, 175(1): 177-185.
- Patočka J, Kuča K, Jun D, 2004. Acetylcholinesterase and butyrylcholinesterase—important enzymes of human body. *Acta Medica (Hradec Králové)*, 47(4): 215-228.
- Rix M, Fay MF, 2017. *Platanus orientalis*: Platanaceae. *Curtis's Botanical Magazine*, 34(1): 29-40.
- Shende S, Joshi KA, Kulkarni AS, Charolkar C, Shinde VS (2018). *Platanus orientalis* Leaf Mediated Rapid Synthesis of Catalytic Gold and Silver Nanoparticles. *Journal of Nanomedicine and Nanotechnology*, 9(494): 2.
- Tamura R, Ohta H, Satoh Y, Nonoyama S, Nishida Y, Nibuya M, 2016. Neuroprotective effects of adenosine deaminase in the striatum. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*, 36(4): 709-720.
- Tantry MA, Akbar S, Dar JA, Irtiza S, Galal A, Khuroo MA, Ghazanfar K, 2012. Acylated flavonol glycoside from *Platanus orientalis*. *Fitoterapia*, 83(2): 281-285.
- Tonk EC, De Groot DM, Wolterbeek AP, Penninks AH, Waalkens-Berendsen ID, Piersma AH, Van Loveren H, 2013. Developmental immunotoxicity of ethanol in an extended one-generation reproductive toxicity study. *Archives of Toxicology*, 87(2): 323-335.
- Tuzlacı E, Erol MK, 1999. Turkish folk medicinal plants. Part II: Eğirdir (Isparta). *Fitoterapia*, 70(6): 593-610.

## Application of Regression Models in Bird Population Data: An Example of Haçlı Lake

Emrah ÇELİK<sup>1\*</sup>, Atilla DURMUŞ<sup>2</sup>

**ABSTRACT:** In this study, the effects of habitat, ordo, UTM frame, seasons and number of species on bird populations and distribution in Haçlı Lake were investigated. Bird population data were obtained using point counts and transect observation methods. Poisson regression is typically used in such data sets. The basic principle of Poisson regression assumes that the variance is equal to the mean. Failure to achieve this equality causes incorrect parameter estimates and standard errors. In practice, the variance is often higher than the mean (variance > mean). This is called over-dispersion, where the value of over-dispersion is greater than 1.0. The population status of the data set used in the study was over-dispersed. Negative binomial regression is the most common method used to eliminate the over-dispersion effect. In this case, the preferred method is the negative binomial regression method. The over-dispersion value in the Poisson regression was considerably greater than 1.0 (54.937) while the over-dispersion value was very close to 1.0 (1.588) in the negative binomial regression. The results indicated that the use of negative binomial regression method is more appropriate. Therefore, parameter estimations were interpreted according to negative binomial regression method. Herein, climatic factors including temperature and humidity exhibited significant impacts on population density and number of species.

**Keywords:** Bird population, haçlı lake, negative binomial, over-dispersion, poisson regression

<sup>1</sup> Emrah ÇELİK (Orcid ID: 0000-0003-1274-4122), Iğdir University, Vocational School of Technical Sciences, Department of Forestry-Hunting and Wildlife Program, Iğdir, Turkey

<sup>2</sup> Atilla DURMUŞ (Orcid ID: 0000-0002-5116-9581), Van Yuzuncu Yıl University, Faculty of Science, Department of Biology, Zoology Major Science Branch, Van, Turkey

\*Corresponding Author: Emrah ÇELİK, e-mail: celikemrah822@gmail.com

## INTRODUCTION

Every living species on earth has a particular environment and habitat (Adizel et al., 2010). Habitats are the main determinants of the distribution and abundance of organisms and form the fundamental of the conservation studies (O'Hara and Kotze, 2010; Boyce et al., 2016). The living organisms in the biosphere are in direct or indirect interaction with each other. Living organisms sharing the same food web and interacting with each other maintain their life span in equilibrium. Therefore, a living group in each step of the food chain possess great roles for the proper and sustainable ecosystem.

Birds, which are the biological indicators of the natural ecosystem, contribute to biodiversity with their habitat preferences and population densities (Kiziroğlu, 2008). Therefore, determining the species and population status of birds in an area is important to reveal the naturalness and ecological importance of the area. Searching for appropriate habitat and modelling the distribution of organisms are increasingly becoming important for ecology and conservation biology. Correlative species distribution models (SDM) assess the relationship between species distribution data and environmental factors, as well as determining habitat suitability for a focus species in a given area (Guisan and Zimmermann, 2000; Graham et al., 2004). Therefore, assessing the effects of these environmental factors on the distribution of living species is very important (Aksan et al., 2014).

Several ecological and environmental factors including vegetation structure (Clark and Shutler 1999; Milsom et al., 2000), human activities (Milsom et al., 2000; Yuan et al., 2014), temperature, precipitation, humidity (Girma et al., 2017), geographical structure (Li and Martin, 1991) and nutrient diversity (Beerens et al., 2011) affect the habitat preferences and geographical distribution of birds.

The most common technique used to determine the bird populations is the counting method (Bibby and Burgess, 2000). Counting studies are typically used to identify changes occurred in the number of organisms in wildlife (Knape et al., 2018). Numerous statistical methods are used in the analysis of the data obtained by counting. Independent data obtained by counting can show Poisson distribution (PD) and are analyzed by Poisson regression (PR) (Ridout, 1998).

The basic principle of Poisson distribution is that the mean and variance are equal (Yeşilova and Denizhan, 2016). However, the counting data, in actual applications, does not always support Poisson distribution (Muthen and Muthen, 2006). Over-dispersion is often encountered where the variance is greater than mean (Ver Hoef and Boveng, 2007). In order to eliminate the over-dispersion, negative binomial regression binomial is of the used regression tools (Agresti, 1997; Hilbe, 2007). There are examples of negative binomial regression in many different studies. The negative binomial regression model have been used in many studies including the determination of species richness (O'Hara, 2005), parasite determination in birds (Rekasi et al., 1997), bird population densities (Durmuş et al., 2018; Çelik and Durmuş, 2020), identifying the environmental variables affecting bird migration (Lindén and Mantyniemi, 2011) and estimating the direction and abundance parameters of water seal (Small et al., 2003; Kery et al., 2005).

In this study, Poisson regression and negative binomial regression were used in order to determine the effects of habitat, ordo, UTM frame, seasons and number of species on bird populations and distribution in Haçlı Lake (Muş, Turkey).

## MATERIALS AND METHODS

The materials of this study are the Haçlı Lake located in Euphrates-Tigris River Basin of Turkey (38 S 265 952 N 4322968 E) and the birds that use the delta for living purpose. The observations on population density were conducted by 15 day-period in each month, covering 4 seasons between April 2016 - September 2017 and the numerical data obtained were obtained by 18 months of field studies.

Observations depending on seasonal conditions started with sunrise and ended with sunset. The study area has been divided into 54 UTM squares of 1x1 km<sup>2</sup> (Figure 1). Three observation points were used, at least 300 m far from each other and representing the habitats in each UTM square.

Observation along a Line (line transect) and Point Observation Method (point counts) were used in observations to determine population density and number of individuals (Bibby and Burgess, 2000). Bird species and population numbers identified in the point and surrounding area and UTM coordinates were recorded on field observation cards. The point records obtained in the study were then assigned to UTM squares and subsequently used. This process has enabled the possibility of analysis on a grid basis in addition to the point scale (Onmuş, 2008)

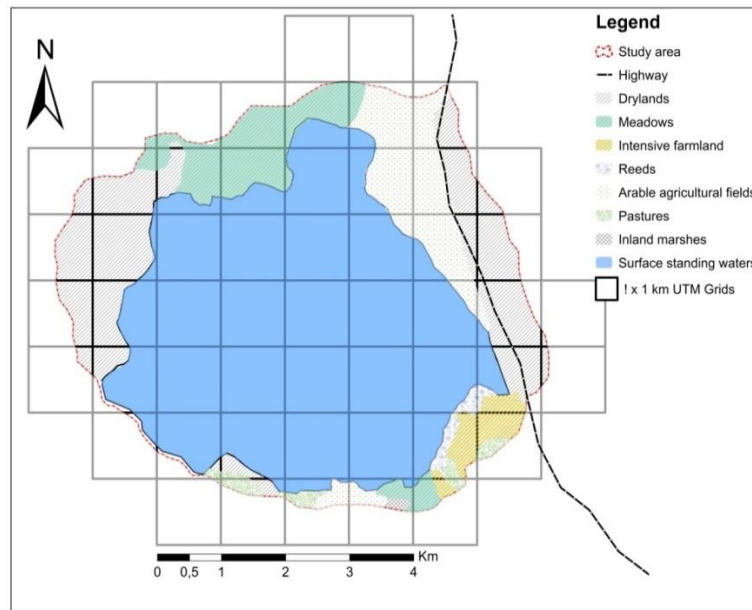


Figure 1. Location of the study area, 1 x 1 km UTM squares, and the major habitats

## Statistical Analysis

**Poisson regression:** Poisson regression analysis is of the used statistical methods in assumption of dependent variable that is observed event number ( $y_i$ ) and exhibits a Poisson distribution. Poisson mean logarithm ( $\mu$ ) is deemed to be a linear function of the independent variables (Equation 1) (Yeşilova et al., 2016). Herewith the Poisson regression analysis, maximum likelihood estimation (ML) method is used for parameter estimation. Likelihood function for nonlinear Poisson regression model can be written as follow;

$$\ln L = \sum_{i=1}^n [-\lambda_i + y_i x_i' \beta - \ln y_i !] = \sum_{i=1}^n [-e^{x_i \beta} + y_i x_i' \beta - \ln y_i !] \quad (\text{Equation 1})$$

**Negative binomial regression:** Negative binomial regression model is represented as follows (Hilbe, 2007). For the equation, the auxiliary parameter indicates over-dispersion degree and  $k$  is considered as a positive value (Equation 2).

$$P(Y = y | X_1, X_2, X_3, k) = \frac{\Gamma(y+k)}{\Gamma(k)\Gamma(y+1)} \left( \frac{k}{k+\mu} \right)^k \left( \frac{\mu}{k+\mu} \right)^y \quad y = 0,1,2,\dots \quad (\text{Equation 2})$$

Bird population data in Haçlı Lake were used as a model dependent variable. In addition, seasons, ordo and frames were modelled as independent variables and Poisson and negative binomial regressions



were applied respectively. Necessary statistical analyses were performed using SAS 9.1.1.4 statistical software program.

## RESULTS AND DISCUSSION

The results of study carried out for approximately two years indicated the existence of 117 species and 1 subspecies belonging to 14 ordo and 34 families in Haçlı Lake. Of these species, 35.6% (n: 42) were native, 52.5% (n: 62) were migrants, 10.2% (n: 12) were winter visitors and 1.7% (n: 2) were transit migrants. The observations conducted during the reproduction period indicated that 13 species certainly breeding, 12 species probably breeding based on the observations such as courtship behaviour and existence of male and female individuals and 93 species do not produce in the study area. Seven habitat types based on geographical, topographic and floristic characteristics were identified within the boundaries of the study area. The habitats and population status of the ordo groups present in the area were determined by periodical observations during the four seasons (Table 1).

**Table 1.** Population densities, number of UTM square used and seasonal habitat distributions of ordos defined in Haçlı Lake

Ordo	Number of species	Population density	Season	Habitat type	Square
201	2	106	11	2	8
201	7	128	11	4	5
201	1	20	11	7	2
201	5	98	22	4	3
201	1	7	22	7	2
201	3	141	22	8	4
201	2	11	33	3	2
201	5	84	33	8	3
201	2	126	44	7	1
202	1	8	22	3	1
203	1	1	11	1	1
203	1	45	22	2	1
204	3	298	11	2	6
204	4	108	11	4	3
204	5	264	11	7	4
204	1	770	11	8	3
204	2	24	22	2	1
204	3	43	22	4	2
204	2	963	22	5	3
204	8	1609	22	7	3
204	1	184	22	8	1
204	1	13	33	2	2
204	1	5	33	4	1
204	2	201	33	5	6
204	6	337	33	7	5
204	1	32	44	4	1
205	2	70	11	2	1
205	1	19	22	2	1
205	1	43	22	5	1
205	1	18	33	5	1
206	2	91	22	3	3
206	4	124	33	3	3
206	1	164	44	7	2
207	1	27	11	1	1
207	1	5	11	2	1
207	2	226	22	1	2
207	1	4	22	2	1
207	2	54	33	1	2
207	1	1	33	2	1

Table 1. (cont.)

Ordo	Number of species	Population density	Season	Habitat type	Square
208	1	3	11	2	1
208	2	3	11	7	2
208	6	29	22	2	1
208	2	3	22	4	1
208	1	4	22	7	1
208	4	19	33	2	1
208	1	4	33	4	1
208	1	4	33	8	1
208	2	5	44	7	2
209	1	60	11	4	2
209	1	320	11	7	4
209	1	1352	22	8	2
209	1	480	33	8	6
210	3	166	11	1	2
210	2	3	11	2	1
210	10	132	11	3	1
210	7	66	11	4	1
210	11	451	22	1	3
210	8	484	22	2	3
210	17	709	22	3	3
210	13	63	22	4	1
210	3	406	22	5	2
210	4	82	22	7	1
210	4	74	33	1	1
210	14	103	33	2	2
210	16	350	33	3	6
210	5	23	33	4	1
210	2	6	33	7	1
210	14	523	44	7	6
211	5	95	11	2	1
211	1	20	11	4	1
211	3	27	22	2	1
211	4	135	22	7	1
211	2	4	33	6	1
211	2	50	33	7	2
211	1	2	33	8	1
211	1	4	44	7	1
212	1	35	11	4	1
212	3	915	22	8	2
212	3	303	33	8	4
213	1	2	22	1	1
214	1	7	11	8	2
214	1	18	22	4	1

**Ordo:** 201-Anseriformes, 202-Bucerotiformes, 203-Caprimulgiformes, 204-Charadriiformes, 205-Ciconiiformes, 206-Columbiformes, 207-Coraciiformes, 208-Falconiformes, 209-Gruiformes, 210-Passeriformes, 211-Pelecaniformes, 212-Podicipediformes, 213-Strigiformes, 214-Suliformes

**Season:** 11-Spring, 22-Summer, 33-Autumn, 44-Winter

**Habitat type:** 1-Drylands, 2-Meadows, 3-Intensive farmland, 4-Reeds, 5-Arable agricultural fields, 6-Pastures, 7-Marshes, 8-Surface standing waters

Numerical data obtained from habitat based observations were arranged for statistical analysis. The population density of the birds in the ordo the number of UTM squares used, as well as the population densities varying depending on the seasons and habitat structures were determined.

### Statistical Model

Bird population data obtained by counting in the study area were used as dependent variable of the model. Seasons, ordo, habitat and squares were modelled as independent variables and Poisson and negative binomial regressions were applied respectively. The bird counts used as dependent variable of the model was represented in Figure 2. As seen from Figure 2, the distribution regarding the data of the present study is skewed right. The extreme skewness to the right in such data does not change much despite the transformations (Agresti, 1997; Cameron et al., 1998).

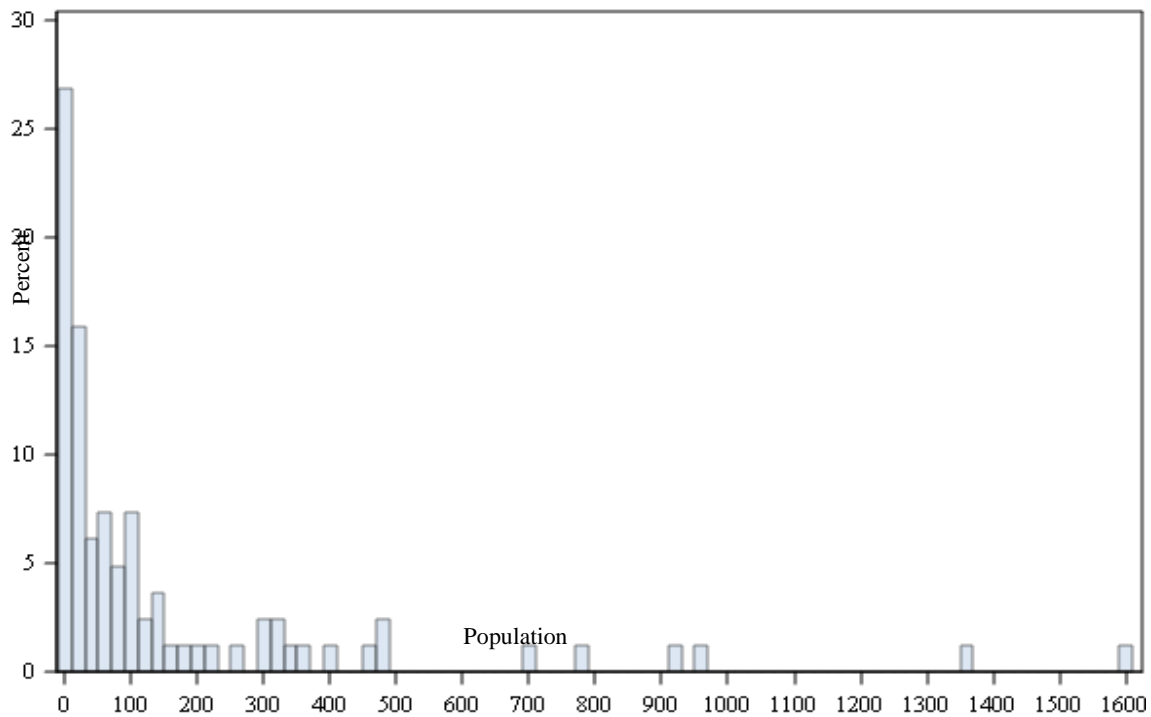


Figure 2. Bird population density graph of Haçlı Lake

Compliance criteria for Poisson and negative binomial regression were given in Table 2. The over-dispersion value was obtained through division of deviance statistics using their degrees of freedom. The over-dispersion value in Poisson regression was considerably greater than 1.0 (54.937) while over-dispersion value in negative binomial regression was very close to 1.0 (1.588). According to deviance criterion, dependent variable exhibited a large over-dispersion. Thus, negative binomial regression was used. Parameter estimation values and standard errors of Poisson and negative binomial regressions were given in Table 3-4. The effect of the over-dispersion values was reflected in both regression methods. Estimates obtained for independent variables were quite different for Poisson regression and negative binomial regression, indicating the effects of over-dispersion on parameter estimations.

Table 2. Compliance criteria for Poisson and negative binomial regression models

Models	Df*	Devians statistics	Over-dispersion**
Poisson regression	56	3076.4920	54.937
Negative binomial regression	56	88.9479	1.588

\*Df= degree of freedom, \*\*Devians statistics /Sd

The variation in the populations of Bucerotiformes and Caprimulgiformes ordo groups, according to the reference parameter of the Anseriformes ordo, were not statistically significant. However, the increase and decrease in the populations of Ciconiiformes ( $p < 0.05$ ), Falconiformes, Strigiformes, Suliformes, Charadriiformes, Coraciiformes, Columbiformes, Gruiformes, Passeriformes Pelecaniformes and Podicipediformes ordo groups were statistically significant ( $p < 0.01$ ) (Table 3). The population changes in spring, summer and autumn seasons, according to winter reference parameter, were statistically significant ( $p < 0.01$ ). The population changes in arid land, meadow, cultivated field, irrigated field, swamp and open water surface habitats, according to the reed area reference parameter, were statistically significant ( $p < 0.01$ ), whereas the difference in the pasture habitat was not significant.

The increase in the number of species caused a 1.224-fold increase in population density and a one-unit increase in the number of UTM squares used by the species caused a 1.212-fold increase in population density and the increases were statistically significant ( $p < 0.01$ ) (Table 3).

Negative binomial regression results showed that population changes in 7 ordo groups were not significant according to the Anseriformes ordo reference parameter. However, the population decreases and increases in Charadriiformes, Columbiformes and Podicipediformes ordo groups ( $p < 0.05$ ) and Falconiformes, Strigiformes and Gruiformes ordo groups ( $p < 0.01$ ) were statistically significant (Table 4). The population changes in the spring and autumn seasons were not statistically significant ( $p > 0.05$ ) according to the winter parameter, whereas summer population changes were significant. The population variations in arid area, irrigated field and open water surface were significant ( $p < 0.01$ ) according to reed area the reference parameter. Population changes in meadows and marshes were found to be statistically significant ( $p < 0.05$ ), however, population changes in cultivated farmland and pasture areas were not significant. The increase in the number of species and one unit increase in the number of UTM squares caused a significant increase in population density.

The over-dispersion value of the dependent variable was quite high (Table 3-4) and subsequently caused different parameter estimation values and standard errors in both regression models. The interpretation of parameter estimates for both regression models exhibits differences from that of linear regression. The Poisson regression and the negative binomial regression models should be linearized using the log link function to estimate how much each individual variable has effect on the dependent variable.

In regression models based on generalized linear models such as Poisson and Negative binomial, one level of each independent variable is typically used as reference category (Luo and Qu 2015; Yeşilova et al., 2016). Therefore, Anseriformes for ordo, winter for seasons, reeds for habitats, number of species and UTM square numbers were considered as reference levels.

The influence of independent variables on bird populations were analysed and the results were given in Table 3 and Table 4. However, independent variables, ordo (team) (Anseriformes, Bucerotiformes, Caprimulgiformes, Charadriiformes, Ciconiiformes, Coraciiformes, Cuculiformes, Falconiformes, Gruiformes, Passeriformes, Pelecaniformes, Podicipediformes, Strigiformes, Suliformes), the number of species, the number of UTM used, seasons (summer, autumn and winter) and habitats (open water surface, swamps, reeds, arid lands, irrigated lands, cultivated lands, pastures and meadows) have different levels. Therefore, each independent variable level should be tested independently to assess the importance of individual effect on bird populations.

Since negative binomial regression was the best regression model according to the compliance criterion, only the results of binomial regression were interpreted (Table 4). Accordingly, it was found that population decreases and increases were statistically significant in Charadriiformes, Columbiformes and Podicipediformes ordo groups ( $p < 0.05$ ), Falconiformes, Strigiformes and Gruiformes ordo groups ( $p < 0.01$ ). One unit increase in the number of species and UTM square led to the population increase by 1.215 ( $p < 0.01$ ) and 1.056 ( $p < 0.05$ ) times, respectively. Population changes between seasons and habitats were statistically significant.

The population in the summer season significantly ( $p < 0.01$ ) increased compared to the reference parameter of winter while the population increase and decrease in spring and autumn were not significant. The population changes only in cultivated lands and pasture areas, according to the habitat reference parameter were not significant.

**Table 3.** Poisson regression model parameter estimation values and standard error obtained for Haçlı Lake (sd. error)

Parameters	Df	Estimate	Standard error	%95 Wald confidence interval		Wald Khi-square value	p-value	Exp.
Intercept	1	0.1372	0.1114	-0.0811	0.3555	1.52	0.2182	1.147
Bucerotiformes	1	-0.6196	0.3647	-1.3343	0.0952	2.89	0.0893	0.538
Caprimulgiformes	1	-0.1780	0.1617	-0.4949	0.1390	1.21	0.2710	0.836
Charadriiformes	1	1.4737	0.0462	1.3832	1.5642	1019.55	0.0001**	4.365
Ciconiiformes	1	-0.2142	0.1021	-0.4143	-0.0141	4.40	0.0359*	0.807
Columbiformes	1	1.7610	0.1016	1.5619	1.9601	300.47	0.0001**	5.818
Coraciiformes	1	0.7283	0.0873	0.5571	0.8994	69.56	0.0001**	2.071
Falconiformes	1	-1.1951	0.1287	-1.4474	-0.9428	86.22	0.0001**	0.302
Gruiformes	1	2.1545	0.0465	2.0634	2.2456	2150.54	0.0001**	8.623
Passeriformes	1	0.4004	0.0652	0.2726	0.5282	37.69	0.0001**	1.492
Pelecaniformes	1	0.4179	0.0786	0.2638	0.5720	28.25	0.0001**	1.518
Podicipediformes	1	1.5518	0.0517	1.4505	1.6531	901.21	0.0001**	4.719
Strigiformes	1	-2.9976	0.7112	-4.3915	-1.6037	17.77	0.0001**	0.049
Suliformes	1	-1.3981	0.2060	-1.8019	-0.9943	46.06	0.0001**	0.247
Number of species	1	0.2024	0.0056	0.1914	0.2134	1305.16	0.0001**	1.224
Spring	1	1.5288	0.0750	1.3817	1.6758	415.32	0.0001**	4.612
Summer	1	1.8864	0.0708	1.7476	2.0252	709.34	0.0001**	6.595
Autumn	1	0.4110	0.0670	0.2796	0.5424	37.60	0.0001**	1.508
Dry lands	1	1.2725	0.0601	1.1548	1.3902	448.89	0.0001**	3.569
Meadows	1	0.8751	0.0521	0.7730	0.9772	282.29	0.0001**	2.399
Intensive farmland	1	0.2807	0.0648	0.1537	0.4077	18.78	0.0001**	1.324
Arable agricultural fields	1	2.2872	0.0617	2.1663	2.4081	1375.29	0.0001**	9.847
Pastures	1	-0.1769	0.5053	-1.1674	0.8135	0.12	0.7263	0.837
Inland marshes	1	1.3669	0.0458	1.2772	1.4567	890.98	0.0001**	3.923
Surface standing waters	1	2.2464	0.0508	2.1467	2.3460	1953.32	0.0001**	9.453
UTM	1	0.1923	0.0099	0.1729	0.2118	373.91	0.0001**	1.212

Df= Degrees of freedom \*p&lt;0.05, \*\*p&lt;0.01

**Table 4.** Negative binomial regression model parameter estimation values and standard error obtained for Haçlı Lake (sd. error)

Parameters	Df	Estimate	Standard error	%95 Wald confidence interval		Wald Khi-square value	p-value	Exp.
Intercept	1	1.4190	0.4849	0.4686	2.3694	8.56	0.0034	4.132
Bucerotiformes	1	-1.1081	1.0007	-3.0695	0.8533	1.23	0.2682	0.330
Caprimulgiformes	1	-0.5850	0.6976	-1.9523	0.7823	0.70	0.4017	0.110
Charadriiformes	1	0.8891	0.3648	0.1741	1.6040	5.94	0.0148*	2.432
Ciconiiformes	1	-0.2123	0.5728	-1.3350	0.9105	0.14	0.7110	0.808
Columbiformes	1	1.1797	0.5980	0.0076	2.3518	3.89	0.0485*	3.253
Coraciiformes	1	-0.9688	0.5865	-2.1183	0.1808	2.73	0.0986	0.379
Falconiformes	1	-1.4593	0.4608	-2.3624	-0.5562	10.03	0.0015**	0.232
Gruiformes	1	1.8858	0.4980	0.9097	2.8619	14.34	0.0002**	6.591
Passeriformes	1	-0.3444	0.4440	-1.2146	0.5257	0.60	0.4379	0.708
Pelecaniformes	1	-0.0062	0.4629	-0.9136	0.9011	0.00	0.9893	0.993
Podicipediformes	1	1.2663	0.5544	0.1796	2.3530	5.22	0.0224*	3.547
Strigiformes	1	-4.4282	1.1786	-6.7383	-2.1181	14.12	0.0002**	0.011
Suliformes	1	-0.7869	0.6762	-2.1121	0.5384	1.35	0.2445	0.455
Number of species	1	0.2352	0.0487	0.1397	0.3306	23.33	0.0001**	1.265
Spring	1	0.7717	0.4828	-0.1745	1.7179	2.56	0.1099	2.163
Summer	1	1.1831	0.4432	0.3145	2.0518	7.13	0.0076**	3.264
Autumn	1	0.0459	0.4619	-0.8594	0.9512	0.01	0.9209	1.046
Dry lands	1	2.0966	0.5029	1.1110	3.0822	17.38	0.0001**	8.138
Meadows	1	0.6568	0.3284	0.0130	1.3005	4.00	0.0455*	1.928
Intensive farmland	1	0.1628	0.4940	-0.8054	1.1310	0.11	0.7417	1.176
Arable agricultural fields	1	1.9419	0.4893	0.9829	2.9010	15.75	0.0001**	6.971
Pastures	1	-0.7302	0.9806	-2.6522	1.1918	0.55	0.4565	0.481
Inland marshes	1	0.8473	0.3306	0.1994	1.4953	6.57	0.0104*	2.333
Surface standing waters	1	1.5878	0.3588	0.8847	2.2910	19.59	0.0001**	4.892
UTM	1	0.1874	0.0839	0.0230	0.3518	4.99	0.0254*	1.206

Df= Degrees of freedom \*p&lt;0.05, \*\*p&lt;0.01



## CONCLUSION

The result of deviance statistics revealed a significant over-dispersion of the dependent variable. Therefore, the use of negative binomial regression was considered more appropriate to evaluate the parameters. Parameter estimates were quite different in both Poisson and negative binomial regressions.

The categorical independent variables of Haçlı Lake model are Anseriformes ordo, reeds and winter season which were considered as references. The significance levels of these independent variables on population density were given as follows. Comparison of Anseriformes ordo with the other ordos revealed that the populations of 9 ordos decreased, however the decrease in population was only statistically significant ( $p < 0.01$ ) for the Falconiformes ordo. However, the population densities of the 4 ordo increased compared to the reference. The population was increased in Charadriiformes ( $p < 0.05$ ), Columbiformes ( $p < 0.05$ ), Podicipediformes ( $p < 0.05$ ) and Gruiformes ( $p < 0.01$ ) ordos.

Population differences between ordos were attributed to the contribution of Armenian gull (*Larus armenicus*), Rock pigeon (*Columba livia*), Common coot (*Fulica atra*) and Little Grebe (*Tachybaptus ruficollis*) which are seen in all seasons in the area. The intense presence of species such as Redshank (*Tringa totanus*), Common tern (*Sterna hirundo*), Ruddy shelduck (*Tadorna ferruginea*) and Lapwing (*Vanellus vanellus*) in the study area during the reproduction period cause the differences between populations. The differences in feeding area of species are another reason for the increase and decrease in population density. The wetlands around the lake are suitable feeding areas for the shore birds, while the coastal reeds and the lake mirror are suitable feeding areas for diving or surface feeding birds. However, in some cases, different species have been observed feeding in the same feeding areas. Therefore, similarities and differences in feeding areas either facilitated for some species to find food or made it difficult for others and caused them to leave. This resulted in an increase in population densities of some ordos and a decrease in others. Guisan et al. (2007) stated that the population status of birds differs from species to species, and population trends may change by vital activities and habitat preferences. Beerens et al. (2011) reported that seasonal and annual nutritional diversity in the reproduction period plays an active role in the population mobility of many bird species. They also stated that the bird species in extremely lively ecosystems such as wetlands have different population densities and habitat preferences, which vary according to vital activities such as finding and using food resources.

Comparison of reeds considered the reference habitat, with other habitat types, indicated that population increases in arid lands, irrigated lands and on open water surface were statistically significant at  $p < 0.01$  level while the population increase at meadows and swamp areas were statistically significant at  $p < 0.05$  level. Human activities around the lake are the main causes of the differences in bird populations among habitats. Reed cutting is intensively performed around the lake in spring-summer (after reproduction period) seasons. Reed cutting during the reproduction period has a negative effect on the birds living in this habitat. Reed cutting has endangered the vital activities of birds such as hiding and shelter. In this case, the birds scattered to different habitats to continue their activities such as feeding and hiding. Consequently, population density in the reeds area decreased compared to the other habitats. Similarly, Milsom et al. (2000) and Yuan et al. (2014) emphasized that human activities have negative impacts on the distribution, density and reproductive success of birds.

Comparing winter that is the reference season with other seasons, the population increase in spring and autumn seasons was not significant, however, the population increase in summer was statistically significant ( $p < 0.01$ ). The population increase in the summer compared to the winter season is related to the contribution of the hatching individuals with the arrival of migratory species to the number of populations. The hatching individuals of Ruddy shelduck (*Tadorna ferruginea*), Lapwing (*Vanellus*

*vanellus*), Common tern (*Sterna hirundo*) and Redshank (*Tringa totanus*) species which nest in colonies in the area during spring season significantly increase the population density in the summer season. These species are migratory and leaving the area before the winter season, which explains the population differences between the seasons. Johnston et al. (2015) also showed that the distribution and density of birds vary depending on species and seasons.

The temperature rise during the summer season increased the living activity in the area, which had a positive effect on the population density and caused to the difference in population density between summer and winter seasons. The effect of temperature variable on population density and number of species was demonstrated by Gonçalves et al. (2017) who emphasized that climatic factors such as temperature and humidity have a significant effect on the number of species and population density.

## ACKNOWLEDGEMENT

This study is a part of the PhD thesis project “FDK-2016-5176” funded by Directorate of Scientific Research Projects of Yuzuncu Yıl University.

## REFERENCES

- Adızel Ö, Özdemir K, Durmuş A, Akın G, 2010. Genetiği Değiştirilmiş Organizmaların (GDO) Doğa ve İnsana Etkileri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 15 (2): 148-153.
- Agresti A, 1997. Categorical Data Analysis. John and Wiley & Sons, Incorporation, New Jersey, Canada
- Aksan Ş, Özdemir İ, Oğurlu İ, 2014. Modeling the distributions of some wild mammalian species in Gölcük Natural Park/Turkey. Biological Diversity and Conservation, 7 (1): 1-15.
- Beerens JM, Gawlik DE, Herring G, Cook MI, 2011. Dynamic habitat selection by two wading bird species with divergent foraging strategies in a seasonally fluctuating wetland. The Auk, 128 (4): 651-662.
- Bibby CJ, Burgess DN, Hill AD, Mustoe S, 2000. Bird Census Techniques, Second Edition, Academic Press, ISBN 0-12-095831-7, London, United Kingdom, 86.
- Boyce MS, Johnson CJ, Merrill EH, Nielsen SE, Solberg EJ, Van Moorter B, 2016. Can habitat selection predict abundance?. Journal of Animal Ecology, 85 (1): 11-20.
- Cameron AC, Trivedi PK, 2013. Regression analysis of count data (Vol. 53). Cambridge University press.
- Clark RG, Shutler D, 1999. Avian habitat selection: pattern from process in nest-site use by ducks? Ecology, 80 (1): 272-287.
- Çelik E, Durmuş A, 2020. Nonlinear Regression Applications in Modeling Over-dispersion of Bird Populations. The Journal of Animal & Plant Sciences, 30(2): 345-354.
- Dalrymple ML, Hudson IL, Ford RPK, 2003. Finite mixture, zero-inflated poisson and hurdle models with application to SIDS. Computational Statistics and Data Analysis, 41: 491-504
- Durmuş A, Yeşilova A, Çelik E, Kara R, 2018. Using Poisson and Negative Binomial Regression Models on Birds Population in Dönemeç Delta. Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences, 28 (1): 78-85.
- Famoye F, Karan PS, 2006. Zero- inflated generalized poisson regression model with an application to domestic violence data. Journal of Data Science, 5: 117-130.
- Girma Z, Mamo Y, Mengesha G, Verma A, Asfaw T, 2017. Seasonal abundance and habitat use of bird species in and around Wondo Genet Forest, south-central Ethiopia. Ecology and Evolution, 7 (10): 3397-3405.
- Gonçalves GR, Santos MPD, Cerqueira PV, Juen L, Bispo AA, 2017. The relationship between bird distribution patterns and environmental factors in an ecotone area of northeast Brazil. Journal of Arid Environments, 140: 6-13
- Graham CH, Ferrier S, Huettman F, Morit C, Peterson AT, 2004. New developments in museum-based informatics and applications in biodiversity analysis. Trends in Ecology and Evolution, 19: 497-503.
- Guisan A, Graham CH, Elith J, Huettmann F, NCEAS. Species Distribution Modelling Group, 2007. Sensitivity of predictive species distribution models to change in grain size. Diversity and Distributions, 13 (3): 332-340.
- Guisan A, Zimmermann NE, 2000. Predictive Habitat Distribution Models In Ecology. Ecological Modelling, 135: 147-186.

- Hilbe JM, 2007. Negative Binomial Regression. Cambridge, U.K.
- Johnston A, Fink D, Reynolds MD, Hochachka WM, Sullivan BL, Bruns NE, Kelling S, 2015. Abundance models improve spatial and temporal prioritization of conservation resources. *Ecological Applications*, 25 (7): 1749-1756.
- Kéry M, Royle JA, Schmid H, 2005. Modeling avian abundance from replicated counts using binomial mixture models. *Ecological applications*, 15 (4): 1450-1461.
- Kızıroğlu İ, 2008. Türkiye Kuşları. Tür Listesi ve Türkiye Kuşları Kırmızı Listesi. Hacettepe Üniversitesi, Çevre Eğitimi, Kuş Araştırmaları ve Halkalama Merkezi, Ankara. 86.
- Knape J, Arlt D, Barraquand F, Berg Å, Chevalier M, Pärt T, Żmihorski M, 2018. Sensitivity of binomial N-mixture models to overdispersion: The importance of assessing model fit. *Methods in Ecology and Evolution*, 9 (10): 2102-2114.
- Li P, Martin TE, 1991. Nest-Site Selection and Nesting Success of Cavity Nesting Birds in High Elevation Forest Drainages. *Auk*, 108: 405-418.
- Lindén A, Mäntyniemi S, 2011. Using the negative binomial distribution to model overdispersion in ecological count data. *Ecology*, 92 (7): 1414-1421.
- Luo J, Qu Y, 2015. Estimation of group means when adjusting for covariates in generalized linear models. *Pharm Stat.*, 14 (1): 56-62.
- Mathews EA, Pendleton GW, 2006. Declines in harbor seal (*Phoca vitulina*) numbers in Glacier Bay National Park, Alaska, 1992–2002. *Marine Mammal Science*, 22: 167–189.
- McCarthy MA, Burgman MA, Ferson S, 1995. Sensitivity analysis for models of population viability. *Biological Conservation*, 73 (2): 93-100.
- Milson TP, Langton SD, Parkin WK, Peel S, Bishop JD, Hart JD, Moore NP, 2000. Habitat Models of Bird Species' Distribution: an Aid to The Management of Coastal Grazing Marshes. *Journal of Applied Ecology*, 37: 706-727.
- Muthén LK, Muthén B, 2006. Mplus: User's guide. Los Angeles, CA: Muthén & Muthén
- O'Hara RB, 2005. Species richness estimators: How many species can dance on the head of a pin? *Journal of Animal Ecology*, 74: 375–386.
- O'Hara RB, Kotze DJ, 2010. Do not log-transform count data. *Methods in Ecology and Evolution*. 1: 118–122.
- Onmuş O, 2008. Gediz Deltası'nda üreyen su kuşu türlerinin yuvalama alanlarının izlenmesi ve bu kolonilerin yönetilmesi Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmamış), İzmir.
- Rékási J, Rozsa L, Kiss BJ, 1997. Patterns in the distribution of avian lice (Phthiraptera: Amblycera, Ischnocera). *Journal of Avian Biology*, 150-156.
- Ridout M, Clarice GBD, John H, 1998. Models for count data with many zeros. *International Biometric Conference*. Cape Town.
- Small RJ, Pendleton GW, Pitcher KW, 2003. Trends in abundance of Alaska harbor seals, 1983-2002. *Marine Mammal Science*, 19: 344–362.
- Ver Hoef JM, Boveng PL, 2007. Quasi Poisson vs. negative binomial regression: how should we model overdispersed count data?. *Ecology*, 88 (11): 2766-2772.
- Wang P, Putterman ML, 1998. Mixed logistic regression models. *Journal of Agriculture Biological and Environmental Statistics*, 3 (2): 175-200.
- Wedderburn RWM, 1974. Quasi-likelihood functions, generalized linear models, and the Gauss-Newton method. *Biometrika*, 61: 439–447.
- Yesilova A, Denizhan E, 2016. Modeling mite counts using poisson and negative binomial regressions. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25 (11): 5062-5066
- Yeşilova A, Özgökçe MS, Atlıhan R, Polat Yıldız Ş, Karaca İ, Ser G, 2016. Modeling of the arthropod population densities in the coastal band of Lake Van using mixture poisson regression. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25: 1768-1778.
- Yuan Y, Zeng G, Liang J, Li X, Li Z, Zhang C, Yu X, 2014. Effects of landscape structure, habitat and human disturbance on birds: a case study in East Dongting Lake wetland. *Ecological Engineering*, 67: 67-75.

### Influence of *in vitro* Micropropagation Growth Conditions on Stomatal and Morphological Characteristics of Mature *Pistacia vera* L.

Emine AYAZ TİLKAT<sup>1</sup>, Hülya HOŞGÖREN<sup>2</sup>, Alevcan KAPLAN<sup>3\*</sup>, Engin TİLKAT<sup>1</sup>

**ABSTRACT:** This research was conducted to reveal the stomatal anatomy, stomatal index and water loss (%) of mature pistachio leaves as well as the leaves of different phases (multiplication, rooting, hardening and regenerated plant) of micropropagation of mature pistachio trees obtained from the *in vitro*. Microscopic observations on surfaces of these leaves showed variety from elliptical to ovate stomata with length of 0.81-2.02 µm and width of 1.58-3.80 µm. An increase in stomatal index (SI) in the leaves of plants grown *in vitro* was observed most specifically in the hardening phase. (17.49±0.04). The stomatal index declined in the leaves of plantlets transferred to *in vivo* conditions subsequent to the hardening phase. In order to measure water loss, leaves obtained from all types of samples were dried in the oven between 30 minutes and 2 hours and weighed. The percent water loss of *in vitro* leaves of multiplication phase was greater than the other phases. The stomatal differentiation was found to be influenced by the different hardening regimes applied. Hardening by covering the pots with polyethylene bags improved the survival rate. This study indicates that optimization of *in vitro* micropropagation stages is necessary to avoid transplantation stress.

**Keywords:** Hardening, *in vitro* culture, stomatal characteristics, water loss, stomatal index, *P. vera* L.

### Olgun Antepfıstığı'nın (*Pistacia vera* L.) Stomatal ve Morfolojik Özellikleri Üzerine *In vitro* Mikropropagasyon Büyüme Koşullarının Etkisi

**Özet:** Bu çalışma, olgun antepfıstığı ağaçlarının *in vitro* olarak mikroçoğaltımının farklı evrelerinden (çoğaltma, köklendirme, alıştırma ve rejenere bitki) elde edilen yaprakların stoma anatomisini, stoma indeksini ve su kaybını (%) ortaya çıkarmak için yapılmıştır. Yaprak yüzeyinde yapılan mikroskopik gözlemler, 0.81-2.02 µm uzunluğunda ve 1.58-3.80 µm genişliğinde eliptikten ovat stomaya kadar çeşitlilik göstermiştir. *In vitro* yetiştirilen bitkilerin özellikle alıştırma aşamasında yapraklarında stoma indeksinde (SI) bir artış gözlenmiştir (17.49±0.04). Alıştırma aşamasından sonra *in vivo* koşullara transfer edilen bitki yapraklarının stoma indeksi azalmıştır. Su kaybını ölçmek için, her çeşit numuneden elde edilen yapraklar, 30 dakika ile 2 saat arasında fırında kurutulmuş tartılmıştır. Çoğaltma aşamasındaki su kaybı yüzdesinin diğer aşamalara göre daha büyük olduğu tespit edilmiştir. Stoma farklılaşmasının, uygulanan doğal şartlara aktarım metodu tarafından da etkilendiği tespit edilmiştir. Saksıların polietilen poşetlerle kapatılması yoluyla gerçekleştirilen aklimatizasyon yönteminin yaşama oranını arttırdığı tespit edilmiştir. Bu çalışma, transplantasyon stresinden kaçınmak için *in vitro* mikro-çoğaltma aşamalarının optimizasyonunun gerekli olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Alıştırma, *in vitro* kültür, stoma özellikleri, su kaybı, stoma indeksi, *P. vera* L.

<sup>1</sup> Emine AYAZ TİLKAT (Orcid ID: 0000-0001-5111-425X), Engin TİLKAT (Orcid ID: 0000-0002-1654-7655), Faculty of Science and Literature, Department of Biology, University of Batman, 72060 Batman, Turkey.

<sup>2</sup> Hülya HOŞGÖREN (Orcid ID: 0000-0002-3528-3157), Faculty of Science, Department of Biology, University of Dicle, 21280 Diyarbakır, Turkey.

<sup>3</sup> Alevcan KAPLAN (Orcid ID: 0000-0001-6738-7527), Sason Vocational School, Department of Crop and Animal Production, University of Batman, 72060 Batman, Turkey.

\* Corresponding Author: Alevcan KAPLAN, e-mail: kaplanalevcan@gmail.com

The study was presented as a poster at 20th National Biology Congress on 21 - 25 June in Denizli.

Geliş tarihi / Received: 11-12-2019

Kabul tarihi / Accepted: 09-02-2020

## INTRODUCTION

Micropropagation that cause rapid growth and multiplication of shoots under *in vitro* conditions often lead to the formation of plantlets with abnormal morphology, anatomy and physiology (Mohamed and Alsadon, 2010). Therefore, a significant amount of micropropagated pistachio plantlets could be lost or harmed especially during the period of acclimatization to *ex vitro* conditions (Zobayed et al., 2001). The main parameters of these controlled culture conditions include constant temperature, high relative humidity (RH), low photosynthetic photon flux (PPF), optimized concentrations of salts, carbonhydrates and plant growth regulators (Kubato et al., 1997). Among them incubation of plantlets at high RH could be considered to be the most important parameter as it could cause high mortality rate during *ex vitro* transfer mainly due to the excessive water loss attributed to reduced leaf epicuticular wax (Sutter and Langhans, 1979) high stomatal densities (Desjardins, 1988) and poor stomatal functioning (Blanke and Belcher, 1989). The reason for the poor functioning of stomata could be due to the guard cell wall characteristics (Ziv et al., 1987), deformation of stomata (Blanke and Belcher, 1989) or K<sup>+</sup> overflow through the guard cells (Assmann, 1993).

Although several improvements were made for the initiation, multiplication and rooting of pistachio, up to now, only one study was reported on stoma morphology of micropropagated pistachio (Barghchi, 1982; Bustamante-Garcia, 1984; Al Ramadhani, 1985; Martinelli, 1988; Abousalim, 1990; Gonzales and Frutos, 1990; Yang and Ludders, 1993; Onay, 1996; Onay et al., 1997; Onay, 2000; Ozden-Tokatlı et al., 2005; Tilkat et al., 2008; Tilkat and Onay, 2009; Tilkat et al., 2009). However, a detailed study on stomatal anatomy, stomatal index and water loss (%) should be carried out in micropropagated pistachio (Namlı and Ayaz, 2007) plantlets to reveal out the status and function of stoma during different phases of micropropagation. Besides, the transfer of plantlets from *in vitro* culture containers to air conditions is still considered to be the one of the most challenging steps of some woody species together with pistachio (Chandra et al., 2001; Joshi et al., 2006; Mišalová et al., 2009; Balakrishnan et al., 2009; Moyo et al., 2012) as well as pistachio. Thus, the purpose of this study was to investigate stomatal and morphological characteristics of *P. vera* L. leaves during different stages of micropropagation and to develop a method for successful hardening of pistachio plantlets during their rapid propagation.

## MATERIALS AND METHODS

### Establishment of *In vitro* Culture Conditions

Vigorous new shoots were collected from adult *Pistacia vera* L. trees (25-year-old) at Pistachio Research Institute in Gaziantep, South-east of Turkey, during the month of April, for the experiment. Shoot cultures, were started from aseptically grown adult trees of *P. vera* L. according to the method defined by (Tilkat, 2006). Adventitious buds from the initiation medium were repeatedly subcultured every 3 weeks on a MS (Murashige and Skoog, 1962) media supplemented with 1.0 mg L<sup>-1</sup> BA (6-benzyladenine). This culture was preserved for more than three years. Long shoots (> 3 cm long) collected after the third subculture were used for *in vitro* rooting. Shoots longer than 3 cm were transported to a rooting media consisting of MS media with 5.5 g L<sup>-1</sup> agar, 30 g L<sup>-1</sup> sucrose and 2.0 mg L<sup>-1</sup> IBA (indole-3-butyric acid). Cultures were maintained at 25 ± 2 °C, with 40 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> for 16 h photoperiod and 60 - 70 % relative humidity.

### Applied Hardening Conditions

*In vitro* regenerated plantlets were subjected to the following mode of hardening: 1) Rooted microplants were directly transported to *ex vitro* conditions. 2) The plants in pots were covered with



polyethylene bags for 20 d followed by gradual opening and complete removal after the next 20 d 3) Rooted microplants were hardened *in vitro* in a culture coated with pyrex glasses containing autoclaved peat and perlite moistened with ½ MS nutrients after the 14th day, followed by gradual opening and complete removal after the next 40 days. All those operations were carried out in a growth chamber where the temperature was  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  and the relative humidity was decreased from 90% to 50% by using an evaporative cooling system.

### Stomatal Analyses

When the plants were completely weaned (4 to 6 weeks), they were exposed to greenhouse conditions. For peeling preparation, leaves were collected and used from the top node at different stages of micropropagation (multiplication, rooting, hardening, regenerated plant). Controls included leaves obtained from field-grown trees of *P. vera* L. (25 years old). In order to determine the stoma characteristics, together with control, five plantlets from each phase, twenty leaves from each plantlets and ten peels from each leaf were examined. In the case of the stomatal index (the number of stomata per unit area), the length of the stomata, the width of the stomata, the epidermis of the ventral parts were all peeled and placed on a glass slide, mounted with distilled water and covered with a cover slip. Prepared slides were observed under an inverted microscope. The stomatal index (SI) was determined on the leaf lamina zones, using the following formula of Salisbury, 1927:

$$SI = S / (E+S) \times 100,$$

where S is the number of stomata per unit leaf area and E is the number of epidermal cells per unit leaf area.

The size of the stomata was measured with the aid of an ocular micrometer, pre-calibrated with a stage micrometer. The shape and the size of the leaves (width and length) were measured and compared.

The morphological characteristics of the leaves obtained during different phases of micropropagation were also reported. Moreover, leaf colours were identified as either light green (translucence) or dark green (opaque).

### Water Loss Analyses

Almost, in order to determine the amount of water loss, fresh weight of leaves with similar size (two out of five plants) were weighed to determine water loss (Table 4). Leaves were allowed to transpire by keeping their abaxial edges, on clean bench at room temperature of  $23-27^\circ\text{C}$  and relative humidity of 35-40 %. Each leaf was weighed at 30 min. interval for 2 h. Lastly, all tested leaves were dried at  $60^\circ\text{C}$  to obtain dry mass. Water loss was calculated as defined by Brainerd and Fuchigami, 1981:

$$\text{Water loss (\%)} = [( \text{Initial Fresh Mass} - \text{Mass After Holding} ) / ( \text{Fresh Mass} - \text{Dry Mass} ) \times 100]$$

### Statistical Analyses

For all treatments were conducted using a completely randomized block design was used. Significance was determined by an analysis of variance, and the least significant ( $P \leq 0.05$ ) differences among mean values were estimated using Duncan's New Multiple Range test. Data presented in percentages were subjected to chi-square ( $\chi^2$ ) analysis. Analysis of variance, was used to find differences between treatments in comparing stomatal density, diameter and length. Duncan Multiple Range Test, was used to differentiate mean values and significant effects were accepted at  $p \leq 0.05$ . Data calculations were performed using SPSS for Windows (version 15.0, SPSS®, Chicago, USA).

## RESULTS AND DISCUSSION

### Morphological Characteristics

Morphology of the leaves changed in shape (width x length) and colour as shown in Figure 1. A-E and Table 1. The leaves developed in the multiplication phase were a light green and elliptic shapes, whereas leaves developed rooting phase had greenish yellow colour and ovate or elliptic shapes. Moreover the leaves of *in vitro* hardening phase with elliptic-ovate shapes with dark green and the leaves of regenerated plantlets had round-ovate shapes with dark green colour. In case of the control (field-grown-tree) leaves broad-ovate shapes these were thin and with light green or green colour and elliptic or ovate shape. The shape measured as the width and the length of the leaves was also altered in the micropropagation phases tested; these had greater length than width. The width and length of mature tree leaves were significantly higher than the leaves obtained from different stages of micropropagation. However, leaves taken from all tested phases had greater length than width, similar to the mature tree.

As a result of this study, it was determined that *in vitro* differentiation of leaf morphology and stoma were affected by micropropagation phases and the type of hardening. This confirms the previous data on stomatal morphology reported on different plant species (Marin, 1988; Zacchini, 1997). Thus, epidermal peels of different phases of micropropagation appear to be different with decreasing stomatal index. This trend was particularly marked with the hardening type tested. Leaf shape and color deviations was apparent at different micropropagation stages. The reversibility, differentiated between the different phases induced by the above-mentioned treatment (Table 1), was different in the leaves investigated *in vitro* at different stages and appears to exclude/include the possibility that the stomatal reaction, which was obscured at such high percentages, could be due to completely physical and chemical factors. Hyperhydricity caused translucent thin and brittle leaves including also malformation of stoma. This phenomenon is also a serious problem during *in vitro* culture of mangosteen (Te chato et al., 2005).

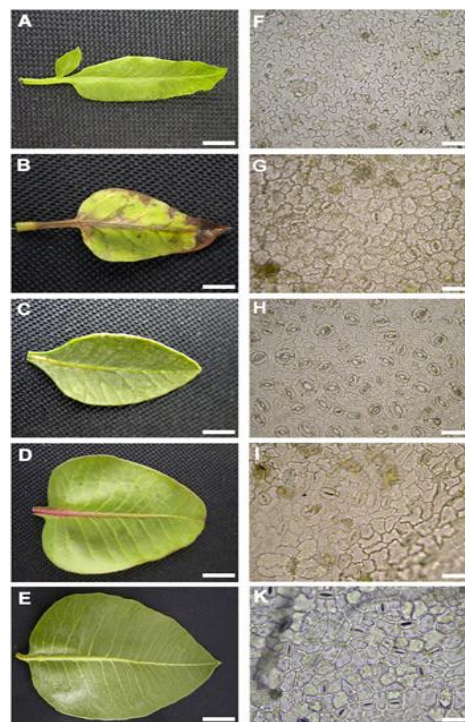
**Table 1.** Morphological characteristics of leaves obtained in the course of different phases of micropropagation.

Source of Leaf	Shape of Leaf	Colour	Width (cm) ( $\pm$ SD)*	Length (cm) ( $\pm$ SD)*
Multiplication Phase	Elliptic	Light Green	0.81 $\pm$ 0.53 <sup>c</sup>	1.58 $\pm$ 0.12 <sup>c</sup>
Rooting Phase	Elliptic-Ovate	Greenish Yellow	0.83 $\pm$ 0.36 <sup>c</sup>	1.58 $\pm$ 0.10 <sup>c</sup>
<i>In vitro</i> Hardening	Elliptic-Ovate	Dark Green	0.85 $\pm$ 0.08 <sup>c</sup>	1.65 $\pm$ 0.30 <sup>c</sup>
Regenerated Plantlets (1 year old)	Round Ovate	Dark Green	1.56 $\pm$ 0.13 <sup>b</sup>	2.75 $\pm$ 0.20 <sup>b</sup>
Mature Tree (30 years-old)	Ovate or Broad Lanceolate	Dark Green	2.02 $\pm$ 0.36 <sup>a</sup>	3.80 $\pm$ 0.30 <sup>a</sup>

### Stomatal Characteristics

According to our analysis, the epidermal cells on the leaves obtained from the cultures at the end of the replication phase were polygonal, having no curved fluctuations in the anticline walls. (Fig. 1F). The stomata of the leaves obtained from the cultures of this phase were either wide open, or with equal guard cells. These stomas had a rounded morphology with more porous area. Such irregularities, were also common during the rooting and hardening phase (Fig. 1G -1H). Irregularly shaped epidermal cells (with or without fluctuations) were observed in the micropropagation phase while curved fluctuations were detected during the rooting phase in pistachio.(Fig. G). The fact remains that, stomata in leaves collected from the regenerated plantlet (Fig. 1I) and mature tree of pistachio (Fig. 1K) were anomocytic, elliptical (different from kidney formed guard cells) and isodiametric epidermal cells. The significantly highest stomatal index (17.49) was obtained in leaves collected from *in vitro* hardening phase while the lowest index was found in leaves of regenerated plantlets and mature tree (10.85 and 10.96,

respectively). It was observed that the stomata in the leaves obtained from all stages of the micropropagation were similar in length and width, but the multiplication phase was different from them (Table 2). When the stomata in the leaves obtained from the multiplication phase were compared with the mature pistachio tree, the stomata in the multiplication phase were almost round and spherical porous (20.27  $\mu\text{m}$  length and 18.19  $\mu\text{m}$  width), while the stomata of the mature pistachio tree were elliptical (22.64  $\mu\text{m}$  length and 17.40  $\mu\text{m}$  width). The stomatal density was highest in leaves from hardening cultures (17.49). The values obtained in other micro-propagation stages were determined in multiplication phase (13.31), rooting phase (11.35), regenerated plants (10.85) and mature tree (10.96), respectively.



**Fig.1.** Morphological (A-E) characteristics of leaves obtained from different phases of micropropagation. Leaves from: A- Multiplication Phase, (bar: 5 mm); B- Rooting phase, (bar: 5.4 mm); C- Hardening phase, (bar: 5.6 mm); D- Regenerated plantlets, (bar: 7.6 mm); E- Mature tree, (bar: 12.5 mm); Characteristics and distribution of stoma (F-K) in epidermal layer of: F- Multiplication phase leaf, (bar: 47.04  $\mu\text{m}$ ); G- Rooting phase leaf, (47.04  $\mu\text{m}$ ); H- Hardening phase leaf, (bar: 44.11  $\mu\text{m}$ ); I- Regenerated plantlets leaf, (bar: 47.04  $\mu\text{m}$ ); K- Mature tree leaf, (bar: 44.11  $\mu\text{m}$ ).

The stomatal index during the *in vitro* hardening phase was almost twice of regenerated plantlets and the mature tree. This differential behaviour could be correlated with the percentage of malformed stomata. Stomatal differentiation was found to be influenced by the different hardening regimes applied (Table 3). The highest value of stomatal index was induced by transferring the plantlet to pots covered with polyethylene bags. Relatively lower stomatal index was obtained in leaves collected from pots covered with pyrex glasses while data could not be taken from leaves of direct transfer, those plantlets could not survive beyond a few hours. Although the length of the stomata was higher in leaves collected from pots covered with polyethylene bags, the width of the stomata was relatively lower in this treatment than stomatas on leaves of pots covered with pyrex glasses. Significant differences have emerged in the successful acclimatisation of plantlets between the different types of hardening (Table 3). The highest density of acclimatised plantlets was 80 % in pots covered with polyethylene bags and 90 % of these plants survived when transferred to soil. Pots covered with pyrex glasses also resulted in high frequency

**Influence of *in vitro* Micropropagation Growth Conditions on Stomatal and Morphological Characteristics of Mature *Pistacia vera* L.**

of acclimatized plantlets (70 %). 90 % of viable regenerants was also obtained after 6 months transfer to growth room conditions.

**Table 2.** Stomatal characteristics of *Pistacia vera* L. leaves in the course of different phases of micropropagation (Means  $\pm$  SE, n = 5)

Source of Leaf	Stomatal Index (%) <sup>*</sup>	Length of Stomata [ $\mu$ m] <sup>*</sup>	Width of Stomata [ $\mu$ m] <sup>*</sup>
Multiplication Phase	13.31 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>	20.27 $\pm$ 0.08 <sup>d</sup>	18.19 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup>
Rooting Phase	11.35 $\pm$ 0.04 <sup>c</sup>	23.52 $\pm$ 0.08 <sup>b</sup>	15.42 $\pm$ 0.06 <sup>d</sup>
<i>In vitro</i> Hardened	17.49 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>	24.70 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	15.28 $\pm$ 0.06 <sup>d</sup>
Regenerated Plantlets	10.96 $\pm$ 0.06 <sup>d</sup>	24.18 $\pm$ 0.07 <sup>a</sup>	16.92 $\pm$ 0.04 <sup>c</sup>
Mature Tree	10.85 $\pm$ 0.04 <sup>d</sup>	22.64 $\pm$ 0.04 <sup>c</sup>	17.40 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup>

<sup>\*</sup> Different lower-case letters in each column indicate that these values are statistically different at  $P \leq 0.05$  according to Duncan's Multiple Range Test.

**Table 3.** Effect of hardening type on stomatal characteristics and viable regenerants (%) of *P.vera*. L. leaves.

Type of Hardening	Stomatal Index <sup>*</sup>	Length of Stomata [ $\mu$ m] <sup>*</sup>	Width of stomata [ $\mu$ m] <sup>*</sup>	% of Acclimatized Regenerant <sup>**</sup>	Viable Regenerants (%) After Six Months Transfer to Growth Room <sup>***</sup>
Pots covered with Polyethylene Bags	23.32 $\pm$ 0.07 <sup>a</sup>	23.16 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>	14.42 $\pm$ 0.04 <sup>b</sup>	80	90
Pots Coated with Pyrex Glasses	21.78 $\pm$ 0.08 <sup>b</sup>	20.25 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>	17.24 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>	70	90
Direct Transfer	00.00 $\pm$ 0.00 <sup>c</sup>	00.00 $\pm$ 0.00 <sup>c</sup>	00.00 $\pm$ 0.00 <sup>c</sup>	0	0
$\chi^2$ (df)				$P \leq 0.05$	$P \leq 0.05$

<sup>\*</sup> Different lower-case letters in each column indicate that these values are statistically different at  $P \leq 0.05$  according to Duncan's Multiple Range Test.

<sup>\*\*</sup>Data were recorded on day- 30 of acclimatization and represent the means of 10 explants per treatment with 2 repetition of the experiment.

<sup>\*\*\*</sup> Data were recorded 6 months after transfer to a growth room.

There may be many causes of decreased stoma function over time *in vitro*. Probably as a result of high relative humidity, *in vitro* plantlets cellulose deposits seem to be reduced, compared to *in vivo* conditions (Marin, 1988).

According to this evidence, the earliest leaves, in our experiments also could have a lower stomata index since they were submitted for a longer period of time to high relative humidity. Similar results have also been reported by (Zacchini et al., 1997). When the *Wrightia tomentosa* cultures were transferred to a low relative humidity level, no deformation of the stoma morphology was recorded in the leaves of *in vivo* hardened plants.

Our results strongly suggest that the stomatal index is affected by the different phases of micropropagation; index, width and length of the stomatas are also influenced by the hardening type used. (Table 3.) Therefore, the results of this study indicate that enhancement of the micropropagation phases *in vitro* is necessary to avoid transplantation stress. This would then lead to a higher survival rate and a greater yield. A relationship was observed between the stoma index and different stages of micropropagation. However, the gradual change in stomata shape from elliptical in the early phases (multiplication and rooting) to circular in mature leaves is noteworthy.

### Water Loss

The maximum water loss (69.70 %) was observed in the leaves from multiplication phase within the first 30 min. (Table 4). In the same period, the water losses was 65.62 % for leaves of rooted

**Influence of *in vitro* Micropropagation Growth Conditions on Stomatal and Morphological Characteristics of Mature *Pistacia vera* L.**

microplants, 61.80 % for *in vitro* hardened plants, 34.50 % for regenerated plants, 13.95 % for the leaves of the mature tree, respectively.

Except the mature tree in other all cases, the percentage of water loss decreased with time. Within 2 hours, maximum water loss was observed in multiplication phase at the rate of 97.23 %. When the seedlings were gradually exposed to *in vivo* conditions, water loss control have increased with time. *In vitro* study of *Actinidia deliciosa* plantlets found that the water loss value gradually decreased (Moncalean et al., 2009). This result is similar to our study.

**Table 4.** Water loss (%) from decomposed leaves of plantlets in the course of different phases of micropropagation in *Pistacia vera* L. (Means  $\pm$  SE of 5 plants).

Time (min)	Multiplication*	Rooting*	In vitro Hardened Plants*	Regenerated Plantlets*	Mature Tree*
0- 30	69.70 $\pm$ 1.85 <sup>a</sup>	65.62 $\pm$ 0.28 <sup>a</sup>	61.80 $\pm$ 0.67 <sup>a</sup>	34.50 $\pm$ 0.25 <sup>a</sup>	13.95 $\pm$ 0.25 <sup>bc</sup>
30- 60	23.77 $\pm$ 0.71 <sup>b</sup>	17.94 $\pm$ 0.35 <sup>b</sup>	15.18 $\pm$ 0.27 <sup>b</sup>	15.17 $\pm$ 0.91 <sup>b</sup>	22.63 $\pm$ 0.36 <sup>a</sup>
60- 90	2.75 $\pm$ 0.13 <sup>c</sup>	7.49 $\pm$ 0.02 <sup>c</sup>	12.12 $\pm$ 0.02 <sup>c</sup>	11.66 $\pm$ 0.71 <sup>c</sup>	13.16 $\pm$ 0.38 <sup>c</sup>
90- 120	1.01 $\pm$ 0.19 <sup>d</sup>	1.99 $\pm$ 0.05 <sup>d</sup>	7.44 $\pm$ 0.18 <sup>d</sup>	4.74 $\pm$ 0.04 <sup>d</sup>	14.75 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup>

\* Different lower-case letters in each column indicate that these values are statistically different at  $P \leq 0.05$  according to Duncan's Multiple Range Test.

## CONCLUSION

This study was performed to reveal the stomatal anatomy, stomatal index and water loss (%) of mature pistachio leaves as well as the leaves of different phases (multiplication, rooting, hardening and regenerated plant) of micropropagation of mature pistachio trees obtained from the *in vitro*. The results of our study were corroborate the results obtained by Zacchini et al., (1997) who suggest that the circular shape of *in vitro* stomata is not a characteristic of the early differentiation stages, but rather occurs as a gradual process over time. It can be expressed that it is necessary to optimization micropropagation steps in order to obtain high survival rates of *in vitro* propagated pistachio seedlings after adaptation to *in vivo* conditions.

## REFERENCES

- Abousalim A, 1990. Micropropagation and Micrografting of Pistachio (*P. vera* L. and *Pistacia atlantica* Desf.). Wye College, University of London, UK, Department of Horticulture, Ph.D. Thesis (Printed).
- Al Ramadhani RMA, 1985. The effect of some growth regulator on the initiation and growth of *Pistacia vera* L. Mosul University, Mosul (Iraq) College of Science.
- Assmann SM, 1993. Signal transduction in guard cells. Annual Review of Cell and Developmental Biology, 9: 345- 375.
- Balakrishnan V, Ram Latha M, Ravindran KC and Robinson JP, 2009. Clonal Propagation of *Morus alba* L. through Nodal and Axillary Bud Explants. Botany Research International, 2 (1): 42-49.
- Barghchi M, 1982. *In vitro* propagation of *Pistacia* species. University of Nottingham, UK, Ph.D. Thesis (Printed).
- Blanke MM, Belcher AR, 1989. Stomata of apple leaves cultured *in vitro*. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 19: 85- 89.
- Brainerd KE, Fuchigami LJ, 1981. Acclimatization of aseptically cultured apple plants to low relative humidity. Journal of the American Society for Horticultural Science, 106(4):515- 518.
- Bustamante-Garcia MA, 1984. Micropropagation and Rejuvenation of *Pistacia* species and the mechanism by which light influences root initiation. University of California, Davis, USA, Ph.D. Thesis (Printed).



- Chandra Dang J, Kumaria S, Kumar S and Tandon P, 2011. Micropropagation of *Ilex khasiana*, a critically endangered and endemic holly of Northeast India. AoB PLANTS, Plro 012. DOI:10.1093/aobpla/plr012.
- Desjardins Y, Laforge C, Lussier C, Gosselin A, 1988. Effect of CO<sub>2</sub> enrichment and high photosynthetic photon flux on the development of autotrophy and growth of tissue-cultured strawberry, raspberry and asparagus plants. Acta Horticulturae, 230: 45- 53.
- Gonzales A, Frutos D, 1990. *In vitro* culture of *Pistacia vera* L. embryos and aged tree explants. En Plant Aging: Basic and Applied Approaches. No:186, pp. 335- 338. Plenum Publishing Corporation, New York.
- Joshi P, Joshi N, Purohit SD, 2006. Stomatal characteristics during micropropagation of *Wrightia tomentosa*. Biologia Plantarum, 50(2): 275- 278.
- Kubota C, Fujiwara K, Kitaya Y, Kozai T, 1997. Recent advances in environmental control in micropropagation. In: Goto E, Kurata K, Hayashi M, Sasa S, eds. Plant production in closed ecosystems. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 153–169.
- Marin JA, Gella R, Herrero M, 1988. Stomatal structure and functioning as a response to environmental changes in acclimatized micropropagated *Prunus cerasifera* L. Annual Review Botanic, 62: 662-670.
- Martinelli A, 1988. Use of *in vitro* techniques for selection and cloning of different *Pistacia* species. Acta Horticulture, 227. 436- 437.
- Mišalová A, Jurkovič J, Mamoňová M, Priwitzer T, Lengyelová A, Hladká D, Lux A, 2009. Changes in leaf organisation, photosynthetic performance and wood formation during *ex vitro* acclimatisation of black mulberry (*Morus nigra* L.). Plant Biology, 11(5): 686–693.
- Mohamed MAH, Alsadon AA, 2010. Influence of ventilation and sucrose on growth and leaf anatomy of micropogated potato plantlets. Scientia Horticulturae, 123.295- 300.
- Moncalean P, Fal MA, Castanon S, Fernandez B, Rodriguez A, 2009. Relative water content, *in vitro* proliferation, and growth of *Actinidia deliciosa* plantlets are affected by benzyladenine. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 37: 351–359.
- Moyo M, Finnie JF, Staden JV, 2012. Microculture effects on leaf epidermis and root structure in *Sclerocarya birrea* subsp. *caffra*, South African Journal of Botany, 78: 170–177.
- Murashige T, Skoog F, 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiologia Plantarum, 15: 473- 497.
- Namli S, Ayaz E, 2007. Influence of different cytokinins used in *in vitro* culture of the stoma morphology of pistachi. African Journal of Biotechnology, 6(5):561- 563.
- Onay A, 1996. *In vitro* organogenesis and embryogenesis of pistachio, *Pistacia vera* L. University of Edinburgh, UK. Ph.D. Thesis (Printed).
- Onay A, Fırat M Z, Namli O, 1997. An improved method for embling production in Pistachio, *Pistacia vera* L. using liquid medium matured somatic embryos. Turkish Journal of Biology, 21: 159- 174.
- Onay A, 2000. Micropropagation of pistachio from mature trees. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 60, 159- 162.
- Ozden-Tokatlı Y, Ozudogru EA, Akcin A, 2005. *In vitro* response of pistachio nodal explants to silver nitrate. Scientia Horticulturae, 106: 415- 426.
- Salisbury EJ, 1927. On the causes and ecological significance of stomatal frequency with special reference to woodland flora. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, series B. 216 (1928): 1- 65.

- Sutter E, Langhans RW, 1979. Epicuticular wax formation on carnation plantlets from shoot tip culture. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 104: 493- 496.
- Te chato S, Petsut P, Nuchum P, 2005. Effect of gelling agents on shoot growth and multiple shoot formation of mangosteen. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 27: 637- 643.
- Tilkat E, Onay A, Yıldırım H, Ozen HC, 2008. Micropropagation of mature male pistachio *Pistacia vera* L., *The Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 83(3):328-333.
- Tilkat E, Onay A, 2009. Direct shoot organogenesis from *in vitro* derived mature leaf explants of pistachio, *In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*, 45: 92- 98.
- Tilkat E, Onay A, Yıldırım H, Ayaz E, 2009. Direct plant regeneration from mature leaf explants of pistachio, *Pistacia vera* L., *Scientia Horticulturae*, 121(3): 361-365.
- Tilkat E. 2006, Micropropagation of Male *Pistacia vera* L. via Apical Shoot Tip Culture, Institute of Science, University of Dicle, Ph.D. Thesis (Printed).
- Yang Z, Ludders P, 1993. *In vitro* propagation of Pistachio (*Pistacia vera* L.). *Gartenbauwissenschaft* 59: 30- 34.
- Zacchini M, Morini S, Vitagliano C, 1997. Effect of photoperiod on some stomatal characteristics of *in vitro* cultured fruit tree shoots. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 49: 195- 200.
- Ziv M, Schwartz A, Fleminger D, 1987. Malfunctioning stomata *in vitro* leaves of carnation (*Dianthus caryophyllus*) plants propagated *in vitro*; implications for hardening. *Plant Science Letters*, 52: 127- 134.
- Zobayed SMA, Armstrong J, Armstrong W, 2001. Leaf anatomy of *in vitro* tobacco and cauliflower plantlets as affected by different types of ventilation. *Plant Science*, 161: 537–548.

## Evaluation of Some Physicochemical Parameters of Cevdet DüNDAR Pond (Yozgat/Turkey) Based on Bathymetric Map and Field Measurements

Şeyda ERDOĞAN<sup>1\*</sup>, Arda ÖZEN<sup>2</sup>, Şenol AKIN<sup>3</sup>, Semih EDİŞ<sup>2</sup>

**ABSTRACT:** Cevdet DüNDAR pond is located between the Fatih Nature Park and Yozgat Pine Grove National Park boundaries in Yozgat where semi-arid climate prevails with cold-rainy winters and arid-dry summers. The pond serves as a main water source for local communities. However, limnologic studies have not been conducted in the pond until today. The aim of this study is to create a bathymetric map of the pond in order to determine usable volume, depth change and to conduct first preliminary limnologic study in the pond to create the necessary sub-study for future sustainability studies. Moreover, some physicochemical parameters (water temperature (°C), pH, dissolved oxygen (mg), saturated oxygen (%), conductivity ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), salinity (‰) and total dissolved solid ( $\text{mg L}^{-1}$ )) were measured from the whole water column at 50 cm intervals for 11 months. Accordingly, a bathymetric map of the lake was created, total area and volume of the pond were calculated. According to results the maximum area of the pond was 29 536.7 m<sup>2</sup> and volume of the pond was 225 209.59 m<sup>3</sup>. During the study period average dissolved oxygen and saturated oxygen were determined as 6.7 mg and % 72.4. While highest average water temperature was measured during the August (2018) with 17.7 °C, lowest temperature was recorded during March as 5.7 °C. Thermal stratification was observed in summer months. The difference in water temperature between the epilimnion and hypolimnion was changed between 10 -13 °C. Anaerobic conditions were also measured in hypolimnion layer. Average of monthly pH, conductivity, salinity and total dissolved solid were calculated as 7.7 mg L<sup>-1</sup>, 176.7  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 0.08 ppm, 88.1 respectively.

**Key words:** Yozgat Pine Grove National Park, Cevdet DüNDAR Pond, Bathymetry, Lentic waters, Wetlands, Ecosystem

<sup>1</sup> Şeyda ERDOĞAN, (Orcid ID: 0000-0001-7729-7664), Yozgat Bozok University, Department of Biology, Yozgat, Turkey

<sup>2</sup> Arda ÖZEN , (Orcid ID: 0000-0001-5315-8424), Semih EDİŞ, (Orcid ID: 0000-0003-4211-2476), Çankırı Karatekin University, Department of Forest Engineering, Çankırı, Turkey

<sup>3</sup> Şenol AKIN (Orcid ID: 0000-0002-3851-4360), Yozgat Bozok University, Department of Fisheries, Yozgat, Turkey

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Şeyda ERDOĞAN, e-mail: erdogan.seyda@gmail.com

## INTRODUCTION

Wetlands are essential resources for all living organisms and human. The amount of freshwater (3%) that is essential for terrestrial life forms is limited, river and lake ecosystems constitute only 0.02% of the total freshwater on Earth. In addition, freshwater resources are available in polar regions and as groundwater, with percentages of 2.1% and 0.6% respectively. The remaining sea and oceanic saltwater constitute 97.2% (Moss, 2010). Moreover, underground and aboveground freshwater amount vary regionally (Carpenter et al., 1992). According to the data of the United Nations Food and Agriculture Organization, the annual amount of water per capita is 24 000 m<sup>3</sup> year<sup>-1</sup> in America, 9 300 m<sup>3</sup> year<sup>-1</sup> in Europe, 5 000 m<sup>3</sup> year<sup>-1</sup> in Africa and 3 400 m<sup>3</sup> year<sup>-1</sup> in Asia (Vallée and Margat, 2003). Countries with per capita amount of water is less than 1000 m<sup>3</sup> are classified as 'poor', this amount is around 1 519 m<sup>3</sup> for Turkey in 2010. As reported by Turkey Statistical Institute (TUIK), Turkey's population is projected to be 100 million in 2030. According to this estimate, the amount of water per capita in 2030 was calculated as 1 120 m<sup>3</sup> year<sup>-1</sup> (Republic of Turkey Ministry of Forestry and Water Affairs). Accordingly, Turkey may take place in 'water-poor' countries in the near future.

Dams and irrigation ponds are important because they provide water supply, flood protection, habitat for aquatic organisms and create recreation areas (Brainwood and Burgin, 2009; Takamura, 2012). There are more than 150 000 dams on the earth for drinking, irrigation, industrial water supply, flood protection and electric power generation (Akarun, 1983). There is no doubt that water demand will continue to increase (Vörösmarty et al., 2000; Meerhoff et al., 2012). In the light of these data, it is necessary to protect and monitor the existing water resources in order to cope with the problems that may appear in the future. Moreover, to better understand ecosystem functioning bathymetric maps are essential for all kind of lentic water sources (Harper, 2015). Due to excessive erosion, a lot of sediment accumulates in dams and lakes every year and negatively affects the average life of lentic ecosystems (Rowan et al., 1995; Ziegler and Nisbet, 1995; Schleiss et al., 2016). That's why, it is necessary to monitor our lentic ecosystems and make hydrographic/bathymetric maps in every five years (Şapçılar and Fakıoğlu, 2003). Although there are studies on bathymetry and physico-chemical parameters of ponds in Turkey (Tepe et al., 2005; Göncü et al., 2015; Mutlu and Paruğ, 2018; Mutlu and Güzel, 2019), the number of studies in this field is not sufficient and it is necessary to ensure the continuity of these studies.

The word bathymetry is a derivative of the Greek words bathus (deep) and metron (measure), meaning depth measurement. Bathymetry maps can be made by using conventional sounding methods or by using advanced acoustic sonar systems (Huertos and Smith, 2013). It is important to have up-to-date bathymetric maps to ensure efficient use of ponds. Bathymetric mapping of small ponds is time consuming, costly and labor-intensive. Area, volume, volume changes and sediment accumulation of ponds can be calculated by using bathymetric maps (Hollister and Milstead, 2010). In addition, how much water is lost by evaporation and how much water comes from rainfall can be calculated (Escobar et al., 2009). Knowing the water volume of the pond is also important for the planning of the water budget. These data are important in the preparation of annual operating programs of ponds. Dry periods have caused serious water problems in the region and in the past.

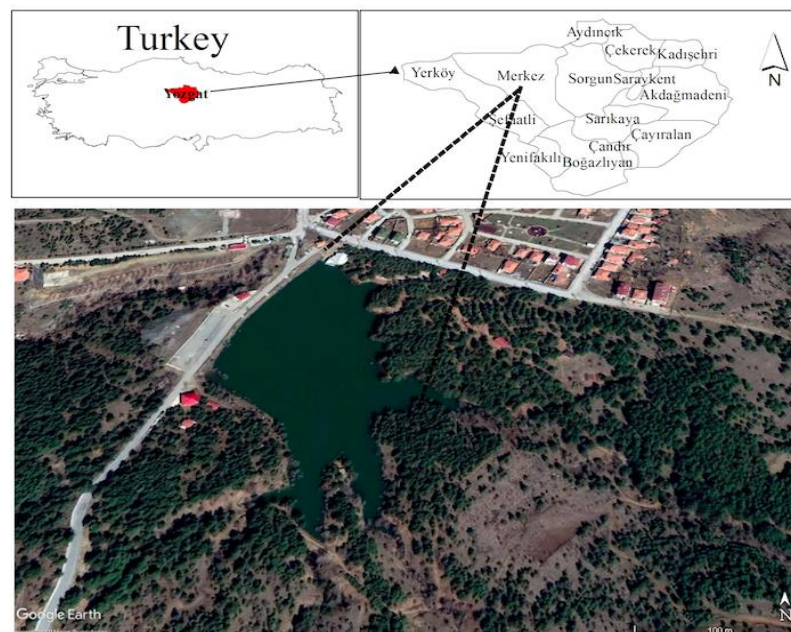
Yozgat is in a region where semi-arid climate prevails with cold-rainy winters and arid-dry summers. Depending on climate change, dry periods are expected to be longer in the future (Jeppesen et al., 2009; Özen et al., 2010; Bucak et al., 2012). The pond is located between Yozgat Pine Grove National Park and Yozgat Fatih Natural Park, and it is the main water source for wildlife, which increases the importance of the pond. However, limnologic studies have not been conducted in

the pond until today. The aim of this study is to create a bathymetric map of the pond to determine the actual usable volume, depth change and to create the necessary sub-study for future sustainability studies. We also aimed to conduct the first preliminary limnologic study in the pond.

## MATERIALS AND METHODS

### Study Area

Yozgat Pine Grove National Park and Fatih Nature Park located in the south of Yozgat province in Central Anatolia. Cevdet DüNDAR Pond located within the Fatih Nature Park boundaries and between two Park area. The pond was built as a drinking water source for Yozgat city in 1972-74. But is not currently used for this purpose. There are three creeks in the basin area of the pond. Katran and Divanlı creeks are dried up, only Kavaklı creek has seasonal flow and they also have a small basin area. Seasonal weak water flow from creeks during rainy seasons, snow melt and ground water are main water sources of the pond. Today pond area serve as a recreational area and human effect on ecosystem is relatively highest around the pond. Plastic pollutants such as bottles, bags, straws regularly are observed around the pond shores. On the other hand, since basin area is under protection, basin originated pollution has very limited effect on pond ecosystem.



**Figure 1.** Location of Cevdet DüNDAR Pond in the Yozgat province of Turkey

Yozgat Pine Grove National Park is Turkey's first national park and established in 1958 and the park area is 264 hectares and composed of forest and shrub ecosystems. Park area provides suitable habitat for plant and animal species. Total 399 plant species were recorded in the park area belonging to 56 families and 70 of this species were endemic in the region. While black pine is the most common species oak, juniper and rosehip species are some of the plant species growing in the national park area. 9 bird, 4 mammalian and 3 reptilian species also recorded in the region (Ayten and Dede, 2007; Ersoy and Daşdemir, 2016; Environmental Status Report of Yozgat Pine Grove National Park, 2017).

Fatih Nature Park was established in 2013 and covers 242 ha area. 71 plant taxa belonging to 64 genera and 30 family recorded. Moreover 3 amphibians, 8 reptilians, 46 bird and 11 mammalian species observed in the park area. Recreational areas also placed in Fatih Nature Park and around the Cevdet DüNDAR Pond (Development Plan of Fatih Nature Park, 2018).

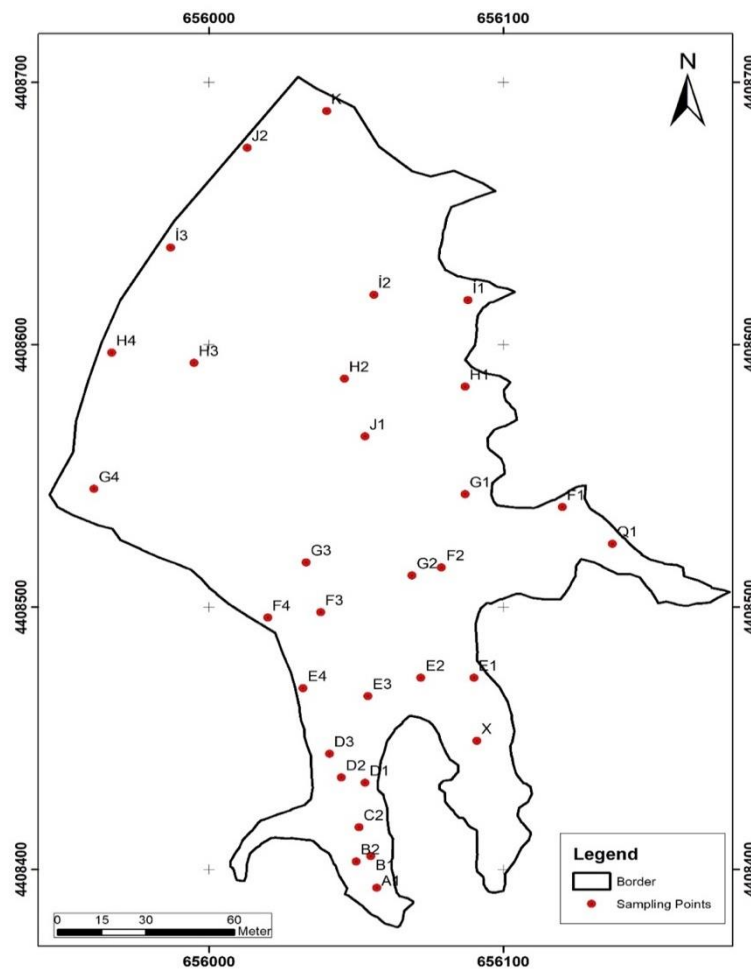


## Field Measurements

Cevdet Dünder Pond was sampled monthly for 13-month period, from August 2018 to August 2019. Since the pond was covered with ice, sampling could not be conducted in January and February. Water temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ), pH, dissolved oxygen ( $\text{mg L}^{-1}$ ) saturated oxygen (%), conductivity ( $\mu\text{S/cm}$ ), salinity (‰) and total dissolved solid (TDS) ( $\text{mg L}^{-1}$ ), were measured monthly from the deepest point of the lake with multi-parameter probe (Hanna HI98194/20).

## Generation of Bathymetric Map

In August 2018, bathymetric survey was conducted in the pond. A transect-based sampling method was used to determine the depth of the pond. Water depth of each sampling point was measured with a handheld sound meter (Plastimo Echoset). The coordinates for each sampling point were recorded using a GPS with  $\pm 2$  m accuracy. Distribution of sampling points were shown in Figure 2.



**Figure 2.** Sampling points for bathymetric map

An XYZ vectoral database containing coordinate and depth values of 32 points in 10 transects obtained from bathymetry survey in Microsoft Excel and these data were transferred to ARCGIS software. The bathymetry map was created by using ArcGIS 10.0 software (Figure 4).

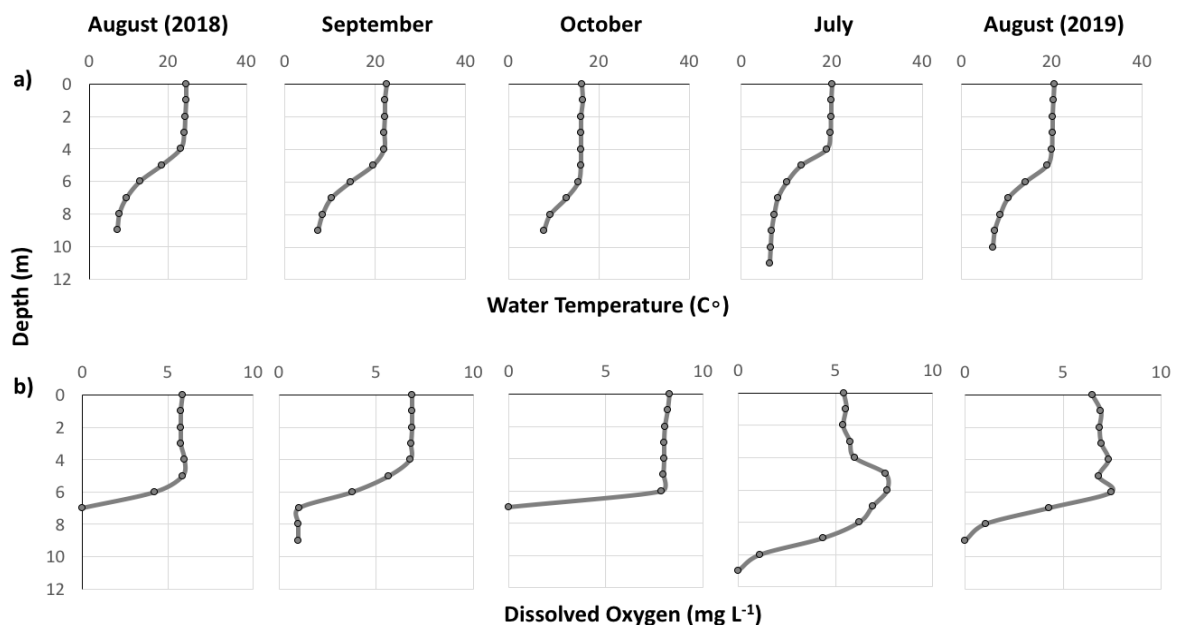
Estimation of the depth of the whole pond set was performed by using this XYZ data in Geostatistics analysis methods in Geographical Information Systems (GIS). The pond depth data set was placed as a separate layer. In order to estimate the depth of the whole pond area, the statistical

interpolation method Ordinary Kriging (OK) interpolation method and Spherical semi-variogram model were used. The depth of the pond was estimated by using 32 points measured in the field by this method.

Depth-dependent area volume values of pond were created by using storage capacity tool extension in ARCGIS software (Table 2).

## RESULTS AND DISCUSSION

Monthly changes in the physiological parameters of Cevdet Dünder Pond between August 2018 and August 2019 were shown in Table 1. Physicochemical parameters of Cevdet Dünder Pond showed noticeable variations from the surface to the bottom in the time of the thermal stratification (TS). Thermal stratification started from ~5 meters in summer months and temperature difference between epilimnion and hypolimnion was varied from 10 to 13 °C. The hypolimnion layer accounted for about 75% of the pond volume. In addition to the temperature, a significant DO concentration difference observed between epilimnion and hypolimnion layers. Since robust TS reduces DO diffusion from epilimnion to hypolimnion, anaerobic conditions were also measured in hypolimnetic area (Figure 3). The values of water temperature and DO concentration in water clearly increased from the bottom to the surface layers (Figure 3). Seasonal variation in temperature and wind are the main drivers of TS. It is known to occur naturally in relatively deep-water bodies in temperate region and it's also frequently observed situation in lentic ecosystems in Turkey (Demir and Kırkağaç, 2005; Elçi, 2008, Göncü et al., 2015, Buhan et al., 2015). However, time or duration of TS formation may change in the near future (Ficker et al., 2017; O'Reilly et al., 2015; Rempfer, 2010, Magee and Wu, 2017). According to climate change predictions temperature increase and seasonal precipitation regime changes are projected all over the world (IPCC, 2013). Yozgat is in semi-arid climatic region and its characterized with hot-dry summers and cold-wet winters according to predictions dry periods during the summertime may prolong and may lead to prolonged TS conditions in aquatic water bodies. The predictions have already been observed in some studies which were conducted in aquatic ecosystems (Jankowski et al., 2006, Wilhelm and Adrian, 2007).



**Figure 3.** Depth profile of water temperature (a) and dissolved oxygen (b) during the stratified months of Cevdet Dünder Pond.

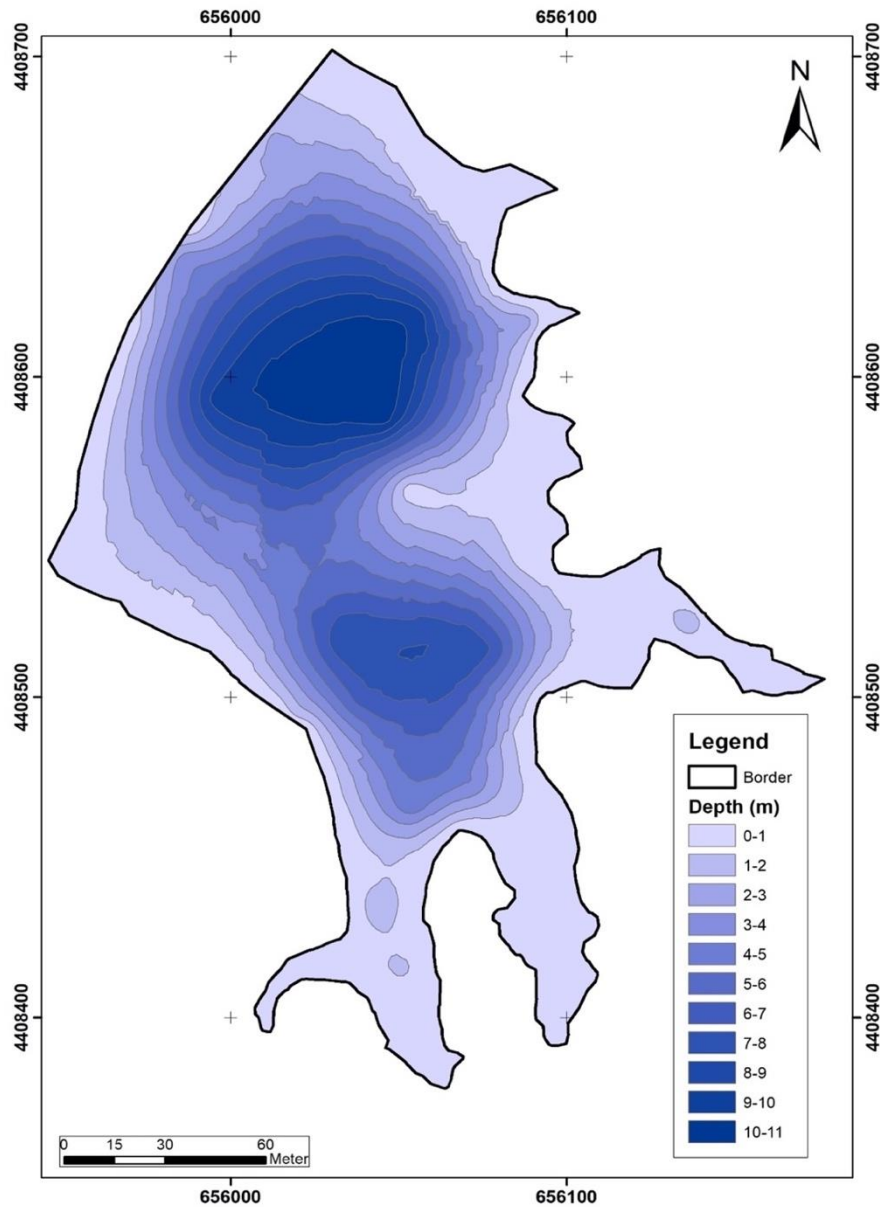
**Evaluation of Some Physicochemical Parameters of Cevdet Dünder Pond (Yozgat/Turkey) Based on Bathymetric Map and Field Measurements**

**Table 1.** Monthly changes in the Physiological parameters of Cevdet Dünder Pond between August 2018 and August 2019

Date	Stratification	pH	DO (%)	Conductivity ( $\mu\text{S/cm}$ )	Salinity (ppm)	Total Dissolved Solid ( $\text{mg L}^{-1}$ )
<b>August (2018)</b>	Epilimnion	8.1 $\pm$ 0.2	81.4 $\pm$ 1.4	186 $\pm$ 3.4	0.09	93.2 $\pm$ 1.7
	Hypolimnion	7.2 $\pm$ 0.2	21.9 $\pm$ 28.9	179 $\pm$ 10.1	0.08 $\pm$ 0.01	89.8 $\pm$ 5
<b>September</b>	Epilimnion	8.1 $\pm$ 0.1	91.2 $\pm$ 1.5	177.7 $\pm$ 0.7	0.08	88.8 $\pm$ 0.4
	Hypolimnion	7.2 $\pm$ 0.1	27.5 $\pm$ 25.1	169.6 $\pm$ 7.9	0.08	84.9 $\pm$ 4
<b>October</b>	Epilimnion	8.1 $\pm$ 0.3	89.9 $\pm$ 15.9	182.7 $\pm$ 1.4	0.09	91.4 $\pm$ 0.5
	Hypolimnion	7.1 $\pm$ 0.05	0	187.6 $\pm$ 7.5	0.09	93.8 $\pm$ 3.4
<b>November</b>	No stratification	7.8 $\pm$ 0.3	71.7 $\pm$ 29	185.9 $\pm$ 4.6	0.09	92.9 $\pm$ 2.3
<b>December</b>	No stratification	8 $\pm$ 0.2	99 $\pm$ 6.9	182.7 $\pm$ 5.1	0.09	91.4 $\pm$ 2.5
<b>March</b>	No stratification	7.5 $\pm$ 0.3	87.7 $\pm$ 14.1	158.7 $\pm$ 13.1	0.07	78.53 $\pm$ 4.9
<b>April</b>	No stratification	7.7 $\pm$ 0.1	91.6 $\pm$ 3.8	159.5 $\pm$ 2.2	0.08	79.8 $\pm$ 1
<b>May</b>	No stratification	7.7 $\pm$ 0.1	78.9 $\pm$ 20	172.6 $\pm$ 2.5	0.08	86.3 $\pm$ 1.2
<b>June</b>	No stratification	7.7 $\pm$ 0.2	69.8 $\pm$ 25.4	177.2 $\pm$ 5.2	0.08	88.4 $\pm$ 2.7
<b>July</b>	Epilimnion	7.6 $\pm$ 0.2	72.9 $\pm$ 5.3	183.1 $\pm$ 5.8	0.09	91.4 $\pm$ 2.8
	Hypolimnion	7.3 $\pm$ 0.25	41 $\pm$ 33.5	178.9 $\pm$ 1.8	0.08	89.4 $\pm$ 3.5
<b>August (2019)</b>	Epilimnion	7.9 $\pm$ 0.1	89.3 $\pm$ 3	192.4 $\pm$ 2.3	0.09	96 $\pm$ 1.5
	Hypolimnion	7.2 $\pm$ 0.2	31.4 $\pm$ 34.9	179.2 $\pm$ 7.9	0.09 $\pm$ 0.01	89.8 $\pm$ 3.9

Water temperature is the one of the most important parameters in aquatic ecosystems considering the living organisms and the aquatic functioning (Wilhelm and Adrian, 2008). For instance, cyanobacteria species take advantage of prolonged TS conditions. Cyanobacteria bloom formation increase has been already observed in many aquatic ecosystems as a result of temperature increase (Pearl and Paul, 2009). In addition to their higher optimum growth temperature, buoyancy and nitrogen fixing capabilities also give advantage to them under TS conditions (Jöhnk et al., 2008; Paerl and Huisman, 2009). Since internal nutrient loading decreases from sediment to epilimnion during the TS, nutrient depletion in epilimnion may occur and lead to nutrient scarcity. In addition to the direct temperature effect, TS conditions can stimulate cyanobacterial growth, they can cope with nutrient depletion in the epilimnion via their buoyancy capability (Goldman et al., 1996; Kangro et al., 2005; Wilhelm and Adrian, 2008). On the other hand, it has been observed that duration and patterns of TS have effect on zooplankton and fish vertical distribution (Vanderploeg et al., 2009; Thackeray et al., 2005; Winder et al. 2003). Significant DO concentration difference was observed between epilimnion and hypolimnion. It is known that fish are affected by the anoxic conditions and tolerances of fish to hypoxia vary among species (Mazumder 1994, Helland et al., 2007). During the field studies, it was observed that the density of fish in the pond was high, but the species properties were not known since there is no data on fish taxonomy. Therefore, it is not possible to make detailed comments on the situation.

The bathymetric map of the pond was shown in Figure 2. The pond depth according to the bathymetric map changed between 0 and 11.1 m (Table 2). Depth-dependent area volume values of the pond were shown in Table 2. The maximum area and volume of the pond were calculated as 29 536.7 m<sup>2</sup> and 225 209.59 m<sup>3</sup> respectively (Table 2).



**Figure 4.** Bathymetric map of Cevdet Dünder Pond

**Table 2.** Storage capacity of Cevdet Dünder Pond (Depth-dependent area volume values of the pond)

Depth (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
0	210.68	3.24
1.12	9 920.63	7 626.04
2.23	13 478.27	20 811.22
3.35	16 426.91	37 564.22
4.47	19 082.98	57 416.92
5.59	21 839.71	80 289.05
6.7	23 995.96	105 930.12
7.82	26 056.68	133 838.99
8.94	27 238.86	163 685.86
10.05	28 438.11	194 756.58
11.1	29 536.7	225 209.59

The pond depth changed between 9-11 m during the studying period. This means 27.3% decrease in volume and 7.8% in surface area. There is no water abstraction from the pond. Thus, these differences should be related with climatic conditions such as air temperature and evaporation. Severe droughts might cause dramatic impacts on pond volume. Even 2-fold increase in mean temperature or 2-fold decrease in precipitation might be resulted with decrease in pond volume (nearly 50%) and surface area (nearly 19%). Due to the climate change in the future. The pond was constructed in 1974 with 600 000 m<sup>3</sup> capacity (16 m depth). We calculated the volume as nearly 22 5000 m<sup>3</sup> and measured 11 m depth. 65% of the pond area has become lost within 44 years. These might be related with drying or weakened inflows namely creeks of Katran, Divanlı and Kavaklı and changing climate. Yozgat province is in an area where arid terrestrial climate prevails, there is very little rainfall especially in summer. This effect is observed more clearly especially in dry years. In 2007 and 2014 in the province of Yozgat, ponds reached the drying point. Thus, the pond should be protected for the future warming climate since this pond is the only water resources for wild animals in Yozgat Pine Grove National Park and Fatih Nature Park.

## CONCLUSION

Cevdet pond is an important water source for living organisms in the Yozgat Pine Grove National Park and Fatih Nature Park. For the first time bathymetric map of Cevdet Dünder Pond was created and pond volume and physicochemical parameters were measured for a year period. Hypoxic conditions and temperature decrease were observed in hypolimnion layer during the TS period. Since there is no previous study about the pond making a comparison is not possible however, temperature increase and accordingly prolonged TS periods expected according to climate change projections. Although it is advantageous to have a relatively low human impact and the status of a protected area regular monitoring studies both for pond volume and physicochemical parameters are essential. Furthermore, biological parameters like phytoplankton, zooplankton, fish and macrophyte studies has never been conducted before. To better understand pond ecosystem and to prevent the possible climate change effects on further studies would contribute greatly.

## ACKNOWLEDGEMENT

This work has been supported by Yozgat Bozok University Scientific Research Projects Coordination Unit under grant number: 6602b-FEF/18-160. We are grateful to Dr. Hatice Baş and Seyfi Ali Ağtepe for their help during the field work.

## REFERENCES

- Akarun R, 1983. Baraj Yapımcılığında Türkiye Pratiğinin Değerlendirilmesi, s. 29-55. Devlet Su İşleri Matbaası, Ankara-Turkey.
- Ayten AM, Dede OM, 2007. Milli Park Alanlarının Koruma ve Yönetim Sorunları: Yozgat Çamlık Milli Parkı Örneği, 38. Uluslararası Asya ve Kuzey Afrika Çalışmaları Kongresi 10-15 Eylül 2007, Ankara, s.165.
- Brainwood M, Burgin S, 2009. Hotspots of biodiversity or homogeneous landscapes? Farm dams as biodiversity reserves in Australia. *Biodiversity and Conservation*, 18(11): 3043–3052.
- Bucak T, Saraoğlu E, Levi EE, Tavşanoğlu ÜN, Çakiroğlu Aİ, Jeppesen E, Beklioğlu M, 2012. The influence of water level on macrophyte growth and trophic interactions in eutrophic Mediterranean shallow lakes: A mesocosm experiment with and without fish. *Freshwater Biology*, 57(8): 1631–1642.



- Buhan SD, Bektaş N, Koçer MA, Doğan HM, Buhan E, Polat F, 2015. Trophic Status and Threats In Zinav Lake (Tokat/ Turkey). *Fresenius Environmental Bulletin* 24(1a): 24(1a): 203-207.
- Carpenter SR, Fisher SG, Grimm NB, Kitchell JF, 1992. Global Change and Freshwater Ecosystems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 23(1): 119–139.
- Demir N, and Kırkağaç MU, 2005. Plankton composition and water quality in a pond of spring origin in Turkey. *Limnology*, 6: 189-194.
- Elçi S. 2008. Effects of Thermal Stratification and Mixing on Reservoir Water Quality. *Limnology*, 9(2):135-142.
- Ersoy İ, Daşdemir İ, 2016. Korunan Alanlarda Yönetimin Etkinlik Düzeyinin Belirlenmesi (Soğuksu ve Yozgat Çamlığı Milli Parkları Örneği). *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 18(1): 32-46.
- Escobar J, Buck DG, Brenner M, Curtis JH, Hoyos N, 2009. Thermal stratification, mixing, and heat budgets of Florida lakes. *Fundamental and Applied Limnology / Archiv Für Hydrobiologie*, 174(4): 283–293.
- Ficker H, Luger M, Gassner H, 2017. From dimictic to monomictic: Empirical evidence of thermal regime transitions in three deep alpine lakes in Austria induced by climate change, *Freshwater Biology*, 62: 1335–1345.
- Goldman CR, Elser JJ, Richards RC, 1996. Thermal stratification, nutrient dynamics, and phytoplankton productivity during the onset of spring phytoplankton growth in Lake Baikal, Russia. *Hydrobiologia* 331: 9–24.
- Göncü S, Hasanoğlu E, Avdan U, Avdan ZY, Albek EA, (2015). Borabey Göleti'nin Termal Katmanlaşma Yapısının İncelenmesi. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi A-Uygulamalı Bilimler ve Mühendislik*, 16(3): 351–366.
- Harper J, 2015. *Bathymetry: concepts and applications*. Callisto Reference. Callisto Reference Publications, pp: 38-52 Newyork-Unites States of America.
- Helland IP, Freyhof J, Kasprzak P, Mehner T, 2007. Temperature sensitivity of vertical distributions of zooplankton and planktivorous fish in a stratified lake. *Oecologia*, 151(2): 322-330.
- Hollister J, Milstead WB, 2010. Using GIS to estimate lake volume from limited data. *Lake and Reservoir Management*, 26(3): 194–199.
- Huertos ML, Smith D, 2013. *Wetland Bathymetry and Mapping*. In *Wetland Techniques*. Dordrecht: Springer, pp. 49–86, Netherlands.
- Jankowski T, Livingstone DM, Bührer H, Forster R, Niederhauser P, 2006. Consequences of the 2003 European heat wave for lake temperature profiles, thermal stability, and hypolimnetic oxygen depletion: Implications for a warmer world. *Limnology and Oceanography*, 51: 815– 819.
- Jeppesen E, Kronvang B, Meerhoff M, Søndergaard M, Hansen KM, Andersen HE, Olesen JE, 2009. Climate Change Effects on Runoff, Catchment Phosphorus Loading and Lake Ecological State, and Potential Adaptations. *Journal of Environment Quality*, 38(5): 1930.
- Jöhnk KD, Visser PM, Huisman J, Stroom JM, Sharples J, Sommeijer B, 2008. Summer heatwaves promote blooms of harmful cyanobacteria. *Global Change Biology* 14: 495–512.
- Kangro K, Laugaste R, Nõges P, 2005. Long-term Changes and Seasonal Development of Phytoplankton in a Strongly Stratified, Hypertrophic Lake. *Hydrobiologia* 547: 91–103.
- Magee MR, and Wu, CH, 2017. Response of water temperatures and stratification to changing climate in three lakes with different morphometry, *Hydrology and Earth System Sciences*. 21: 6253–6274.

- Mazumder A, 1994. Phosphorus–Chlorophyll Relationships under Contrasting Herbivory and Thermal Stratification: Predictions and Patterns. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 51(2): 390-400.
- Meerhoff M, Teixeira-de MF, Kruk C, Alonso C, González-Bergonzoni I, Pacheco JP, Jeppesen E. 2012. Environmental Warming in Shallow Lakes. A Review of Potential Changes in Community Structure as Evidenced from Space-for-Time Substitution Approaches. *Advances in Ecological Research*, 46: 259-349.
- Moss B, 2010. *Ecology of freshwaters: a view for the twenty-first century*. John Wiley & Sons.
- Mutlu E, Güzel A, 2019. Evaluation of Some Physicochemical Water Quality Parameters of Gümüşsuyu Pond (Sinop-Erfelek). *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology* 7(3): 72-77.
- Mutlu E, Paruğ Ş, 2018. Dereköy Göleti'nin (Kilimli - Zonguldak) Bazı Su Kalitesi Parametrelerinin İncelenmesi. *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 4(2): 20-28.
- O'Reilly CM, Sharma S, Gray DK, Hampton SE, Read JS, Rowley RJ et al, 2015. Rapid and highly variable warming of lake surface waters around the globe, *Geophysical Research Letters* 42:10773–10781.
- Özen A, Karapinar B, Kucuk I, Jeppesen E, Beklioglu M, 2010. Drought-induced changes in nutrient concentrations and retention in two shallow Mediterranean lakes subjected to different degrees of management. *Hydrobiologia*, 646(1): 61–72.
- Paerl HW, and Huisman J, 2009. Climate change: a catalyst for global expansion of harmful cyanobacterial blooms. *Environmental Microbiology Reports* 1: 27–37.
- Paerl HW, and Paul VJ, 2012. Climate change: Links to global expansion of harmful cyanobacteria, *Water Research*, 46(5): 1349–1363.
- Rempfer J, Livingstone DM, Blodau C, Forster R, Niederhauser P, and Kipfer R, 2010. The effect of the exceptionally mild European winter of 2006–2007 on temperature and oxygen profiles in lakes in Switzerland: A fore- taste of the future? *Limnology and Oceanography* 55: 2170–2180.
- Rowan JS, Goodwill P, Greco M, 1995. Temporal variability in catchment sediment yield determined from repeated bathymetric surveys: Abbeystead Reservoir, United Kingdom *Physics and Chemistry of the Earth*, 20(2): 199–206.
- Şapçılar E, Fakioglu M, 2003. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nde Hidrografik Harita Çalışmaları. I. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, İstanbul, s.336-355.
- Schleiss AJ, Franca MJ, Juez C, De Cesare, G. 2016. Reservoir sedimentation. *Journal of Hydraulic Research*, 54(6): 595–614.
- Takamura, N. 2012. Status of Biodiversity Loss in Lakes and Ponds in Japan. Springer pp. 133–148 Tokyo-Japan.
- Tepe Y, Türkmen A, Mutlu E, Ateş A, 2005. Some Physicochemical Characteristics of Yarseli Lake, Hatay, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 5(1): 35-42.
- Thackeray SJ, George DG, Jones RI, Winfield IJ, 2005. Vertical heterogeneity in zooplankton community structure: a variance partitioning approach. *Archiv fur Hydrobiologie*, 164: 257–275.
- The Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013. *The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fifth Assessment Report*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Vallee D, Jean Margat J, 2003. Review of world water sources by country. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), pp. 19, Rome-Italy.

- Vanderploeg HA, Ludsin SA, Ruberg SA, Höök TO, Pothoven SA, Brandt SB, Lang GA, Liebig JR, Cavaletto JF, 2009. Hypoxia affects spatial distributions and overlap of pelagic fish, zooplankton, and phytoplankton in Lake Erie. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 381: 92-107.
- Vörösmarty CJ, Green P, Salisbury J, Lammers RB, 2000. Global water resources: vulnerability from climate change and population growth. *Science*, 289(5477): 284–288.
- Wilhelm S. and Adrian R, 2007. Long-term response of *Dreissena polymorpha* larvae to physical and biological forcing in a shallow lake. *Oecologia*, 151: 104– 114.
- Wilhelm S. and Adrian R, 2008. Impact of summer warming on the thermal characteristics of a polymictic lake and consequences for oxygen, nutrients and phytoplankton. *Freshwater Biology*, 53: 226-237.
- Winder M, Buergi HR, Spaak P, 2003. Seasonal vertical distribution of phytoplankton and copepod species in a high-mountain lake. *Archiv fur Hydrobiologie*, 158: 197–213.
- Yozgat Fatih Tabiat Parkı Gelişme Planı, planlama Raporu, 2017. T.C. Orman Ve Su İşleri Bakanlığı Doğa Koruma Ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Yozgat-Türkiye.
- Yozgat İli 2017 Yılı Çevre Durum Raporu, 2018. Yozgat Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü. Yozgat-Türkiye.
- Ziegler CK, Nisbet BS, 1995. Long-Term Simulation of Fine-Grained Sediment Transport in Large Reservoir. *Journal of Hydraulic Engineering*, 121(11): 773–781.

## Üniversite Öğrencilerinde Kahvaltı Yapma Alışkanlığının Saptanması ve Çözüm Önerileri

Songul CETİK YILDIZ<sup>1\*</sup>

**ÖZET:** Kahvaltı, yeterli ve dengeli beslenmede günün en önemli öğünü olarak büyük öneme sahiptir. Kahvaltının yapılmaması, yetersiz yapılması veya atlanması durumunda dikkat-algılama bozukluğu, fiziksel-zihinsel yorgunluk gibi sorunlar meydana gelir ve eğitim-öğretimde başarı azalarak nitelikli bireylerin yetişmesi engellenir. Bu çalışma, üniversite öğrencilerinin kahvaltı yapma alışkanlıklarını belirlemek için planlanıp ve uygulanmıştır. Bu amaçla, 2015-2019 öğretim yılında Mardin’de okuyan 18 yaş ve üzeri üniversite öğrencilerinin kahvaltı yapma alışkanlıkları anket yöntemi ile saptanmıştır. Çalışmaya % 62.0’si erkek ve % 38.0’i kadın olmak üzere 1200 kişi dahil edilmiştir. Çalışmaya katılan öğrencilerin yaş ortalaması kadınlarda 22.1, erkeklerde 23 yıl, eğitim süreleri ortalaması ise kadınlarda 15.2, erkeklerde 16.3 yıldır. Öğrencilerin ortalama boy uzunluğu, kadınlarda 154.4, erkeklerde ise 172.2 cm, vücut ağırlığı değerleri kadınlarda 56.2 kg, erkeklerde 79.1 kg’dır. Üniversite öğrencilerinin öğün atlama durumu incelendiğinde en çok atlanan öğünün (% 47.9) kahvaltı olduğu görülmüştür. Öğün atlamalarının sebebi, zaman yetersizliği (% 37.0) ve sabah geç kalkma (% 24.0) ve kahvaltı yapma alışkanlığının olmaması (% 19.0) olarak ifade edilmiştir. Kahvaltıda içecek tüketimi incelendiğinde, en fazla çayın tercih edildiği belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonuçları üniversite öğrencilerin kahvaltı yapma alışkanlıklarının yetersiz olduğu göstermektedir.

**Anahtar kelimeler:** Kahvaltı, kahvaltıyı atlama, üniversite öğrencileri, beslenme, sağlık.

### Determining the of breakfast having habits among university students and suggestions of solution

**ABSTRACT:** Breakfast is of great importance as the most important meal of the day in adequate and balanced diet. If breakfast is not made, inadequately made or skipped, problems such as attention-perception disorder and physical-mental fatigue occur and the success of education and training decreases and the growth of qualified an individual is prevented. This study was planned and conducted to determine the university students’ breakfast consumption habits. For this purpose, breakfast habits of university students aged 18 and over that live in Mardin during the 2015-2019 academic years were determined by questionnaire method. A total of 1200 people, from whom 62.0% male and 38.0% female, were included in the study. The average age of the students was 22.1 years in women and 23 years in men and the average duration of education was 15.2 years for women and 16.3 years for men. The average height of the students was 154.4 cm for females and 172.2 cm for males and body weight values were 56.2 kg in women and 79.1 kg in men. The highest skipped meal (47.9%) was breakfast when the students' skipping status was examined. The reason for skipping meals was expressed as lack of time (37.0%), late morning waking up (24.0%) and lack of habit of having breakfast (19.0%). When the consumption of beverages at breakfast is examined, it is determined that tea is the most preferred. The results of this study show that the habits of university students in having breakfast are insufficient.

**Key words:** Breakfast, skipping breakfast, university students, nutrition, health.

<sup>1</sup> Songul CETİK YILDIZ (Orcid ID: 0000-0002-7855-5343), Mardin Artuklu Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Teknikler ve Hizmetler Bölümü, Mardin, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Songul CETİK YILDIZ, e-mail: songulcetik@gmail.com

**ETİK KURUL ONAYI / ETHICS COMMITTEE APPROVAL:** Bu makale yer alan anket çalışması için “Mardin Artuklu Üniversitesi Rektörlüğü Etik Kurulu”ndan Tarih: 26.08.2015 Toplantı No 2015-05 ve Karar No:2015-05-2 sayılı kararı ile Etik Kurul Onayı almıştır.

Geliş tarihi / Received: 05-12-2019

Kabul tarihi / Accepted: 01-03-2020

## GİRİŞ

Büyüme, yaşamın sürdürülmesi ve sağlığın korunması için besin ve enerji öğelerinin dengeli ve yeterli bir şekilde alınması bireylerin sağlıklı olması açısından önemlidir. Bu besin öğelerinden herhangi biri alınmazsa veya gereğinden az/fazla alındığında büyüme ve gelişimin engellendiği, sağlıklarının bozulduğu bilimsel olarak açıklanmıştır (Anonim, 2006). Beslenme ile bazı ciddi hastalıklar arasında önemli bir ilişki vardır (Açıkgöz, 2006). Yeterli ve dengeli beslenme için gerekli öğelerin yeterli alınmaması büyüme ve gelişmenin engellenmesine, sağlığın bozulmasına neden olduğu bilimsel olarak ortaya konulmuştur (Baysal, 2007). Obezite, diyabet, kalp damar hastalıkları, kanser ve osteoporoz oluşumunda alınan kalori ve bileşim de önemlidir (Romieu ve ark., 1997). Dünya çapında yapılan birçok çalışma kahvaltının atlanmasının, okul çocuklarını etkileyen bir halk sağlığı sorunu olduğunu göstermiştir (Hoyland ve ark., 2009; Kawafheh ve ark., 2014; Mhurchu ve ark., 2010). Beslenme nedenli bozukluklar okula devamsızlık, evde ve okulda daha az iş yapmak, olaylara kayıtsız kalmak, huzursuz ve uyuşukluk olarak yansımaktadır (Mhurchu ve ark., 2010; Nakade ve ark., 2012; Kawafha, 2013). Yeterli ve dengeli kahvaltı alışkanlığı sağlıklı bir büyüme sağlayarak prematüre ölümlerde, plazma kolesterol seviyesinde, özellikle ergenlerde görülen bulimya ve anoreksiya nervoza gibi yeme bozukluklarında, obezite riskinde, kardiyovasküler ve gastrointestinal rahatsızlıklarda azalma sağlamaktadır (ALBashtawy, 2015; Isaksson ve ark., 2011; Zeng ve ark., 2011). Yine yapılan çok sayıda çalışmada kahvaltı tüketimi ile hastalık prevalansı arasındaki ilişki incelenmiş ve kahvaltı yapmayanlarda arteriyoskleroz ve koroner kalp hastalığı (Cahill ve ark., 2013; Uzhova ve ark., 2017), tip 2 diyabet (Bi ve ark., 2015), obezite (Batista-Jorge ve ark., 2016), olumsuz kolesterol profili (Deshmukh-Taskar ve ark., 2013; Farshchi ve ark., 2005), kan basıncı artışı (Witbracht ve ark., 2015), metabolik sendrom (Yoo ve ark., 2014) ve inme (Kubota ve ark., 2016) risklerinin arttığı sonucuna varılmıştır.

Her yaşta karşılaşılan dengesiz ve yetersiz beslenme ciddi bir problem olmakla birlikte, üniversite öğrencileri beslenme sorununun en çok rastlandığı gruplardandır. Beslenme, üniversite öğrencisini fiziksel ve zihinsel olarak etkilediği için eğitim kalitesi de etkilenmektedir. Bu nedenle öğrencilerin beslenme alışkanlığının belirlenip iyileştirilmesi yetersiz ve düzensiz beslenmenin yol açacağı sorunların önüne geçilebilmesinde son derece önemli olacaktır. Nitekim bu çalışmada; Mardin Artuklu Üniversitesi (MAÜ) öğrencilerinin sahip olduğu kahvaltı alışkanlığı düzeyi belirlenerek duruma uygun öneriler geliştirmek amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmaya 2015 yılında Mardin Artuklu Üniversitesi Etik Kurulu'ndan gerekli izinler ve etik kurul onayı alındıktan sonra başlanmıştır. Çalışmaya, 2015-2019 öğretim yılı içerisinde Mardin'de yaşayan 18 yaş ve üzeri üniversite öğrencilerinin katılımı sağlanmış, 740 (% 62.0)'ı erkek ve 460 (% 38.0)'ı kadın olmak üzere 1200 kişi dahil edilmiştir. Çalışmaya başlamadan önce öğrencilere araştırmanın amacı ve kapsamı hakkında bilgi verilerek gönüllü bir şekilde katılımları sağlanmış, aydınlatılmış ve onay formu alınmıştır. Araştırmanın verileri, araştırmaya katılan öğrencilere uygulanan anketlerle oluşturulmuştur. Katılımcılara; genel özellikleri, kahvaltı yapma alışkanlığı ve besin tüketim sıklığına dair sorular bulunan bir anket yapılmıştır. Ayrıca vücut ağırlıkları ve boy uzunlukları gibi antropometrik ölçümler yapılmış, hesaplanmıştır.

## İstatistiksel Analizler

Alınan verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde SPSS 22.0 programından yararlanılmıştır.



## BULGULAR VE TARTIŞMA

Geleceğin teminatı olan gençlerin ruh sağlığı kadar beden sağlığı da önemlidir. Günün büyük çoğunluğunu dışarıda geçiren öğrencilerin enerji ve besin gereksinimleri de fazla olmaktadır. Bu nedenle güne en iyi şekilde başlamanın yolu gerekli enerjinin sağlandığı kahvaltıdır. Nitekim yapılan bir çalışmada yeni bir güne istekle başlama ve gününü verimli geçirmede sabah kahvaltısının yeterliliği ve içeriğinin çok önemli olduğu belirtilmiştir (Merdol, 2001). Başka bir araştırmada kahvaltının, beslenme durumunu iyileştirdiği, öğrenme ve bilişsel becerilerin gelişimini artırdığı, eğitimin etkili olmasına katkıda bulunduğu ifade edilmiştir (Jacoby ve ark., 1998). Ayrıca bir çok çalışmada sağlıklı bir kahvaltının gün içerisinde zindelik, beceri ve öğrenmeyi geliştirdiği belirtilmiştir (ALBashtawy, 2015; Isaksson ve ark., 2011; Zeng ve ark., 2011).

Çalışmaya katılan öğrencilerin sosyo-demografik özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Öğrencilerin sosyo-demografik özelliklerine göre dağılımı

Genel özellikler	Kadın	Erkek
Yaş ortalaması (yıl)	22±1.3	23±0.8
Eğitim-öğretim süresi (yıl)	15.2±1.6	16.3±1.1
Ortalama boy uzunluğu (cm)	154.4±1.3	172.2±2.7
Ortalama vücut ağırlığı (kg)	56.2±3.1	79.1±14.0

Bu çalışmada % 62.0’si erkek ve % 38.0’i kadın olmak üzere 1200 üniversite öğrencisinin kahvaltı yapma alışkanlığı araştırılmıştır. Öğrencilerin kaldığı yerlere bakıldığında % 17’nin ailesinin yanında, % 48’inin yurttan, % 35’inin de öğrenci evinde kaldığı görülmektedir. Öğrencilerin % 33’ünün sigara kullandığı belirlenmiştir. Bazen kullananların yüzdesi de göz önüne alınırsa öğrencilerin % 68’i sigara kullanmaktadır (Çizelge 2). Yapılan bir çalışmada kahvaltı öğününü atlayan bireylerin daha çok sayıda sigara içtiği ifade edilmiştir (Mazıcıoğlu ve Öztürk, 2003). Başka bir çalışmada ise kahvaltıyı atlayan yetişkinler arasında sigara içme sıklığının kahvaltı yapanlara göre daha çok göze çarptığı bildirilmiştir (Keski-Rahkonen ve ark., 2003). Ancak yapılan bazı çalışmalarda ise öğrencilerin büyük çoğunluğunun sigara içmediği belirtilmiştir (Vançelik ve ark., 2007; Yıldırım ve ark., 2011). Görüldüğü gibi öğrencilerde sigara kullanımı sağlıklı beslenmeyi olumsuz etkilemektedir ve düzenli kahvaltı yapma alışkanlığı olmayan öğrenciler daha çok içmektedir.

**Çizelge 2.** Üniversite öğrencilerinin genel özellikleri

Değişkenler	Durum	Sayı (n:1200)	%
Cinsiyet	Kadın	460	% 38
	Erkek	740	% 62
Kalınan Yer	Aile	202	% 17
	Yurt	575	% 48
	Öğrenci evi	423	% 35
Sigara Kullanma Durumu	Evet	652	% 33
	Hayır	408	% 44
	Bazen	106	% 35

Ankete katılan öğrencilerden kadınların yaklaşık % 37’sinin hiç, % 24’ünün ise haftada 1-2 gün kahvaltı yaptıkları belirlenmiştir. Kadınların sadece % 5’i her gün düzenli bir şekilde kahvaltı yapmaktadır. Yaklaşık % 10’unun haftada 5-6 gün kahvaltı yaptığı, % 21’inin ise haftada 3-4 gün

kahvaltı yaptığı görülmektedir. Erkeklerle bakıldığında yaklaşık % 35'inin hiç, % 27'sinin ise haftada 1-2 gün kahvaltı yaptığı görülmektedir. Sadece % 6'sı her gün düzenli bir şekilde kahvaltı yapmaktadır. Yaklaşık % 9'unun haftada 5-6 gün kahvaltı yaptığı, % 21'inin ise haftada 3-4 gün kahvaltı yaptığı görülmektedir (Çizelge 3). Yapılan bir araştırmada kahvaltıyı düzenli yapan öğrencilerin daha sağlıklı olduğu belirtilmiştir (Di-Giuseppe ve ark., 2012). Başka bir çalışmada düzenli olarak yapılan kahvaltının bilişsel performansın artışını sağladığı belirtilmiştir (Hallstrom ve ark., 2011). Kahvaltının düzenli olarak atlanmasının ise beslenme yetersizliğine ve akademik yaşamın kötüye gitmesine neden olduğu belirtilmiştir (NiMhurchu ve ark., 2010). Öte yandan yapılan bir araştırmada aileleri düzenli kahvaltı yapan bireylerin düzenli bir şekilde kahvaltı yaptığı gösterilmiştir (Gajre ve ark., 2008).

**Çizelge 3.** Cinsiyete göre haftalık kahvaltı yapma sıklığı (n = 1200).

Haftalık kahvaltı yapma sıklığı	Kadın (n:460)	%	Erkek (n:740)	%
Her gün	27	% 5.86	45	% 6.08
5-6 gün	49	% 10.65	67	% 9.05
3-4 gün	98	% 21.30	159	% 21.48
1-2 gün	113	% 24.56	205	% 27.70
Hiç	173	% 37.60	264	% 35.67

Kahvaltının atlanması konsantrasyon ve iç verimliliği azaltırken yeterli ve dengeli kahvaltı, tüm bir gün için gerekli ve yeterli enerjinin sağlanıp metabolizmanın hızlandırılmasını sağlar. Öğrencilerin beslenme durumuna bakıldığında, atladıkları öğün ve öğün atlama nedenleri Çizelge 4'te gösterilmiştir. Araştırmaya katılanların öğün atlama durumuna bakıldığında, en fazla atlanılan öğünün kahvaltısı (% 73) olduğu görülmektedir. Öğün atlama nedenleri zaman yetersizliği (% 37), sabah geç kalkma (% 24), kahvaltı yapma alışkanlığı olmadığı için (% 19) ve hazırlanmadığı olmadığı için (% 11) olarak ifade edilmiştir (Çizelge 4). Gençler arasında kahvaltının fazla kaloriden kurtulmak için atlanması yanlış bir durumdur. Kahvaltı öğününü atlayanların günün geri kalanında daha fazla yediği ve daha çok kalori aldığı bir gerçektir. Ancak yapılan başka bir çok çalışmada da öğrencilerin kahvaltı öğününü atlattığı saptanmıştır (Buxton, 2014; Juan ve ark., 2013; Kawafha, 2013; Yasuda ve ark., 2018). Bagwell (2000)'e göre, kahvaltıyı atlayanların çoğu gece geç saatlere kadar okul ve okul dışı ilgi alanlarıyla meşgul olduklarından çoğu zaman geç saatlere kadar yatar, acele eder ve okula koşarlar; sonuç olarak, kahvaltıyı atlamış olmaktadır. Yapılan başka bir çalışma, kahvaltının atlanmasının günlük enerji ve protein alımlarında önemli bir düşüşe yol açarken yağ alımının değişmediğini göstermiştir (Clayton ve ark., 2015). Ek olarak, Avustralya'da (Smith ve ark., 2010), Tayvan'da (Huang ve ark., 2010), Kore'de (Chung ve ark., 2015), Birleşik Krallık'ta (Barrett ve ark., 2017), Brezilya'da (Baltar ve ark., 2018), İrlanda'daki (Uzhova ve ark., 2018) ulusal araştırmalarla kahvaltının atlandığı bildirilmiştir.

Sağlıklı beslenmede yeterli ve dengeli beslenme kadar tüketilen besinlerin içeriği de önem göstermektedir. Bu çalışmada kahvaltıda içecek tüketimi incelendiğinde, en çok çayın tercih edildiği (% 61) görülürken ikinci olarak en fazla kahvenin tercih edildiği belirlenmiştir. Bunu % 14 ile su ve % 6'yla da diğer içecekler takip etmektedir (Çizelge 5). Öğrencilerde çay içiminin fazla olmasını geleneksel olarak en fazla tercih edilen içecek olmasına bağlayabiliriz. Ancak çay, tüketilen besinlerin demir emilimini olumsuz etkilediği için yemeklerle beraber tüketilmemelidir. Nitekim yapılan bir çalışmada çay, kahve ve kolalı içeceklerin (özellikle öğünlerle birlikte içilen) hem demirin hem de kalsiyumun vücutta kullanılmasını engelleyeceği bildirmiştir (Şanlıer ve ark., 2000). Bir çok çalışmada da sabah kahvaltısında üniversite öğrencilerinin çok fazla çay tükettiği gösterilmiştir (Arslan ve Mendes, 2004; Budak ve ark., 2005; Heşeminia ve ark., 2002).

**Çizelge 4.** Üniversite öğrencilerinin atladıkları öğünler ve öğün atlama nedenleri

<i>Değişkenler</i>	<i>Durum</i>	<i>Sayı (n:1200)</i>	<i>%</i>
<i>Öğün atlama</i>	Evet	872	% 73
	Hayır	328	% 27
<i>Atlanılan öğünlerin dağılımı</i>	Sabah	575	% 48
	Öğle	461	% 38
	Akşam	164	% 14
<i>Öğün atlama nedenleri</i>	Zaman yetersizliği	443	% 37
	Sabahları geç kalktığı için	283	% 24
	Hazırlanmadığı için	131	% 11
	Alışkanlığı olmadığı için	235	% 19
	Kilo almak istemediği için	86	% 7
	Sağlık sorunu olduğu için	5	% 0.4
	Diğer nedenler	17	% 1.4

**Çizelge 5.** Kahvaltı yapanların kahvaltının yanında tükettiği içecek gruplarına göre dağılımı

<i>Kahvaltının yanında tercih edilen içecek grupları (bardak)</i>	<i>Sayı (n:1200)</i>	<i>%</i>
Su	163	% 14
Çay	729	% 61
Kahve	233	% 19
Diğer içecekler	75	% 6

Kahvaltı yapmama nedenleri arasında en fazla hazırlayacak kimse yok (% 22), yiyecek bir şey bulamıyorum (% 18), sabahları iştahım yok (% 15), yeterli zamanım yok (% 15) ve sabahları aç olmuyorum (% 11) gibi yanıtlar yer almaktadır. Ayrıca şişmanlamaktan korkuyorum (% 9) ve yalnız yemeyi sevmiyorum (% 4.5) yanıtları da bulunmaktadır (Çizelge 6). Benzer şekilde üniversite öğrencilerinde yapılan bir araştırmada öğrencilerden % 20.7'sinin zamanının yetersiz olduğunu, % 17.2'sinin geç kalktıklarını, % 11.1'inin ise sabah erken saatte herhangi bir şey yiyemedikleri için kahvaltı yapmadıkları belirtilmiştir (Ozdoğan ve ark., 2010). Üniversitedeki kız öğrenciler üzerinde yapılan bir çalışmada bu öğrencilerin % 51.68'inin isteksizlik, % 31,46'sının zamanlarının olmaması, % 8.24'ünün ekonomik nedenlerle ve % 8,46'sının diğer sebeplerde kahvaltı yapmadığı belirtilmiştir (Orak ve ark., 2006). Öğrencilerin kahvaltı yapmak için zaman bulamamasının en önemli nedeni plansız, programsız yaşamaları ve beslenmelerine gerekli özeni göstermemeleri olabilir. Ancak yeterli ve dengeli beslenmede günlük üç çeşit öğün vaktinde tüketilmelidir.

**Çizelge 6.** Kahvaltı yapmama nedenleri (n = 1200).

<i>Kahvaltı yapmama nedenleri</i>	<i>Sayı (n:1200)</i>	<i>%</i>
Sabahları iştahım yok	184	% 15
Yiyecek bir şey bulamıyorum	211	% 18
Hazırlayacak kimse yok	265	% 22
Yeterli zamanım yok	178	% 15
Şişmanlamaktan korkuyorum	109	% 9
Yalnız yemeyi sevmiyorum	54	% 4.5
Sabahları aç olmuyorum	134	% 11
Diğer	65	% 5.5

Yağ ve kalori içeriği yüksek ancak besin değeri düşük gıdaların giderek artması ile, dengeli beslenme problem haline gelmiştir. Nitekim bu çalışmada üniversite öğrencilerinin kahvaltıda günlük

olarak en çok tercih ettikleri besinlerin yüzdeleri incelendiğinde en fazla simit, poğaçaya (% 18), bisküvi, kek (% 18) beyaz ekmek (% 16), tost (% 11) gibi hazır ve aperatif yiyeceklerin tercih edildiği görülmektedir (Çizelge 7). Fast-food olarak belirtilen tüketime hazır yiyeceklerin özellikle kahvaltıda tercih edilmesi sağlık açısından risklidir (Niemeier ve ark., 2006). Yapılan çalışmalarda genç yetişkinlerin beslenme alışkanlıklarına bakıldığında, fast-food ve atıştırmalık yiyeceklerin tüketiminin giderek arttığı belirtilmiştir (Grunbaum ve ark., 2002; Zizza ve Popkin, 2001). Ayrıca yapılan başka bir çalışmada yetişkinlik dönemine geçişte fast-food tüketiminin artmasına bağlı olarak kahvaltı öğününün daha çok aksatıldığı ifade edilmiştir (Niemeier ve ark., 2006). Kahvaltı yapmayan ve fast-food tüketen bireylerde obezite büyük bir sorun teşkil etmektedir. Ayrıca kahvaltının atlanması günün ilerleyen saatlerinde açlık hissinin daha çok artmasına, daha çok yemek yemeye ve enerji içeriği yüksek yiyeceklerin tercih edilmesine yol açabilmektedir.

**Çizelge 7.** Üniversite öğrencilerinin kahvaltıda günlük olarak en çok tercih ettikleri besinler

Besinler	Sayı :1200	%
Süt	12	%1
Beyaz peynir	64	%5
Zeytin	71	%6
Yumurta	58	%5
Sucuk, salam, sosis	53	%4
Yeşil yapraklı sebzeler	22	%2
Salatalık, Domates	94	%8
Beyaz ekmek	193	%16
Kepekli ekmek	10	%1
Tost	131	%11
Simit, Poğaçaya	221	%18
Bal, Reçel, Pekmez	17	%1
Patates kızartması	41	%3
Bisküvi, kek	213	%18

## SONUÇ

Sonuç olarak üniversite öğrencileri arasında kahvaltının yapılmaması, atlanması veya yetersiz yapılması durumunda dikkat-algılama bozukluğu, yorgunluk gibi sorunlar meydana gelmekte bu da eğitim-öğretimde başarının azalmasına neden olmakta ve nitelikli bireylerin yetişmesine engel olmaktadır. Nitekim çalışmanın verileri öğrencilerin dengeli-yeterli beslenme ve kahvaltı yapma konusunda eğitilmesi, bilinçlendirilmesi ve desteklenmesi gerektiğini göstermektedir. Yeni bir güne istekle başlama ve günü verimli olarak devam ettirmede sabah kahvaltısının içeriği ve miktarının önemi çok büyüktür. Ayrıca üniversite öğrencilerinin beslenme alışkanlıkları üniversite öğrenimi sonrasına taşınacağı için son derece önemlidir. Dengeli ve yeterli beslenmeyen bir toplumda, sağlıklı ve iş görebilen bireylerin yetişmesi, sosyo-ekonomik refahın artması olası değildir. Bu probleme üniversite tarafından öğrencileri kahvaltıya teşvik etmek amaçlı düşük maliyetli kahvaltılık paketi satışının sağlanması gibi bir çözüm önerilebilir.

## KAYNAKLAR

- ALBashtawy M, 2015. Exploring the reasons why school students eat or skip breakfast. *Nursing Pediatric and Young People*, 27(6):16–22.
- Açıkgöz S, 2006. Üniversite öğrencilerinin beslenme alışkanlıkları ile öz yetkinlik ve iyimserlik ilişkisi: Ankara Üniversitesi Örneği. Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara (Basılmış).

- Anonim, 2006. Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü / Hacettepe Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü. Türkiye'ye Özgü Beslenme Rehberi, Ankara.
- Arslan C, Mendeş B, 2004. Üniversitelerin farklı bölümlerinde okuyan erkek ve kız öğrencilerin sıvı tüketimleri ve bilgi düzeylerinin araştırılması. Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 18(3): 163–170.
- Baltar VT, Cunha DB, Santos RO, Marchioni DM, Sichieri R, 2018. Breakfast patterns and their association with body mass index in Brazilian adults. *Cadernos de Saúde Pública*, 34: e00111917.
- Batista-Jorge GC, Barcala-Jorge AS, Dias AFO, Silveira MF, Lelis DF, Andrade JMO, Santos, SHS, 2016. Nutritional status associated to skipping breakfast in Brazilian health service patients. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 69(1): 31–40.
- Baysal A, 2007. Beslenme. Şahin matbaacılık, Ankara.
- Bi H, Gan Y, Yang C, Chen Y, Tong X, Lu Z, 2015. Breakfast skipping and the risk of type 2 diabetes: A meta-analysis of observational studies. *Public Health Nutrition*, 18(16):3013–3019.
- Bagwell SE, 2000. The relationship between breakfast and school performance. National undergraduate research clearinghouse, 3 Retrieved August 1, 2015.
- Barrett P, Imamura F, Brage S, Griffin SJ, Wareham NJ, Forouhi NG, 2017. Sociodemographic, lifestyle and behavioural factors associated with consumption of sweetened beverages among adults in Cambridgeshire, UK: the Fenland Study. *Public Health Nutrition*, 20: 2766–77.
- Budak N, Özer E, Kovalı S, İnceiş N, 2005. Kahvaltının öğrencilerin beslenmesine katkısı ve akademik başarıya etkisi. *Beslenme ve Diyet Dergisi*. 32(1): 47–54.
- Buxton CNA, 2014. Ghanaian junior high school adolescents' dietary practices and food preferences: Implications for public health concern. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 4(5): 297.
- Cahill LE, Chiuvè SE, Mekary RA, Jensen MK, Flint AJ, Hu FB, et al., 2013. Prospective study of breakfast eating and incident coronary heart disease in a cohort of male US health professionals clinical perspective. *Circulation*, 128(4): 337–343.
- Chung SJ, Lee Y, Lee S, Choi K, 2015. Breakfast skipping and breakfast type are associated with daily nutrient intakes and metabolic syndrome in Korean adults. *Nutrition Research and Practice*, 9: 288–295.
- Clayton DJ, Barutcu A, Machin C, Stensel DJ, James LJ, 2015. Effect of breakfast omission on energy intake and evening exercise performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 47: 2645–2652.
- Deshmukh-Taskar P, Nicklas TA, Radcliffe JD, Neil OCE, Liu Y, 2013. The relationship of breakfast skipping and type of breakfast consumed with overweight/ obesity, abdominal obesity, other cardiometabolic risk factors and the metabolic syndrome in young adults. The national health and nutrition examination survey (NHANES): 1999–2006. *Public Health Nutrition*, 16(11): 2073–2082.
- Gajre NS, Fernandez S, Balakrishna N, Vazir S, 2008. Breakfast eating habit and its influence on attention-concentration, immediate memory and school achievement. *Indian Pediatrics*, 45(10): 824-828.
- di Giuseppe R, Di Castelnuovo A, Melegari C, De Lucia F, Santimone I, Sciarretta A, Lacoviello L, 2012. Typical breakfast food consumption and risk factors for cardiovascular disease in a large sample of Italian adults. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 22(4): 347–354.
- Grunbaum JA, Kann L, Kinchen SA, Williams B, Ross JG, Lowry R, Kolbe L, 2002. Youth risk behavior surveillance-United States, 2001. *Journal of School Health*, 72: 313-328.
- Farshchi HR, Taylor MA, Macdonald IA, 2005. Deleterious effects of omitting breakfast on insulin sensitivity and fasting lipid profiles in healthy lean women. *American Journal of Clinical Nutrition*, 81(2): 388-396.
- Hallstrom L, Vereecken CA, Ruiz JR, Patterson E, Gilbert CC, Catasta G, et al., 2011. Breakfast habits and factors influencing food choices at breakfast in relation to socio-demographic and family factors among European adolescents. The HELENA Study. *Appetite*, 56(3): 649-657.
- Heşemina T, Çalışkan D, Işık A, 2002. Ankara'da yükseköğretim öğrenci yurtlarında kalan öğrencilerin beslenme sorunları. *İbni Sina Tıp Dergisi*, 7: 155-166.
- Hoyland A, Dye L, Lawton CL, 2009. A systematic review of the effect of breakfast on the cognitive performance of children and adolescents. *Nutrition Research Reviews*, 22(2): 220–243.



- Huang CJ, Hu HT, Fan YC, Liao YM, Tsai PS, 2010. Associations of breakfast skipping with obesity and health-related quality of life: evidence from a national survey in Taiwan. *International Journal of Obesity (Lond)*, 34:720–5.
- Isaksson H, Rakha A, Andersson R, Fredriksson H, Olsson J, Aman P, 2011. Rye kernel breakfast increases satiety in the afternoon- an effect of food structure. *Nutrition Journal*, 10(31): 1–10.
- Jacoby E, Cueto S, Poitt E, 1998. When Science and Politics Listen to Each Other: Goo Prospects from a New School Breakfast Program In Peru. *American Journal Clinical Nutrition*, 67 Suppl: 795-797.
- Juan S, He Y, Zhiyue L, Yan W, Jiang B, Yanyan W, Ying Y, 2013. Factors associated with skipping breakfast among Inner Mongolia medical students in China. *BMC Public Health*, 13-(42).
- Kawafha M, 2013. Impact of skipping breakfast on various educational and overall academic achievements of primary schoolchildren in Northern of Jordan. *Journal of Basic and Applied Sciences*, 7(7): 155-160.
- Kawafheh MM, Hamdan FR, Abozeid SE, Nawafleh H, 2014. The effect of health education programs for parents about breakfast on students' breakfast and their academic achievement in the north of Jordan. *International Journal of Advanced Nursing Studies*, 3(2): 84-89.
- Keski-Rahkonen A, Kaprio J, Virkunen M, Rose RJ, 2003. Breakfast skipping and health-compromising behaviors in adolescents and adults. *European Journal of Clinical Nutrition*, 57: 842–853.
- Kubota Y, Iso H, Sawada N, Tsugane S, Group TJS, 2016. Association of breakfast intake with Incident stroke and coronary heart disease: The Japan public health center–based study. *Stroke*, 47(2): 477–481.
- Mazıcıoğlu MM, Öztürk A, 2003. Üniversite 3 ve 4. sınıf öğrencilerinde beslenme alışkanlıkları ve bunu etkileyen faktörler. *Erciyes Tıp Dergisi*, 25(4): 172-178.
- Merdol KT, 2001. Kahvaltının önemi ve kahvaltı örüntümüz. Türk mutfak kültürü üzerine araştırmalar, Türk halk kültürünü araştırma ve tanıma vakfı. Yayın No: 28. Takav Matbaası, Ankara.
- Mhurchu CN, Turley M, Gorton D, Jiang Y, Michie J, Maddison R, Hattie J, 2010. Effects of a free school breakfast programme on school attendance, achievement, psychosocial function, and nutrition: A stepped wedge cluster randomised trial. *BMC Public Health*, 10(1): 738.
- Nakade M, Akimitsu O, Wada K, Krejci M, Noji T, Taniwaki N, Harada T, 2012. Can breakfast tryptophan and vitamin B6 intake and morning exposure to sunlight promote morning-typology in young children aged 2 to 6 years? *Journal of Physiological Anthropology*, 31(1): -11.
- Niemeier HM, Raynor HA, Lloyd-Richardson EE, Rogers ML, Wing RR, 2006. Fast food consumption and breakfast skipping: Predictors of weight gain from adolescence to adulthood in a nationally representative sample. *Journal of Adolescent Health*, 39(6);842–849.
- NiMhurchu C, Turley M, Gorton D, Jiang Y, Michie J., Maddison R, et al., 2010. Effects of a free school breakfast programme on school attendance, achievement, psycho social function, and nutrition: a stepped wedge cluster randomised trial. *BMC Public Health*, 29(10): 738- 744.
- Orak S, Akgün S, Orhan H, 2006. Süleyman Demirel Üniversitesi öğrencilerinin beslenme alışkanlıklarının araştırılması. *SDÜ Tıp Fakültesi Dergisi*, 13:(2): 5-11.
- Ozdogan Y, Ozcelik AO, Surucuoglu MS, 2010. The breakfast habits of female university students. *Pakistan Journal of Nutrition*, 9(9): 882-886.
- Romieu I, Hernandez-Avila M, Rivera JA, Ruel MT, Parra S, 1997. Dietary studies in countries experiencing a health transition: Mexico and Central American *Journal of Clinical Nutrition*, 65(4 Suppl): 1159 1165.
- Smith KJ, Gall SL, McNaughton SA, Blizzard L, Dwyer T, Venn AJ, 2010. Skipping breakfast: longitudinal associations with cardiometabolic risk factors in the Childhood Determinants of Adult Health Study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 92: 1316-25.
- Şanlıer N, Arlı M, 2000. Üniversitede okuyan beslenme eğitimi alan kız öğrencilerin beslenme durumları, günlük enerji alımları ve harcamaları. *Gazi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*. 3: 21-30.
- Uzhova I, Woolhead C, Timon CM, O'Sullivan A, Brennan L, Penalvo JL, et al., 2018. Generic meal patterns identified by latent class analysis: insights from NANS (National Adult Nutrition Survey). *Nutrients*, 10.

- Uzhova I, Fuster V, Fernández-Ortiz A, Ordovás JM, Sanz J, Fernández-Friera L, Peñalvo JL, 2017. The importance of breakfast in atherosclerosis disease: Insights from the PESA study. *Journal of the American College of Cardiology*, 70(15): 1833-1842.
- Vaňcelik S, Önal SG, Güraksın A, Beyhun E, 2007. Üniversite öğrencilerinin beslenme bilgi ve alışkanlıkları ile ilgili faktörler. *TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni*, 6(4): 242-248.
- Yasuda J, Asako M, Arimitsu T, Fujita S, 2018. Skipping breakfast is associated with lower fat-free mass in healthy young subjects: a cross-sectional study. *Nutrition Research*, 60: 26–32.
- Yoo KB, Suh HJ, Lee MJ, Kim JH, Kwon JA, Park EC, 2014. Breakfast eating patterns and the metabolic syndrome: The Korea national health and nutrition examination survey (KNHANES) 2007-2009. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 23(1): 128-137.
- Yıldırım İ, Yıldırım Y, Tortop Y, Poyraz A, 2011. Afyon Kocatepe Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu öğrencilerinin beslenme alışkanlıkları ve bunları etkileyen faktörler. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 8(1): 1375-1391.
- Witbracht M, Keim NL, Forester S, Widaman A, Laugero K, 2015. Female breakfast skippers display a disrupted cortisol rhythm and elevated blood pressure. *Physiology & Behavior*, 140 (Supplement C), 215–221.
- Zeng YC, Li SM, Xiong GL, Su HM, Wan JC, 2011. Influences of protein to energy ratios in breakfast on mood, alertness and attention in the healthy undergraduate students. *Health*, 3(6): 383–393.
- Zizza C, Popkin BM, 2001. Significant increase in young adults' snacking between 1977-1978 and 1994–1996 represents a cause for concern. *Preventive Medicine*, 32: 303–310.

## Evaluation of Physiological and Biochemical Responses against to Salinity in Local Rice (*Oryza sativa* L.) under *in vitro* Conditions

Mehmet Yusuf ORCAN<sup>1</sup>, Filiz AKBAŞ<sup>2\*</sup>

**ABSTRACT:** In a local rice cultivar (Karacadağ), physiological and biochemical changes caused by different salt types (NaCl, CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>) and their concentrations (25, 50, 75, 150, 300 mM) were investigated under stress conditions. The germination percentage was not affected at low concentrations in each of 3 types salt tested but it decreased significantly as the concentration increased. In development stages of seedling, it was determined that as the concentration increased in all salt types, plant growth and relative water content (RWC) decreased. Salinity was mostly affected the photosynthetic pigment contents of the plants and there was a difference significantly between the results according to the salt concentration. In general, it was determined that malondialdehyde (MDA) content increased depending on the concentration in all salt types that tested. The highest cell membrane damage was found in the 75 mM application of CaCl<sub>2</sub> with 4.1820 µmol /g MDA. As a result, it was determined that germination and seedling development stages were negatively affected in the salt types tested, especially at high concentrations.

**Keywords;** Rice, Karacadağ, salt stress, *in vitro*,

<sup>1</sup> Mehmet Yusuf ORCAN (Orcid ID: 0000-0002-5953-1178) Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Bölümü, Batman Türkiye

<sup>2</sup> Filiz AKBAŞ (Orcid ID: 0000-0003-0623-5524), Batman Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Batman Türkiye

\* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Filiz AKBAŞ, e-mail: filiz.akbas@batman.edu.tr

Bu çalışma Mehmet Yusuf ORCAN'nın Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

## INTRODUCTION

Salinity, negatively affects the growth of plants by causing changes in their structural, physiological, biochemical and molecular mechanisms. Generally,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  cations and  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{Cl}^-$  anions lead to the salinity stress. The most harmful effects of salt stress are composed by  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$  and  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  salts (Koyuncu, 2008).

Tissue culture studies are used in researches to reveal the physiological and biochemical basis of salinity mechanisms and salt tolerance in plants. The tissue culture applications have provided many advantages when used completely controlled and homogen material at physiological studies (Ellialtıoğlu and Tıprıdamaz, 1998; Yokaş et al., 2008). In recent years, there have been many studies using different *in vitro* culture techniques in different plant species to determine the effects of salt stress (Koyuncu, 2012; Benderradji et al., 2012).

The rice is estimated to have more than 140.000 species around the World (Sürek, 2002). The presence of so many varieties of rice can be explained by the sense of quality and taste that varies according to countries, regions and even different districts (Akay, 2010). Rice is an important food source and the most important cultivation plant after wheat. It is also one of the plants most affected by salinity, so the decrease in yield due to salt stress factor is an important problem (Siahpoosh et al., 2012; Rajakumar, 2013). Karacadağ local rice variety is known as one of the most grown rice varieties in Southeastern Anatolian region of Turkey (Kaya, 2013). There are restricted studies about effecting of salt stress in the literature (Orcan et al., 2019). In this study it was intended that in a Karacadağ rice cultivar, physiological and biochemical changes under stress conditions caused by different salt types were investigated.

## MATERIALS AND METHODS

### Sterilization

In this study, Karacadağ rice variety obtained from local producers around Diyarbakır was used as plant material. After the rice seeds was waited in 70% ethanol for 30 seconds, optimum surface sterilization was performed by being waited in 5%  $\text{NaOCl}$  for 60 minutes.

### Germination

Aseptic rice seeds were incubated in Magenda GA-7 culture dishes containing 1/4 MS medium supplemented with 0, 25, 50, 75, 150, 300 mM of  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$  or  $\text{MgCl}_2$ , and was left to developed in the growth chamber. All nutrient media was supported with 30 g sucrose and 5.458 g agar. After period of 3-week, germination datas were taken.

### Growth parameters

Seeds were first germinated in hormone-free MS medium. After 1 week, the germinated rice seedlings were transferred to MS medium containing 25, 50, 75, 150, 300 mM concentrations of  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$  or  $\text{MgCl}_2$ . At the end of the 3-week culture period, the aerial parts /roots of the rice seedlings were harvested separately and then kept in deep freeze ( $-42\text{ }^\circ\text{C}$ ) until analysis was performed. Measurement of shoot/root length and fresh/dry weight were taken immediately after harvesting to determine salinity effects on growth of seedlings.

### Relative water contents (RWC%)

Every samples' RWC were calculated according to formula below as % (Barr and Weatherley, 1962).

$$\text{RWC}\% = [(\text{FW} - \text{DW}) / (\text{TW} - \text{DW})] \times 100$$

TW=Turgor weight, DW=Dry weight, FW=Fresh weight

### Photosynthetic pigments contents

Photosynthetic pigments content was measured according to Arnon (1949). 0.25 gr leaves were homogenised in 80% acetone and the samples were centrifuged at 5000xg for 5 min at 4°C. The extracts were measured to the absorbance values as spectrophotometric for *chlorophyll a* at 480 nm, for *chlorophyll b* at 645 nm and for *carotenoid* at 480 nm after centrifuged at 5000 rpm for 5 minutes.

### Malondialdehyde content (MDA)

MDA amount were determined according to Ohkawa et al. (1979). MDA quantity was calculated by being drawn graphic of MDA standard curves with 1,1,3,3-Tetramethoxypropane in the tissues.

### Statistical Analyzes

Statistical analysis was done with the Duncan multiple range test (one-way ANOVA) using SPSS 20.0. The significance refers to the statistical level at  $p \leq 0.05$ .

## RESULTS AND DISCUSSION

### Germination

As the NaCl increased, germination percentage decreased in all three tested salt types (Figures 1a-c). When compared to the control group, germination percentage was decreased 15% at 150 mM NaCl, 27% for CaCl<sub>2</sub> and 28% for MgCl<sub>2</sub>. While seeds were not germinated at 300 mM MgCl<sub>2</sub> and CaCl<sub>2</sub>, 54% of the seeds were germinated with NaCl. Among the tested salt types, it was determined that MgCl<sub>2</sub> was more negatively affected the germination. Parallel to this result, it has been reported that the germination rate of rice varieties decreases with increasing salinity in the studies by Asch and Wopereis (2001), and Tun et al. (2003). Similarly, Tatar (2006) declared that IR31785, Kral, Demir, IR4630 and Yavuz rice cultivars had an inverse relationship between salinity levels and germination rate germination percentage decreased with increasing salinity.

### Growth parameters

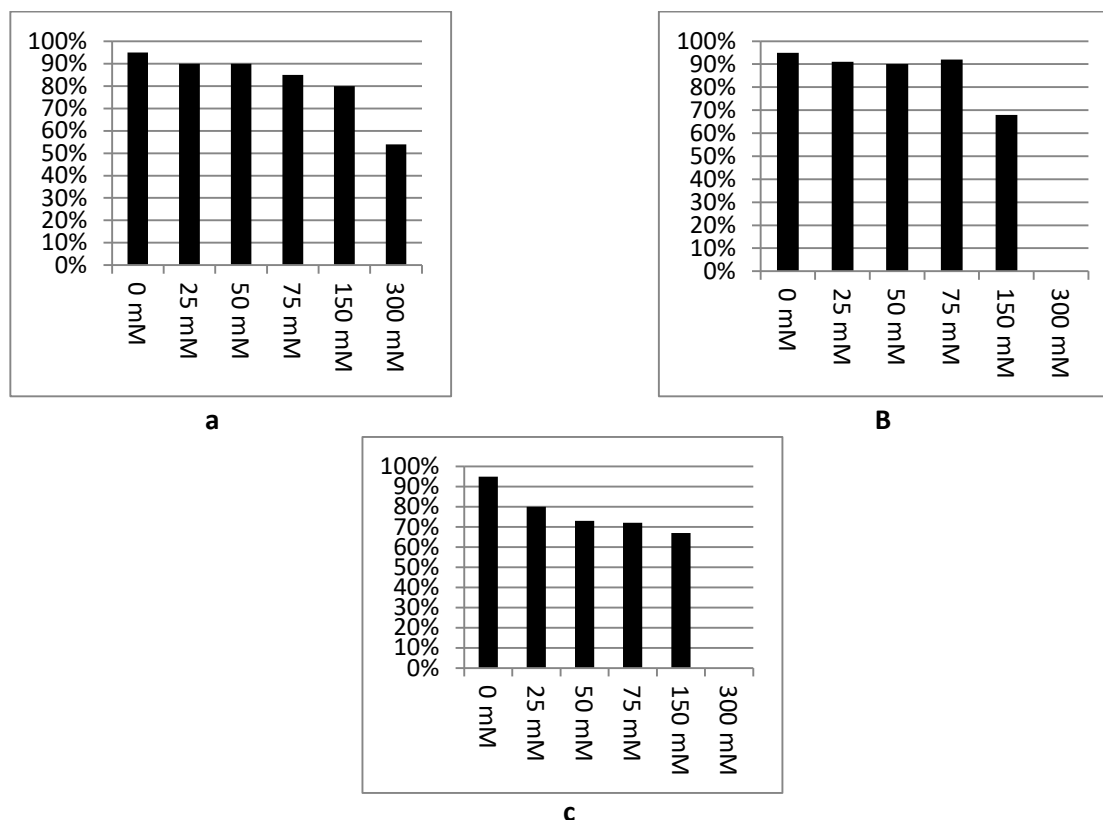
As the NaCl concentration increased, the growth of the plants slowed down and decreased the root and shoot length (Table 1). It was determined that the decrease in shoot length of seedlings at low NaCl concentrations (25 mM and 75 mM) were about 5% low rate and this ratio was found not to be statistically significant.

**Table 1.** Effects of salinity stress on shoot and root length.

	Salt Types	Salt Concentration (mM)					
		Control	25	50	75	150	300
Shoot length (cm)	NaCl	21.38±2.74 <sup>a</sup>	20.33±3.44 <sup>a</sup>	14.17±5.07 <sup>b</sup>	19.45±1.96 <sup>a</sup>	10.24±2.31 <sup>c</sup>	1.12±0.26 <sup>d</sup>
	CaCl <sub>2</sub>	21.38±2.74 <sup>ab</sup>	22.24±2.64 <sup>a</sup>	19.99±2.75 <sup>b</sup>	15.34±3.12 <sup>c</sup>	3.24±0.40 <sup>d</sup>	0.00±0.00 <sup>e</sup>
	MgCl <sub>2</sub>	21.38±2.74 <sup>a</sup>	17.91±3.83 <sup>b</sup>	7.46±1.43 <sup>c</sup>	22.39±3.11 <sup>a</sup>	1.71±0.68 <sup>d</sup>	0.00±0.00 <sup>e</sup>
Root length (cm)	NaCl	3.13±0.35 <sup>ab</sup>	3.00±0.50 <sup>ab</sup>	2.54±0.63 <sup>c</sup>	3.07±1.02 <sup>ab</sup>	4.40±1.20 <sup>a</sup>	0.07±0.00 <sup>d</sup>
	CaCl <sub>2</sub>	3.13±0.35 <sup>a</sup>	2.64±0.53 <sup>a</sup>	1.95±0.50 <sup>b</sup>	1.08±0.17 <sup>c</sup>	0.21±0.01 <sup>d</sup>	0.00±0.00 <sup>e</sup>
	MgCl <sub>2</sub>	3.13±0.35 <sup>a</sup>	4.07±1.05 <sup>a</sup>	2.02±0.95 <sup>b</sup>	4.53±1.07 <sup>a</sup>	0.01±0.00 <sup>c</sup>	0.00±0.00 <sup>e</sup>

Values are mean ± sd (n: 15). Distinct lettering in each line indicate important difference in  $p \leq 0.05$  level.





**Figure 1** The germination ratio of each 3 salt varieties. a: NaCl, b: CaCl<sub>2</sub>, c: MgCl<sub>2</sub>

At high NaCl applications it was a significant decrease in shoot length and this reduction reached 50% at 150 mM NaCl and 95% at 300 mM NaCl application (Figure 2a-b). When we examined the effects of NaCl salt applications on the root length; it was established that root length decreased significantly (98% rate) for 300 mM NaCl and this decrease was found to be statistically significant. In the CaCl<sub>2</sub> salt application, when the concentrations tested in terms of shoot length were compared with the control group (Figure 2c), a significant decrease was observed as statistically at 75 and 150 mM concentrations (25% and 85%, respectively). Similarly, as the NaCl content increased, there was a decrease in root length. Statistically, this decrease was significant at concentrations of 50, 75 and 150 mM (Table 1). At high concentrations of CaCl<sub>2</sub> (150 and 300 mM), root growth was found to be very weak, whereas at 300 mM concentration plants were not shown development. As the same of other types of salts, it was determined that there was no elongation in shoot length as the MgCl<sub>2</sub> concentration increases (Figure 2d). The shoot length was also found significant when compared with the control group as statistical (except for the 75 mM MgCl<sub>2</sub> application). When the effect of MgCl<sub>2</sub> on root length was examined, the root length of 25 and 75 mM salt applied was increased, but it was seen that this increase was not statistically significant (Table 1).

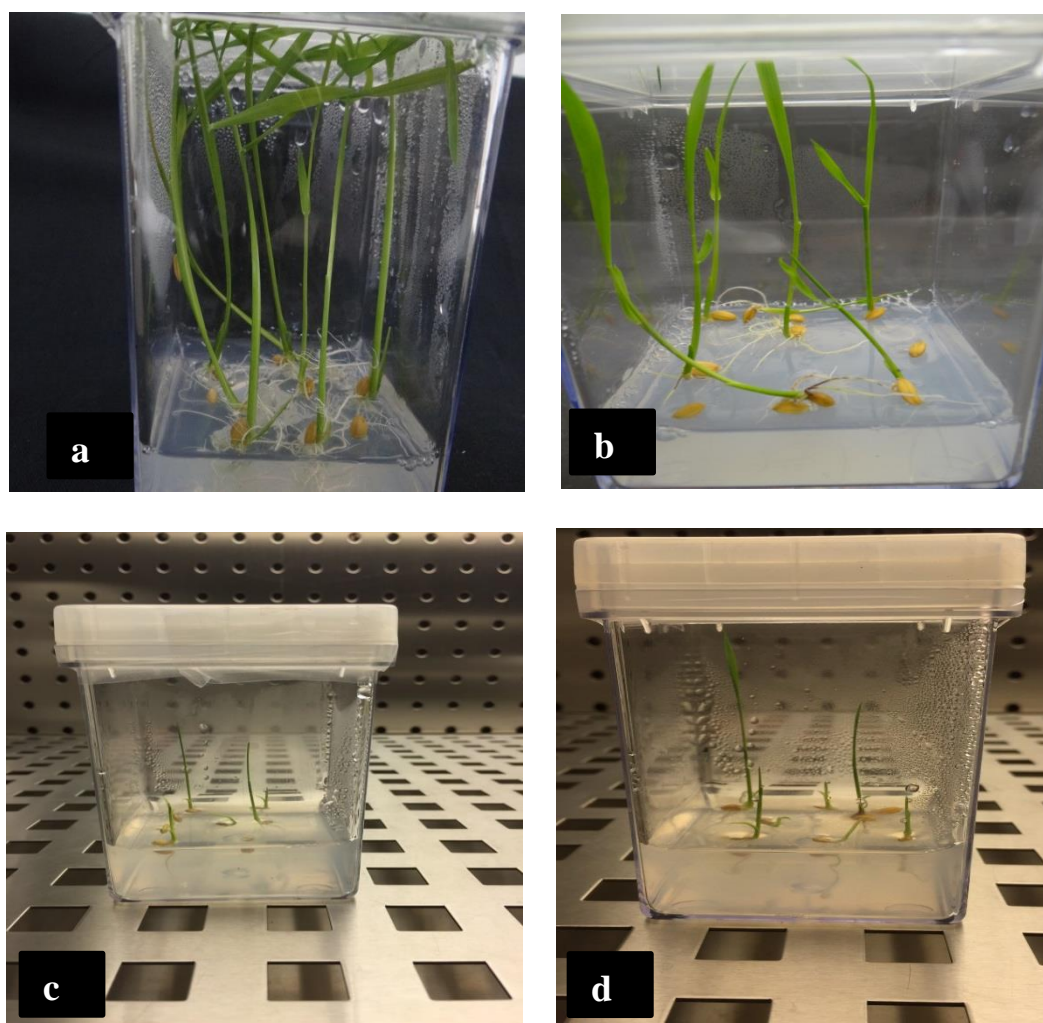
In our study the salt applications were affected the shoot/root length and caused generally decrease as salt concentration increase at all salt varieties. Similar to our findings, Demiral and Türkan (2005) notified in their study on rice varieties that the salinity affected negatively the root length.

### Effect of salinity stress on biomass

In this study we investigated the effect on biomass (fresh weight-dry weight -FW/DW) of aerial part during seedling development, it was determined that all tested salt types had a negative effect on the plant development and generally causing weight loss. When compared with control group, it was determined that FW/DW of the rice seedlings was decrease at 25 mM NaCl applied about 20%, at 50

Evaluation of Physiological and Biochemical Responses against to Salinity in Local Rice (*Oryza sativa* L.) under in vitro Conditions

and 150 mM applied about 50%, at 75 mM applied about 35%. Low  $\text{CaCl}_2$  concentrations (25 and 50 mM) were not statistically significant, but a significant decrease was observed at high concentrations (75 mM) of  $\text{CaCl}_2$  (Table 2). At the application of 50 mM  $\text{MgCl}_2$ , in terms of both FW and DW was decrease compared to the control and this decrease was important as statistical. When the DW of the seedlings examined it was seen that generally significant decrease in parallel with the FW when investigated to DW of aerial part of the seedlings.



**Figure 2** General view of the rice seedlings which developing (3-weeks) in a) salt-free culture medium b) 150 mM NaCl c) 150 mM  $\text{CaCl}_2$  d) 150 mM  $\text{MgCl}_2$

**Table 2.** Effects of salinity stress on aerial part dry/fresh weighth of rice

	Salt Types	Salt Concentration (mM)					
		Control	25	50	75	150	300
Fresh weighth (g)	NaCl	0.5800±0.13 <sup>a</sup>	0.4600±0.03 <sup>b</sup>	0.2900±0.02 <sup>c</sup>	0.3733±0.02 <sup>bc</sup>	0.2933±0.02 <sup>c</sup>	0.00±0.00
	$\text{CaCl}_2$	0.5800±0.13 <sup>a</sup>	0.5467±0.02 <sup>ab</sup>	0.4867±0.08 <sup>ab</sup>	0.4000±0.06 <sup>b</sup>	0.00±0.00	0.00±0.00
	$\text{MgCl}_2$	0.5816±0.13 <sup>a</sup>	0.6230±0.05 <sup>a</sup>	0.2957±0.01 <sup>b</sup>	0.4538±0.15 <sup>ab</sup>	0.00±0.00	0.00±0.00
Dry weighth (g)	NaCl	0.0900±0.02 <sup>a</sup>	0.0700±0.00 <sup>b</sup>	0.0500±0.01 <sup>bc</sup>	0.0533±0.00 <sup>bc</sup>	0.0400±0.00 <sup>c</sup>	0.00±0.00
	$\text{CaCl}_2$	0.0900±0.02 <sup>a</sup>	0.1100±0.00 <sup>a</sup>	0.1027±0.01 <sup>a</sup>	0.0800±0.00 <sup>a</sup>	0.00±0.00	0.00±0.00
	$\text{MgCl}_2$	0.0932±0.02 <sup>ab</sup>	0.0969±0.00 <sup>a</sup>	0.0475±0.00 <sup>c</sup>	0.0635±0.02 <sup>bc</sup>	0.00±0.00	0.00±0.00

Differ letters in each line indicate significant difference at 0.05 level.

Evaluation of Physiological and Biochemical Responses against to Salinity in Local Rice (*Oryza sativa* L.) under in vitro Conditions

Root development was negatively affected and there was general weight loss at all salt applications tested when compared to the control. As the NaCl concentration increased, there was a decrease in root FW (except for 150 mM NaCl) according to control (Table 3). Also, at 150 mM salt application of root FW was increase according to the control different from the other applications. The root FW was decrease and this decrease was significant as statistically at the all concentration (25, 50, 75 mM) of CaCl<sub>2</sub>. When MgCl<sub>2</sub> salt applications (except for 25 mM) compared with control group, it was determined that occurring of weight loss was significant as statistically. As for root DW, it was determined that weight loss compared to control group in all salt applications similar with FW in generally (except for 50 mM MgCl<sub>2</sub>). Besides, the data could not be obtained at high concentrations (150 and 300 mM) of CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub> and 300 mM NaCl applications because the plants were not show development.

**Table 3.** Effects of salinity stress on root dry/fresh weighth.

		Salt Concentration (mM)					
		Control	25	50	75	150	300
Fresh weighth (g)	Salt Types						
	NaCl	0.2667±0.05 <sup>b</sup>	0.2567±0.03 <sup>b</sup>	0.1300±0.02 <sup>c</sup>	0.0833±0.00 <sup>c</sup>	0.4367±0.00 <sup>a</sup>	0.00±0.00
	CaCl <sub>2</sub>	0.3327±0.03 <sup>a</sup>	0.2752±0.02 <sup>b</sup>	0.0903±0.00 <sup>c</sup>	0.0583±0.00 <sup>c</sup>	0.00±0.00	0.00±0.00
	MgCl <sub>2</sub>	0.2667±0.05 <sup>a</sup>	0.2133±0.05 <sup>ab</sup>	0.0733±0.05 <sup>c</sup>	0.1733±0.05 <sup>b</sup>	0.00±0.00	0.00±0.00
Dry weighth (g)	NaCl	0.0203±0.00 <sup>a</sup>	0.0200±0.00 <sup>a</sup>	0.0133±0.00 <sup>b</sup>	0.0070±0.00 <sup>c</sup>	0.0100±0.00 <sup>bc</sup>	0.00±0.00
	CaCl <sub>2</sub>	0.0245±0.00 <sup>b</sup>	0.0455±0.00 <sup>a</sup>	0.0206±0.00 <sup>c</sup>	0.0175±0.00 <sup>c</sup>	0.00±0.00	0.00±0.00
	MgCl <sub>2</sub>	0.0200±0.00 <sup>b</sup>	0.0200±0.00 <sup>b</sup>	0.0933±0.01 <sup>a</sup>	0.0167±0.00 <sup>2b</sup>	0.00±0.00	0.00±0.00

Differ letters in each line indicate significant difference at 0.05 level.

In our study, it was determined that all tested salt varieties effects negatively the plant growth and caused generally weight losing. Similarly, Demiral and Türkan (2005) and Vaidyanathan et al. (2003) notified that the weighth losing occurred in plants with salinity stress at the studies of the rice.

## RWC

Generally, the leaf RWC was decreased in all test groups according to control, and these data were statistically significant (Table 4). It was detected that decreases of RWC was inversely correlated with applied salt concentration, so the RWC was decreased as salt concentration increased. The lowest RWC was determined to be 61.33% at 150 mM application for NaCl, 78.30% at 75 mM application for CaCl<sub>2</sub> and 75.25% at 75 mM application for MgCl<sub>2</sub>. Roots RWC was decreased as the NaCl concentration increased, similar with the aerial parts. As seen in Table 4 this decrease was also important according to the control as statistically. The lowest RWC was shown in 150 mM NaCl application which is the highest salt application (67.66%).

**Table 4.** Effects of salinity stress on relative water content (RWC% ± Sd).

		Salt Concentration (mM)					
		Control	25	50	75	150	300
Green Fraction	Salt Types						
	NaCl	88.53±1.70 <sup>a</sup>	85.30±1.11 <sup>ab</sup>	79.10±4.05 <sup>bc</sup>	71.96±2.20 <sup>c</sup>	61.33±9.09 <sup>d</sup>	0.00±0.00
	CaCl <sub>2</sub>	79.10±4.05 <sup>a</sup>	79.53±2.03 <sup>a</sup>	78.36±1.87 <sup>a</sup>	78.30±0.60 <sup>a</sup>	0.00±0.00	0.00±0.00
	MgCl <sub>2</sub>	86.10±2.23 <sup>a</sup>	81.15±1.91 <sup>ab</sup>	79.13±4.04 <sup>b</sup>	75.25±4.59 <sup>b</sup>	0.00±0.00	0.00±0.00
Root	NaCl	97.86±0.47 <sup>a</sup>	90.86±4.21 <sup>b</sup>	84.00±6.00 <sup>c</sup>	78.00±1.00 <sup>c</sup>	67.66±3.51 <sup>d</sup>	0.00±0.00
	CaCl <sub>2</sub>	98.01±0.38 <sup>a</sup>	95.33±0.14 <sup>a</sup>	79.50±8.63 <sup>b</sup>	81.12±2.46 <sup>b</sup>	0.00±0.00	0.00±0.00
	MgCl <sub>2</sub>	97.93±0.45 <sup>a</sup>	97.46±0.45 <sup>a</sup>	83.80±2.45 <sup>b</sup>	72.80±0.26 <sup>c</sup>	0.00±0.00	0.00±0.00

Differ letters in each line indicate significant difference at 0.05 level.

Evaluation of Physiological and Biochemical Responses against to Salinity in Local Rice (*Oryza sativa* L.) under in vitro Conditions

As a result, it was found that  $MgCl_2$  and  $CaCl_2$  showed negative affect on seedling growth more than  $NaCl$  among the tested salt varieties. The increase in salt level in the culture medium cause a decrease in water potential, resulting in physiological drought in the plant. Khan and Panda (2008) studied different  $NaCl$  concentrations on the roots of two rice cultivars. It is recorded that the RWC% value is decreased in both varieties. The results of the researchers were consistent with our study that both the aerial parts and root RWC decreased with increasing salt concentration.

### Photosynthetic pigment contents

The effect of salinity on photosynthetic pigment content showed differences depending on the concentration of salt rather than salt varieties. In  $NaCl$  application, the pigment content was negatively affected, and it was observed that a general decrease in contents of pigment with increasing salt concentration (Table 5).  $CaCl_2$  applications led to an overall decrease in pigment contents compared to the control group. However, *chlorophyll b* and total *chlorophyll* contents increased depending on control at 25 mM, which is the lowest concentration, and it was found to be statistically significant. All photosynthetic pigment contents decreased with increasing concentration of  $MgCl_2$ . However, the content of *chlorophyll a* was found to be higher at the 75 mM application than the control group, and this increase was statistically significant. It was determined that the highest *carotenoid* content among  $MgCl_2$  applications were 75 mM.

**Table 5.** Effect of salinity stress on photosynthetic pigment contents

	Salt Concentration (mM)	Chlorophyll-a content ( $\mu\text{g/g}$ ) $\pm$ Sd	Chlorophyll-b content ( $\mu\text{g/g}$ ) $\pm$ Sd	Total Chlorophyll content ( $\mu\text{g/g}$ ) $\pm$ Sd	Carotenoid content ( $\mu\text{g/g}$ ) $\pm$ Sd
NaCl	Control	618.33 $\pm$ 0.57 <sup>b</sup>	484.37 $\pm$ 1.00 <sup>a</sup>	1100.33 $\pm$ 0.57 <sup>a</sup>	0.36 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>
	25	614.75 $\pm$ 1.00 <sup>c</sup>	318.33 $\pm$ 1.52 <sup>d</sup>	930.30 $\pm$ 0.10 <sup>c</sup>	0.28 $\pm$ 0.00 <sup>c</sup>
	50	625.33 $\pm$ 0.57 <sup>a</sup>	384.33 $\pm$ 1.52 <sup>c</sup>	1000.66 $\pm$ 0.57 <sup>bc</sup>	0.33 $\pm$ 0.00 <sup>b</sup>
	75	625.42 $\pm$ 1.00 <sup>a</sup>	403.66 $\pm$ 1.52 <sup>b</sup>	1020.33 $\pm$ 0.57 <sup>bc</sup>	0.31 $\pm$ 0.00 <sup>b</sup>
	150	452.66 $\pm$ 0.57 <sup>d</sup>	153.00 $\pm$ 1.00 <sup>e</sup>	600.60 $\pm$ 0.20 <sup>d</sup>	0.20 $\pm$ 0.00 <sup>d</sup>
Differ letters in each column indicate significant difference at 0.05 level.					
CaCl <sub>2</sub>	Control	618.33 $\pm$ 0.57 <sup>a</sup>	484.00 $\pm$ 1.00 <sup>b</sup>	1102.33 $\pm$ 1.52 <sup>b</sup>	0.36 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>
	25	617.80 $\pm$ 1.00 <sup>a</sup>	518.54 $\pm$ 2.00 <sup>a</sup>	1135.66 $\pm$ 0.57 <sup>a</sup>	0.32 $\pm$ 0.00 <sup>b</sup>
	50	613.53 $\pm$ 1.00 <sup>b</sup>	312.33 $\pm$ 1.52 <sup>d</sup>	925.66 $\pm$ 0.57 <sup>d</sup>	0.29 $\pm$ 0.00 <sup>d</sup>
	75	611.66 $\pm$ 0.57 <sup>c</sup>	317.33 $\pm$ 1.52 <sup>c</sup>	929.33 $\pm$ 1.52 <sup>c</sup>	0.30 $\pm$ 0.00 <sup>c</sup>
	150	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00
Differ letters in each column indicate significant difference at 0.05 level.					
MgCl <sub>2</sub>	Control	618.33 $\pm$ 0.57 <sup>b</sup>	484.00 $\pm$ 1.00 <sup>a</sup>	1102.33 $\pm$ 1.52 <sup>a</sup>	0.36 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>
	25	618.10 $\pm$ 1.00 <sup>b</sup>	339.66 $\pm$ 1.52 <sup>c</sup>	957.33 $\pm$ 0.57 <sup>c</sup>	0.29 $\pm$ 0.00 <sup>c</sup>
	50	472.81 $\pm$ 1.00 <sup>c</sup>	173.36 $\pm$ 1.00 <sup>d</sup>	646.33 $\pm$ 1.52 <sup>d</sup>	0.17 $\pm$ 0.00 <sup>d</sup>
	75	621.33 $\pm$ 0.57 <sup>a</sup>	446.33 $\pm$ 1.52 <sup>b</sup>	1068.00 $\pm$ 2.00 <sup>b</sup>	0.33 $\pm$ 0.00 <sup>b</sup>
	150	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00
Differ letters in each column indicate significant difference at 0.05 level.					

Many researchs reveal that the salinity stress caused decreases of chlorophyll pigment amount in rice as most of plants (Garcia et al., 1997; Mitsuya et al., 2003; Ali et al., 2004; Turan et al., 2007). In our study, photosynthetic pigment contents generally showed decreases depending on salt concentration in the rice seedlings. However, the *chlorophyll a* content for 75 mM  $MgCl_2$  application and *chlorophyll b*/total *chlorophyll* contents for 25 mM  $CaCl_2$  application increased according to the control group. Similar with our study, in the previous studies photosynthetic pigment contents shown increases with increasing salt concentration (Hossain et al., 2006).

### MDA content

The salinity caused an increase in the MDA amount with increasing salt concentration. The highest MDA value was obtained from application of 150 mM NaCl with 3.5067  $\mu\text{mol/g}$ , at 75 mM  $\text{CaCl}_2$  with 4.1820  $\mu\text{mol/g}$  and at 75 mM  $\text{MgCl}_2$  with 3.6  $\mu\text{mol/g}$  (Table 6). The MDA content was higher in the  $\text{CaCl}_2$  than the other two salts (NaCl,  $\text{MgCl}_2$ ). Among the tested applications, it was found that the largest cell membrane damage occurred in the 75 mM application of  $\text{CaCl}_2$  with the highest MDA content.

**Table 6.** Effect of salinity stress on MDA content (lipid peroxydaiton) ( $\mu\text{mol/g} \pm \text{Sd}$ ).

Salt Types	Salt Concentration (mM)					
	Control	25	50	75	150	300
NaCl	2.69 $\pm$ 0.04 <sup>d</sup>	2.89 $\pm$ 0.04 <sup>c</sup>	2.76 $\pm$ 0.04 <sup>d</sup>	3.01 $\pm$ 0.04 <sup>b</sup>	3.50 $\pm$ 0.053 <sup>a</sup>	0.00 $\pm$ 0.00
$\text{CaCl}_2$	2.69 $\pm$ 0.04 <sup>c</sup>	2.64 $\pm$ 0.04 <sup>c</sup>	3.72 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>	4.18 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00
$\text{MgCl}_2$	2.69 $\pm$ 0.04 <sup>c</sup>	2.51 $\pm$ 0.04 <sup>d</sup>	3.25 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>	3.36 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00

Differ letters in each line indicate significant difference at 0.05 level.

The salinity stress causes free radical formation in the plants. These radicals cause irreversible damage to lipids and proteins by leading to peroxydaiton of cell membrane lipid (Kuşvuran, 2010). Result of lipid peroxydation of cell membrane, MDA reveals as the last product (Ohkawa et al., 1979). The MDA content showed differences according to applied salt types and proportionally increased as the salt concentration increase in all salt types generally in our study. Rice seedlings reached higher value in  $\text{CaCl}_2$  than other 2 salt types (NaCl,  $\text{MgCl}_2$ ) hence cell damage was more at  $\text{CaCl}_2$ . Demiral and Türkan (2004) reported that the MDA amount of the rice plants, which is exposed to increased salt concentration, occurred increases. Orcan et al. (2019) reported that different concentrations of NaCl stress increased MDA content with different rice varieties.

### CONCLUSIONS

As a result, it was determined that Karacadağ local rice, which exposed salt stress under *in vitro* condition, was effected negatively in both germination and seedling growth stages. In order to minimize yield losses as a result of these adverse, future researches on the development of salinity tolerance mechanisms should be supported by physiological, genetic and biochemical studies.

### ACKNOWLEDGEMENTS

This study supported by Batman University-Scientific Research Projects Coordinator the Ministry of Science with BTÜBAP-2016-Yüksek Lisans-9 project.

### REFERENCES

- Akay H, 2010. Çeltikte farklı somatik explantlardan kallus oluşumunun ve bitki elde etme potansiyelinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Samsun. 2-3
- Ali Y, Aslam Z, Ashraf MY, Tahir GR, 2004. Effect of salinity on chlorophyll concentration, leaf area, yield and yield components of rice genotypes grown undersaline environment, Int. J. Environ. Sci. Technol., 1: 221–225.
- Arnon DI, 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology, 24: 1–15



- Asch F, Wopereis MCS, 2001. Responses of field grown irrigated rice cultivars to varying levels of flood water salinity in a semiarid environment. *Field Crops Research*, 70: 127-137
- Barr HD, Weatherley PE, 1962. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficit in leaves. *Aust. J. Biol. Sci.*, 15: 413-428.
- Benderradji L, Brini F, Kellou K, Ykhlef N, Djekoun A, Masmoudi K, Bouzerzour H, 2012. Callus induction, proliferation, and plantlets regeneration of two bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under saline and heat stress conditions. *ISRN Agronomy*, 1-8
- Demiral T, Türkan I, 2004. Does exogenous glycinebetaine affect antioksidative system of rice seedlings under NaCl treatment, *Journal of Plant Physiology*, 161: 1089-1100
- Demiral T, Türkan I, 2005. Comparative lipid peroxidation, antioxidant defense systems and proline content in roots of two rice cultivars differing in salt tolerance. *Environmental and Experimental Botany*, 53: 247-257
- Ellialtıoğlu Ş, Tıprıdamaz R, 1998. Doku kültürünün tuz stresine dayanıklılıkta kullanımı. *Bitkilerde Stres Fizyolojisinin Moleküler Temelleri Sempozyumu*. 22-26 Haziran. E.Ü. Ziraat Fakültesi, E.Ü. Bilim-Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi, Bornova – İzmir, 234 s
- Garcia AB, Almeida- Engler J, Lyer S, Gerats T, Montagu MV, Caplan AB, 1997. Effects of osmoprotectants upon NaCl stres in rice, *Plant Physiology*, 115: 159-169p.
- Hossain AA, Halim MA, Hossain F, Meher-Niger MA, 2006. Effects of NaCl salinity on some physiological characters of wheat (*Triticum aestivum* L.), *Bangladesh J. Bot.*, 35: 9-15.
- Kaya B, 2013. Karacadağ Yerel ve Osmançık-97 Çeltik Varyetelerinin Bazı Yabancı Otlara Karşı Rekabet Yeteneklerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır
- Khan MH, Panda SK, 2008. Alterations in root lipid peroxidation and antioxidative responsesin two rice cultivars under NaCl-salinity stress, *Acta Physiologiae Plantarum*, 30: 81-89.
- Koyuncu N, 2008. Türkiye’de Yetiştirilen Ekmeklik ve Makarnalık Buğday (*Triticum spp.*) Çeşitlerinin *in vitro* Koşullarda Tuza Toleranslarının Belirlenmesi. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı.
- Koyuncu N, 2012. Bazı Makarnalık buğday (*T. durum* Desf.) çeşitlerinin *in vitro* koşullarda yüksek tuz dozlarına tepkileri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 21: 70-74
- Kuşvuran Ş, 2010. Kavunlarda kuraklık ve tuzluluğa toleransın fizyolojik mekanizmaları arasındaki bağlantılar, Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 356 sayfa.
- Mitsuya S, Kawasaki M, Taniguchi M, Miyake H, 2003. Relationship between salinity induced damages and aging in rice leaf tissues, *Plant Prod. Sci.*, 6: 213-218
- Ohkawa H, Ohishi N, Yagi Y, 1979. Assay of lipid peroxides in animal tissue by thiobarbituric acid reaction. *Analytical Biochemistry*. 95: 351-358
- Orcan P, Işıkalın Ç, Akbaş F, 2019. Evaluation of salinity Tolerance in Rice (*Oryza sativa* L.) using water potential, biomass, membran damage and osmoprotective compound. *Fresenius Bulletin*. 28(4A): 3313-3323
- Rajakumar R, 2013. A study on effect of salt stress in the seed germination and biochemical parameters of rice (*Oryza sativa* L.) under *in vitro* condition. *Asian Journal of Plant Science and Research*, 3: 20-25
- Sürek H, 2002. Çeltik Tarımı. Hasad Yayınları. İstanbul

- Siahpoosh MR, Sanchez DH, Schlereth A, Scofield GN, Furbank RT, Van Dongen JT, Kopka J, 2012. Modification of OsSUT1 gene expression modulates the salt response of rice *Oryza sativa* cv. Taipei 309. *Plant Sci.*, 182: 101–111
- Tatar Ö, 2006. Tuzluluğun Bazı Çeltik Çeşit Ve Hatlarının Çimlenme ile Fide Gelişimi Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir
- Tun NN, Heiligtag B, Kleeberg A, Richter C, 2003. Technologia and institutional innovations for sustainable rural development. Deutscher Tropentag, October 810, Göttingen.
- Turan MA, Türkmen N, Taban N, 2007. Effect of NaCl on stomatal resistance and proline, chlorophyll, Na, Cl and K concentrations of lentil plants, *J. Agron.*, 6, 378–381.
- Vaidyanathan H, Sivakumar P, Chakrabarty R, Thomas G, 2003. Scavenging of reactive oxygen species in NaCl-stressed rice (*Oryza sativa* L.)—differential response in salt-tolerant and sensitive varieties, *Plant Science*, 165: 1411–1418.
- Yokaş İ, Tuna AL, Bürün B, Altunlu H, Altan F, Kaya C, 2008. Responses of the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) plant to exposure to different salt forms and rates. *Turk J Agric For*, 32: 319-329.

## Bazı Antibiyotiklerin Biyofilm Oluşturan Stafilokok İzolatları Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi

Sevim Feyza ERDOĞMUŞ<sup>1\*</sup>, Selahattin KONAK<sup>2</sup>

**ÖZET:** Stafilokoklar çeşitli virülans faktörlere sahip olan patojen mikroorganizmalardır. Bu virülans faktörlerden birisi biyofilm üretimidir. Bazı stafilokoklar, biyofilm üreterek antibiyotiklere karşı dirençli hale gelmektedir ve enfeksiyonların tedavisi zorlaşmaktadır. Bu çalışmanın amacı, daha önce bir çalışmada mastitisli inek sütlerinden izole edilmiş olan stafilokok izolatlarının planktonik ve biyofilm oluşturan formlarının üzerine vankomisin, eritromisin, oksasilin antibiyotiklerinin etkisini belirlemektir. Antibiyotiklerin minimum inhibitör konsantrasyonu (MİK), biyofilm minimum inhibitör konsantrasyonu (MBİK) ve minimum biyofilm eradikasyon konsantrasyonu (MBEK) değerleri belirlenmiştir. Antibiyotiklerin MİK, MBİK ve MBEK değerleri karşılaştırıldığında; en yüksek MİK değeri (32-64 µg ml<sup>-1</sup>) eritromisin için olduğu belirlenmiştir. MBİK ve MBEK değerleri ise tüm antibiyotikler için benzerlik göstermiştir. Bu çalışmanın sonucunda, stafilokok izolatlarının biyofilm oluşturarak antibiyotiklere karşı daha dirençli hale geldikleri ve serbest yaşayan formlarına göre daha yüksek dozda antibiyotiklerden etkilendikleri saptanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Antibiyotik direnci, biyofilm, stafilokok

### Evaluation of the Effects of Some Antibiotics on Biofilm Forming Staphylococci Isolates

**ABSTRACT:** Staphylococci are pathogenic microorganisms that have various virulence factors. One of the most important of these virulence factors is biofilm production. Some staphylococci become resistant to antibiotics by producing biofilms and treatment of infections becomes more difficult. The aim of this study was to determine the effect of vancomycin, erythromycin, oxacillin antibiotics on planktonic and biofilm forming forms of staphylococci isolates which were isolated from mastitis cow's milk in a previous study. Minimum inhibitory concentration (MIC), minimum biofilm inhibitory concentration (MBIC), minimum biofilm eradication concentration (MBEC) values of antibiotics were determined. When the MIC, MBIC and MBEC values of antibiotics were compared; the highest range of MIC values was determined for erythromycin (32-64 µg ml<sup>-1</sup>). MBIC and MBEC values were similar for all test antibiotics. As a result of this study, staphylococci isolates were found to be more resistant to antibiotics by producing biofilm and were affected by higher doses of antibiotics than their free-living forms.

**Keywords:** Antibiotic resistance, biofilm, staphylococci

<sup>1</sup> Sevim Feyza ERDOĞMUŞ (Orcid ID: 0000-0002-4319-7558), Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Şuhut SHMYO, Tıbbi Teknikler ve Hizmetler Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye

<sup>2</sup> Selahattin KONAK (Orcid ID: 0000-0003-2551-7017), Afyon Kocatepe Üniversitesi, Bayat M.Y.O. Laborant ve Veteriner Sağlık Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Sevim Feyza ERDOĞMUŞ, e-mail: sfeyza@aku.edu.tr

Geliş tarihi / Received: 04-09-2019

Kabul tarihi / Accepted: 14-12-2019

## GİRİŞ

Mastitis sağmal hayvanlarda değişik mikroorganizmalar tarafından oluşturulan, meme kanalları, alveoller ve interstisyel dokunun yangısı ile karakterize bir meme hastalığıdır. Mastitisler birçok patojen mikroorganizma tarafından oluşturulmakla beraber, mastitis vakalarından *Staphylococcus* sp., *Streptococcus* sp. ve Koliform grubu bakteriler sıklıkla izole edilmektedir (İkiz ve ark., 2013). Bakteriyel etkenler arasında *Staphylococcus aureus* ve diğer *Staphylococcus spp.*'ler en sık izole edilen mikroorganizmalardır (Akan ve ark., 2001; Aslantaş ve Demir, 2016). Klinik ve subklinik karakterde, akut ve kronik seyirli olabilen mastitisler süt sığıru yetiştiriciliğinde ekonomik kayıplara yol açtığı için tüm dünyada önemli bir sorun oluşturmaktadır (Zecconi and Scali, 2013; Pitkala et al., 2014). Türkiye'de son yıllarda yüksek verimli kültür ırklarının süt sığırcılığında kullanımının artması, beraberinde süt üretiminde artış görülmesine rağmen hayvanlarda görülen mastitis, özellikle subklinik mastitis nedeniyle önemli derecede ekonomik kayıplar oluşmaktadır (Sabuncuoğlu ve Çoban, 2006).

Micrococcaceae familyasından olan *Staphylococcus spp.*'ler gram pozitif, fakültatif anaerob, spor oluşturmeyen, hareketsiz, katalaz pozitif olan bakterilerdir (Akan ve Kınık, 2014). İnsanlar ve hayvanlar için fırsatçı patojen olan stafilokoklar çeşitli hastalıklara neden olmaktadır. *Staphylococcus aureus*'un insanlarda çeşitli enfeksiyonlara (follikülit, fronkülit, impetigo, tonsilit, stafilokok anjinleri, pnömoni, sepsis, endokardit, tromboflebit, otitis media, menenjit, perinefritik abse vb.) sebep olduğu bilinmektedir (Smeltzer 2000, Grinholc et al., 2007, Victoria et al., 2013). Hayvanlarda ise en yaygın görülen hastalık sığırlarda meme bezlerinde oluşan mastitistir (Lange et al., 2015; Bardiaua et al., 2016). Stafilokokların sebep oldukları enfeksiyonları tedavi etmek için antibiyotiklerden yararlanılmaktadır. Ancak hastalıkların tedavisinde uygun olmayan antibiyotiklerin bilinçsizce kullanımı, bakterilerin antibiyotiklere karşı direnç oluşturmalarına sebep olmaktadır. Günümüzde tedavide kullanılmakta olan birçok antibiyotik etkisiz kalmış ve bakteriler etki spektrumları içinde buldukları antibiyotiklerden etkilenmez hale gelmişlerdir (Çiftci ve Aksoy, 2015). Bugüne kadar yapılmış olan pek çok çalışmada, stafilokokların antibiyotiklere karşı direnç gösterdikleri bildirilmiştir (Kuyucuoğlu ve Uçar, 2002; Uçan ve Aslan, 2002; Saidi et al., 2015; Haaber et al., 2017).

Stafilokokların virülans faktörlerinden birisi olan biyofilm tabakası oluşturmaları, bu mikroorganizmaların hastalık oluşturabilme yeteneklerini artırmaktadır (Percival et al., 2015; Melchior et al., 2006; Miao et al., 2017; Erdoğan ve Konak, 2019). Bu durum stafilokokların öncelikli patojenler arasında yer almasına neden olmaktadır. Biyofilm, bir yüzeye tutunarak kendi ürettikleri polimerik yapıda jelsi bir tabaka içinde yaşayan mikroorganizmaların oluşturduğu topluluktur. Bu sayede mikroorganizmaların çevre şartlarından etkilenmemesini sağlayan korunaklı bir yapı oluşmuş olur. Bakterilerin kümeler halinde ve ekzopolisakkarit matriks içerisinde bulunmaları bağışıklık sistemi tarafından tanınmalarını engeller ve fagosite edilmeleri güçleşir. Yapılan çalışmalar; biyofilm oluşturabilen bakterilerin, antibiyotiklere karşı planktonik (serbest) formlarına göre 100-100000 kat daha dirençli olabileceklerini göstermiştir. Mikrobiyal direncin gelişmesinde, biyofilm içerisindeki oksijen yoğunluğu önemlidir. Oksijen, biyofilmin yüzey katmanlarında tüketilir ve dip kısımlarda oksijensiz ortam oluşur. Bu sebeple, bazı antibiyotiklerin etkinliği azalır ve antimikrobiyal direnç gelişebilmektedir. Ayrıca, bakteri metabolizması sonucunda biyofilm içerisinde oluşan asidik atık maddelerden dolayı pH değişir ve bu değişim bazı antibiyotikler üzerinde antagonistik etkilere sebep olmaktadır (Mah and O'Toole, 2001; Altun ve Şener, 2008). Biyofilm içindeki bakterilerin antibiyotiklere karşı dirençli hâle gelmesinde, antibiyotik direnç genlerinin bakteriler arasında aktarım kolaylığının olması önemli rol oynamaktadır (Savage et al., 2013). Bu bakteriler biyofilmden

ayrıldıklarında ise yine duyarlı hale gelebilirler (Yüksekdağ ve Baltacı, 2013; Szczuka and Kaznowski, 2014).

Bu çalışmanın amacı, daha önce yapmış olduğumuz bir çalışmadan izole edilmiş ve biyofilm oluşturdukları saptanmış olan stafilokok izolatları üzerine vankomisin, eritromisin, oksasilin antibiyotiklerinin etkisini ortaya çıkarmaktır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada kullanılan stafilokok izolatları daha önce yapılan bir çalışmada Dr. Öğr. Üyesi Selahattin KONAK tarafından mastitisli ineklerin sütlerinden izole edilerek klasik yöntemler kullanılarak tanımlanmıştır. Ayrıca biyofilm oluşturma yetenekleri AKÜ 17. KARİYER. 91 no'lu proje çalışmasında belirlenmiştir. Pozitif kontrol grubu olarak *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 suşu kullanılmıştır. İzolatlar, %2 (w/v) glikoz içeren TSA (Tryptone Soy Agar) besiyeri hazırlanarak bakterilerin ekimleri yapılarak üremeleri için 37 °C'de 24 saat inkübe edilmiştir. İzolatların antibiyotik duyarlılıkları CLSI standartlarına göre test edilmiştir (CLSI, 2016). Stafilokok izolatları 96 kuyucuklu mikrotitrasyon plağı kullanılarak vankomisin (Sigma-Aldrich V0045000), eritromisin (E5389 Sigma), oksasilin (28221 Sigma) antibiyotiklerinin minimum inhibitör konsantrasyon değerleri belirlenmiştir. Çalışılan antibiyotiklerin minimum inhibitör konsantrasyon değerleri, besiyeri olarak 25 mg L<sup>-1</sup> kalsiyum ve 12.5 mg L<sup>-1</sup> magnezyum ilaveli Mueller Hinton buyyon (MHB) kullanılarak standart mikrodilüsyon yöntemi ile belirlenmiştir. Minimum inhibitör konsantrasyon (MİK) değerlerinin belirlenmesinde; antibiyotiklerin 0.125-1 024 µg ml<sup>-1</sup> arasında ikişer kat artan konsantrasyonlarının 100 µl'lik miktarı 96 kuyucuklu mikrotitrasyon plaklarına dağıtılmıştır. İzolatların taze kültürleri 0.5 McFarland yoğunluğunda ve 1x10<sup>6</sup> kob ml<sup>-1</sup> mikroorganizma içerecek şekilde MHB içerisinde seyreltilmiştir. Her bir bakteri kültüründen 100 µl alınarak içerisinde artan konsantrasyonlarda (0.125-1 024 µg ml<sup>-1</sup>) antibiyotikler bulunan 96 kuyucuklu mikrotitrasyon plaklarına aktarılmıştır. Mikrotitrasyon plaklarının 37°C'de 18-20 saat inkübasyonu sonrasında bulanıklığın görülmediği en düşük antibiyotik konsantrasyonu MİK değeri olarak kabul edilmiştir. Stafilokok izolatlarının biyofilm oluşturmaları sağlandıktan sonra antibiyotiklerin etkisi de araştırılmıştır. Bunun için taze kanlı agarda 24 saat 37°C'de inkübasyondan sonra üretilen bakteriler TSB içerisinde 0.5 McFarland bulanıklığında ayarlanmıştır. Bunlar 1x10<sup>6</sup> kob ml<sup>-1</sup> mikroorganizma içerecek şekilde TSB içerisinde seyreltilmiştir. Buradan 200'er µl alınarak 96 kuyucuklu mikrotitrasyon plağına aktarılmıştır. 37°C'de 24 saat inkübasyondan sonra, süpernatant aspire edilmiştir ve mikrotitrasyon plağı iki defa distile su ile yıkanmıştır. Çalışılan antibiyotikler distile suda çözdürüldükten sonra ikişer kat artan 0.125-64 µg ml<sup>-1</sup> konsantrasyonlarda ve 640-1 280 µg ml<sup>-1</sup> değerlerinde yüksek konsantrasyonlarda olacak şekilde TSB içerisinde sulandırılarak 200 µl'si kuyucuklara eklenmiştir. Mikrotitrasyon plakları 37°C'de 20 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda biyofilm minimum inhibitör konsantrasyon (MBİK) değerleri belirlenmiştir. Üremenin gözle görülmediği en düşük konsantrasyon MBİK olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca inkübasyon sonunda mikrotitrasyon plağı iki kez distile su ile yıkanarak antibiyotikler uzaklaştırılmıştır. Tüm kuyucuklara 200'er µl taze TSB konularak 6 saat çalkalayıcıda inkübe edilmiştir. Daha sonra her kuyucuk içeriğinin 10 µl'si alınarak kanlı agara ekim yapılmıştır. 37°C'de 24 saat inkübasyondan sonra üreyen koloniler sayılarak minimal biyofilm eradikasyon konsantrasyon (MBEK) değerleri bulunmuştur. MBEK, biyofilmdeki bakterilerin %99.9'unu öldüren en düşük antibiyotik konsantrasyonu olarak tanımlanmıştır (Sümerkan ve Gökahmetoğlu, 1998). Negatif kontrol olarak ekim yapılmamış TSB içeren kuyucuk kullanılmıştır. Pozitif kontrol grubu olarak *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 suşu kullanılmıştır.



## BULGULAR VE TARTIŞMA

Micrococcaceae familyası üyesi olan stafilokoklar, toprakta, suda, havada ve bitkilerde yaygın olarak bulunan ayrıca bunların dışında insan ve hayvanların derileri üzerinde doğal florayı oluşturan mikroorganizmalardır. Patojen olan stafilokoklar hem insan hem de hayvan sağlığını önemli ölçüde tehdit etmektedir (Kloos and Bannerman, 2005). Mastitis etkeni olan stafilokoklar, çeşitli enfeksiyöz hastalıklara yol açmakla beraber insanlarda menenjit, septisemi, artrit, dermatit, endokardit ve eklem romatizmalarına neden olmaktadır. Mastitis, süt veriminde azalma, artan tedavi giderleri, yüksek oranda hayvanların kesime sevk edilmesi ve ölümlere sebebiyet vermeleri nedeniyle süt sığırı yetiştiriciliğinde önemli ekonomik kayıplara neden olan bir meme dokusu hastalığıdır. Yapılan çalışmalar; stafilokokların gıda üretiminin herhangi bir aşamasında gıdaları kolaylıkla kontamine edebildiğini göstermiştir. Genellikle gıda zehirlenmelerinin birincil sebebidirler (Bendahou et al., 2008; Gündoğan ve Ataol, 2002). Gıda işletmelerinde sanitasyon basamaklarında meydana gelen bazı eksik uygulamalar nedeniyle herhangi bir yüzeyde kolaylıkla biyofilm tabakası meydana gelebilir. Bu konuyla ilgili pek çok araştırmalar yapılmıştır, özellikle biyofilm oluşumunun engellenmesiyle ilgili yeni araştırmaların yapılması oldukça önem arz etmektedir (Akan ve Kınık, 2014).

**Çizelge 1.** Test antibiyotiklerinin Stafilokok izolatları üzerindeki MİK, MBİK ve MBEK değerleri ( $\mu\text{g ml}^{-1}$ ).

İzolat numaraları	Vankomisin			Eritromisin			Oksasilin		
	MİK	MBİK	MBEK	MİK	MBİK	MBEK	MİK	MBİK	MBEK
Kontrol	16	640	>1 280	64	640	>1 280	16	640	>1 280
S1	32	640	>1 280	64	640	>1 280	16	640	>1 280
S2	32	640	>1 280	64	640	>1 280	16	640	>1 280
S3	32	640	>1 280	64	640	>1 280	16	640	>1 280
S4	16	640	>1 280	32	640	>1 280	8	640	>1 280
S5	32	640	>1 280	64	640	>1 280	16	640	>1 280
S7	32	640	>1280	64	640	>1 280	16	640	>1 280
S8	32	640	>1 280	64	640	>1 280	16	640	>1 280
S11	16	640	>1 280	64	640	>1 280	16	640	>1 280
S12	32	640	>1 280	64	640	>1 280	16	640	>1 280
S14	16	640	>1280	64	640	>1 280	16	640	>1 280
S15	32	640	>1280	64	640	>1 280	8	640	>1 280
S16	32	640	>1 280	64	640	>1 280	16	640	>1 280
S20	32	640	>1 280	64	640	>1 280	16	640	>1 280
S21	32	640	>1 280	64	640	>1 280	16	320	>1 280
S22	16	640	>1 280	64	640	>1 280	16	640	>1 280
S23	16	640	>1 280	64	640	>1 280	16	640	>1 280
S24	16	640	>1 280	64	640	>1 280	16	640	>1 280
S25	32	640	>1 280	64	640	>1 280	16	640	>1 280
S26	32	640	>1 280	64	640	>1 280	16	640	>1 280
S28	16	640	>1 280	32	640	>1 280	16	640	>1 280
S29	32	640	>1 280	64	640	>1 280	16	640	>1 280
S30	16	640	>1 280	64	640	>1 280	16	640	>1 280
S32	32	640	>1280	64	640	>1 280	16	640	>1 280
S33	32	640	>1 280	64	640	>1 280	16	640	>1 280
S34	32	640	>1 280	64	640	>1 280	16	320	>1 280
S36	16	640	>1 280	64	640	>1 280	8	640	>1 280
S38	32	640	>1 280	64	640	>1 280	16	640	>1 280
S42	32	640	>1280	64	640	>1 280	16	640	>1 280
S43	32	640	>1 280	64	640	>1 280	16	640	>1 280
S44	16	640	>1 280	64	640	>1 280	16	640	>1 280
S46	16	640	>1 280	64	640	>1 280	16	640	>1 280
S47	32	640	>1 280	32	640	>1 280	16	640	>1 280
S48	32	640	>1 280	64	640	>1 280	8	640	>1 280
S49	32	640	>1 280	64	640	>1 280	16	640	>1 280
S50	16	640	>1 280	64	640	>1 280	16	640	>1 280
S51	32	640	>1 280	64	640	>1 280	16	640	>1 280
S52	32	640	>1 280	64	640	>1 280	16	640	>1 280
S53	32	640	>1 280	64	640	>1 280	16	640	>1 280
S54	16	640	>1 280	64	640	>1 280	16	640	>1 280

Bu çalışmada, stafilokok izolatları üzerine vankomisin, eritromisin, oksasilin antibiyotiklerinin etkisini belirleyebilmek için MİK, MBİK ve MBEK değerleri saptanmıştır. Stafilokok izolatları için farklı antibiyotiklerin MİK, MBİK ve MBEK değerleri karşılaştırıldığında; en yüksek MİK değeri

aralığının 32-64  $\mu\text{g ml}^{-1}$  değeri ile eritromisin için olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1). En düşük MİK değeri aralığı ise 8-16  $\mu\text{g ml}^{-1}$  değeri ile oksasilin için saptanmıştır. Stafilokok izolatlarında vankomisin için MBİK değeri, en düşük MİK değerinin 40 katı olarak ve MBEK değeri MİK değerinin 80 katı olarak belirlenmiştir. Eritromisin için MBİK değeri, en düşük MİK değerinin 20 katı ve MBEK değeri, en düşük MİK değerinin 40 katından fazla olduğu saptanmıştır. Oksasilin için MBİK değeri en düşük MİK değerinin 80 ve MBEK değeri MİK değerinin 160 katından fazla olduğu belirlenmiştir.

Yapılan çalışmalarda, biyofilm oluşumu ile antibiyotik direnci arasında en az 3 mekanizmanın rol oynadığı düşünülmektedir. Moleküler filtre mekanizmasının özellikle vankomisin ve teikoplanin gibi glikopeptidlerin geçişinin engellenmesinde en önemli mekanizma olduğu belirtilmiştir. Antibiyotiklerle maruz kalmış olan biyofilmlerin kenar kısımlarında bakteriler üzerinde bakterisidal etki belirlenirken, daha derin olan iç kısımlarda yaşayan bakterilerin hayatta kaldıkları saptanmıştır. Bu bakterilerin yeniden enfeksiyon gelişiminde bir nidus oluşturdukları belirtilmiştir. Biyofilmin iç tabakası strese karşı bakterileri korumaktadır (Post et al., 2014; Mathur et al., 2005). Biyofilm içerisinde yaşayan bakterilerin, planktonik bakterilerle karşılaştırıldıkları zaman farklı gen ekspresyon ifadelerinin olduğu saptanmıştır (Resch et al., 2005; Kaya, 2016). Bu durum, planktonik benzerlerinden fenotipik olarak farklı özelliklere sahip bakterilerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Biyofilmlerin birden fazla hücre türünden oluşabilmeleri biyofilm içerisinde yaşayan bakterilerin hayatta kalma şanslarını artmaktadır (Post et al., 2014). Biyofilm oluşumu için gerekli pH, CO<sub>2</sub>, divalent katyonik konsantrasyonun hidrasyon seviyesi, primidin konsantrasyonu gibi mikroçevre değişkenleri biyofilm oluşumu üzerine çok etkilidir. Biyofilm oluşumunu kolaylaştıran bu mikroçevre değişkenleri özellikle aminoglikozit, tetrasiklin ve makrolidlerin antibakteriyal etkisini negatif yönde etkileyerek antibiyotik direncini oluşturmaktadır (Jefferson, 2014). Biyofilm oluşumunun erken aşamalarında; henüz hücre birikimi ve polisakkarit madde üretimi gerçekleşmeden planktonik ve bağlı hücrelerin fizyolojileri arasındaki farklar çalışmalarda gösterilmiştir (Mah and Toole, 2001; Stewart, 2002). Tutunmuş bakterilerin planktonik bakterilere göre, metabolizmasındaki azalma, membran potansiyellerinde belirgin bir düşüşle gösterilmiştir. Özellikle beta-laktam ve glikopeptid direncinde tutunmuş bakterilerin üremelerindeki azalma ve filtre mekanizması etkili olmaktadır. Bakterilerin büyüme oranlarındaki değişiklikler antibiyotik cevaplarını da değiştirmektedir. Biyofilm oluşturabilen bakterilerin büyüme hızlarının planktonik bakterilerden belirgin bir şekilde düşük olduğu tespit edilmiştir. *S.aureus*'ların biyofilm oluşturma süresi ile antibiyotik direncinde artış olduğu gösterilmiştir. Beslenmesi zayıflatılarak büyüme oranları düşürülen *S.aureus*'lara hiçbir antibiyotiğin yeteri kadar etkili olamadığı yapılan çalışmalarda gösterilmiştir. Bu bulgular biyofilmin bakteri beslenme ve büyümesini etkileyerek antibiyotiklere karşı direnç gelişimini sağladığını göstermektedir (Post et al., 2014).

Bazı çalışmalarda biyofilmin kendisinin glikopeptid aktivitesini azalttığı öne sürülmektedir (Rachid et al., 2000; Cunha, 2005). Wilcox ve ark. (2001) intravasküler kateterlerin içerisine vankomisin ve linezolid infüzyonu yaparak, oluşmuş biyofilm içerisindeki antibiyotik konsantrasyonunu değerlendirmişlerdir. Vankomisin biyofilm içerisindeki konsantrasyonunun linezolid oranla daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir (Wilcox et al., 2001). Bunun nedeninin glikokaliks yapısının glikopeptidleri bağlaması olarak açıklamışlardır. El-Azizi ve ark. (2005) sağlam ve dağılmış biyofilm oluşumundaki üç klinik stafilokok izolatının linezolid, vankomisin, dalfopristine/quinupristine duyarlılıklarını MİK değerleriyle karşılaştırmışlardır. Biyofilm bakterilerinin planktoniklere ve dağılmış biyofilm oluşumundakilere oranla antibiyotiklere karşı çok daha dirençli olduğunu bildirmişlerdir. Dalfopristin/quinupristinin biyofilm oluşumundaki bakterileri öldürme etkisi doza bağımlı görülmemiştir. Buna karşın vankomisin doza bağımlı olarak yüksek konsantrasyonlarda (500-1000  $\mu\text{g/ml}$ ), biyofilm oluşumundaki bakterilere, daha etkili olduğunu bildirmişlerdir. Bizim çalışma

sonuçlarımız bu çalışma ile benzerlik göstermektedir. Diğer bir çalışmada Nishimura ve ark. (2006), artroplasti vakalarından izole edilen altı stafilokok suşunda yapılan vankomisin denenmiş ve biyofilmdeki bakteriler ile planktoniklerin MBK değerleri karşılaştırıldığında belirgin fark bulmuşlardır. Planktoniklerin MBK değerleri  $0.5-1 \mu\text{g ml}^{-1}$  iken, biyofilmdeki bakterilerin MBK değerleri bir izolatta  $512 \mu\text{g ml}^{-1}$ , diğerlerinde ise  $1024 \mu\text{g ml}^{-1}$ 'nin üzerinde bildirilmiştir (Nishimura et al., 2006).

Pitkala ve ark. (2004), Finlandiya'da izole edilen bazı mastitis patojenlerinin çeşitli antimikrobiyal maddelere in vitro duyarlıklarının tespitine yönelik yaptıkları diğer bir araştırmada, *S. aureus* suşuna yönelik  $\text{MİK}_{50}$  ve  $\text{MİK}_{90}$  değerlerinin; sefalotin için  $0.25-0.5 \mu\text{g ml}^{-1}$ , eritromisin için  $0.5-0.5 \mu\text{g ml}^{-1}$  ve oksasilin için  $1.0-2.0 \mu\text{g ml}^{-1}$ , oksitetrasiklin için  $1.0-1.0 \mu\text{g ml}^{-1}$  olarak bulunduğu ve incelenen suşların %52.1'inin penisiline, %5.12'inin oksitetrasikline %1.5'inin eritromisine ve %4.1'inin de oksasiline dirençli olduğu bildirilmiştir. Başka bir çalışmada Tetik vd. (2010), metisiline dirençli, biyofilm oluşturabilen stafilokoklar üzerinde çeşitli antibiyotiklerin etkisini araştırmışlardır. Test bakterilerinin tamamı vankomisine, teikoplanine ve linezolide duyarlı bulunmuştur. Siprofloksasin, ofloksasin, eritromisin, sefazolin, gentamisin, klindamisin, tetrasiklin ve rifampisin direnci biyofilm oluşturan stafilokok izolatlarında, biyofilm oluşturmaya göre daha yüksek oranda saptanmıştır.

## SONUÇ

Patojen mikroorganizmaların oluşturdukları biyofilm tabakası onları antibiyotiklere karşı daha dirençli hale getirmektedir. Bu durum mikrobiyal hastalıkların tedavisini zorlaştırmaktadır. Biyofilm oluşturan patojen mikroorganizmaların tespit edilmesi ve antibiyotik dirençliliklerinin belirlenmesi hastalıkların tedavisi bakımından oldukça önem arz etmektedir. Bu nedenle bu çalışmada; daha önce yapmış olduğumuz bir çalışmadan izole edilmiş ve biyofilm oluşturdıkları saptanmış olan stafilokok izolatları üzerine vankomisin, eritromisin, oksasilin antibiyotiklerinin etkisi ortaya çıkarılmıştır. Sonuç çalışmada kullanılan stafilokok izolatlarının serbest yaşayan formlarına göre biyofilm oluşturan formlarının antibiyotiklerin daha yüksek konsantrasyonlarından (20-160 kat daha yüksek) etkilenebildikleri saptanmıştır. Bu durum, stafilokokların biyofilm oluşturarak test edilen antibiyotiklere karşı direnç kazandıklarının bir göstergesidir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, AKÜ BAP 17. KARİYER. 91 no'lu proje tarafından desteklemiştir.

## KAYNAKLAR

- Akan E, Kımık Ö, 2014. Biyofilm Oluşum Mekanizması ve Biyofilmlerin Gıda Güvenliğine Etkisi. Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi, 14: 42-51.
- Altun HU, Şener B, 2008. Biyofilm İnfeksiyonları ve Antibiyotik Direnci. Hacettepe Tıp Dergisi, 39: 82-88.
- Aslantaş Ö, Demir C, 2016. Investigation of the Antibiotic Resistance and Biofilm-Forming Ability of *Staphylococcus aureus* from Subclinical Bovine Mastitis Cases. Journal of Dairy Science, 99 (11): 8607-8613.
- Bardiaua M, Caplinb J, Detilleuix J, Graberd H, Moronie P, Taminiug B, Mainila JG, 2016. Existence of Two Groups of *Staphylococcus aureus* Strains Isolated from Bovine Mastitis Based on Biofilm Formation, Intracellular Survival, Capsular Profile and Agr-typing, Veterinary Microbiology, 185: 1-6.
- Belbase A, Pant ND, Nepal K, Neupane B, Baidhya R, Baidya R, Lekhak B, 2017. Antibiotic Resistance and Biofilm Production Among the Strains of *Staphylococcus aureus* Isolated from Pus/Wound Swab Samples in a Tertiary Care Hospital in Nepal, Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials, Doi: 10.1186/s12941-017-0194-0.
- Bendahou A, Lebbadi M, Ennane L, Essadqui FZ, Abid M, 2008. Characterization of *Staphylococcus* Species Isolated from Raw Milk and Milk Products in North Morocco, Journal of Infection in Developing Countries, 2(3): 225-218.

- CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute), 2016. Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing; 26 th Edition, CLSI Supplement M100S, Wayne, PA.
- Cucarella C, Tormo MA, Beda CU, Trotonda MP, Monzon M, Peris C, Amorena B, Lasa I, Penades JR, 2004. Role of Biofilm-Associated Protein Bap in the Pathogenesis of Bovine *Staphylococcus aureus*, *Infection and Immunity*, 72: 2177-2185.
- Cunha BA, 2005. Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus*: Clinical Manifestations and Antimicrobial Therapy, *Clinical Microbiology and Infectious Diseases*, 1: 33-42.
- Çiftci A, Aksoy A, 2015. Antibiyotiklere Karşı Oluşan Direnç Mekanizmaları. *Türkiye Klinikleri Journal of Veterinary Sciences*, 1(2): 1-10.
- El-Azizi M, Rao S, Kanchanapoom T, Khardori N, 2005. In Vitro Activity of Vancomycin, Quinupristin/Dalfopristin and Linezolid Against Intact and Disrupted Biofilms of Staphylococci. *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials*, Doi:10.1186/1476-0711-4-2.
- Erdoğan SF, Konak S, 2019. Determination of the Biofilm Production Capabilities of *Staphylococcus* spp. and the Effects of Some Antibiotics on These Isolates. *Fresenius Environmental Bulletin*, 7: 5253-5259.
- Grinholc M, Wegrzyn G, Kurlenda J, 2007. Evaluation of biofilm production and prevalence of the *icaD* gene in methicillin-resistant and methicillin susceptible *Staphylococcus aureus* strains isolated from patients with nosocomial infections and carriers. *FEMS Immunology and Medical Microbiology*, 50: 375-379.
- Gündoğan N, Ataoğ Ö, 2012. Et Örneklerinden İzole Edilen *Staphylococcus aureus* ve Koagülaz Negatif Stafilocok'ların Biyofilm Üretimi ve DNaz Aktivitelerinin Belirlenmesi, *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 69(3): 135-142.
- Haaber J, Penades JR, Ingmer H, 2017. Transfer of Antibiotic Resistance in *Staphylococcus aureus*. *Trends in Microbiology*, 25(11): 893-905.
- İkiz S, Başaran B, Bingöl EB, Çetin Ö, Kaşıkçı G, Özgür NY, Uçmak M, Yılmaz Ö, Gündüz MC, Sabuncu A, 2013. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 37 (5):569-574.
- Jefferson KK, 2004. What Drives Bacteria to Produce a Biofilm? *FEMS Microbiology Letters*, 236: 163-173.
- Kloos WE, Bannerman TL, 2005. Update on Clinical Significance of Coagulase Negative *Staphylococcus*. *Clinical Microbiology Reviews*, 7: 117-140.
- Kaya F, 2016. Süt İşletmelerinden İzole Edilen *Staphylococcus aureus* Suşlarında *icaA* ve *icaD* Genleri ve Biyofilm Üretiminin Tespiti. Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Kuyucuoğlu Y, Uçar M, 2002. Afyon Bölgesi Süt İneklerinde Subklinik ve Klinik Mastitislerin Görülme Oranları ve Etkili Antibiyotiklerin Tespiti. *Veteriner Hekimler Mikrobiyoloji Dergisi*, 1: 19-24.
- Lange CC, Brito MAVP, Reis DRL, Machado MA, Guimaraes AS, Azevedo ALS, Salles EB, Alvim MCT, Silva FS, Meurer IR, 2015. Species Level Identification of Staphylococci Isolated From Bovine Mastitis in Brazil Using Partial 16S rRNA Sequencing, *Veterinary Microbiology*, 176: 382-388.
- Mah TFC, O'Toole GA, 2001. Mechanisms of Biofilm Resistance to Antimicrobial Agents. *Trends in Microbiology*, 9:34-39.
- Mathur T, Singhal S, Khan S, Upadhyay D, Fatma T, Rattan A, 2005. Adverse Effect of Staphylococci Slime on in Vitro Activity of Glycopeptides, *Japanese Journal of Infection Disease*, 58: 353-357.
- Melchior MB, Fink-Gremmels J, Gaastra W, 2006. Comparative Assessment of the Antimicrobial Susceptibility of *Staphylococcus aureus* Isolates from Bovine Mastitis in Biofilm Versus Planktonic Culture. *Journal of Veterinary Medicine B*, 53: 326-332.
- Miao J, Liang Y, Chen L, Wang W, Wang J, Li B, Li L, Chen D, Xu Z, 2017. Formation and Development of *Staphylococcus* Biofilm: with Focus on Food Safety. *Journal of Food Safety*, Doi: 10.1111/jfs.12358.
- Nishimura S, Tsurumoto T, Yonekura A, Adachi K, Shindo H, 2006. Antimicrobial Susceptibility of *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus epidermidis* Biofilms Isolated From Infected Total Hip Arthroplasty Cases, *Journal of Orthopaedic Science*, 11: 46-50.
- Osman KM, Amer AM, Badr JM, Helmy NM, Elhelw RA, Orabi A, Bakry M, Saad ASA, 2016. Antimicrobial Resistance, Biofilm Formation and *mecA* Characterization of Methicillin Susceptible *S. aureus* and non-*S. aureus* of Beef Meat Origin in Egypt. *Frontiers in Microbiology*, Doi:10.3389/fmicb.2016.00222.
- Percival SL, Suleman L, Vuotto C, Donelli G, 2015. Healthcare-Associated Infections, Medical Devices and Biofilms: Risk, Tolerance and Control. *Journal of Medical Microbiology*, 64: 323-334.

- Pitkala A, Haveri M, Pyorala S, Myllys V, Honkanen-Buzalski T, 2004. Bovine Mastitis in Finland 2001-Prevalence, Distribution of Bacteria, and Antimicrobial Resistance. *Journal of Dairy Science*, 87: 2433-2441.
- Post JC, Stoodley P, Hall-Stoodley L, Ehrlich GD, 2004. The Role of Biofilms in Otolaryngologic Infections, *Current Opinion of Otolaryngology Head and Neck Surgery*, 12: 185-190.
- Rachid S, Ohlsen K, Witte W, Hacker J, Ziebuhr W, 2000. Effect of Subinhibitory Antibiotic Concentrations on Polysaccharide Intercellular Adhesion Expression in Biofilm Forming *Staphylococcus epidermidis*, *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 44: 3357-3363.
- Resch A, Rosenstein R, Nerz C, Gotz F, 2005. Differential Gene Expression Profiling of *Staphylococcus aureus* Cultivated Under Biofilm and Planktonic Conditions. *Applied and Environmental Microbiology*, 71: 2663-2676.
- Sabuncuoğlu N, Çoban Ö, 2006. Mastitis Ekonomisi. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 1(1-2):1-5.
- Saidi R, Cantekin Z, Khelef D, Ergün Y, Solmaz H, Kaidi R, 2015. Antibiotic Susceptibility and Molecular Identification of Antibiotic Resistance Genes of Staphylococci Isolated from Bovine Mastitis in Algeria. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 21 (4): 513-520.
- Savage VJ, Chopra I, O'Neill AJ, 2013. *Staphylococcus aureus* Biofilms Promote Horizontal Transfer of Antibiotic Resistance, *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 57: 1968-1970.
- Smeltzer MS, Gillaspay AF, 2000. Molecular pathogenesis of staphylococcal osteomyelitis. *Poultry Science*, 79: 1042-9.
- Stewart PS, 2002. Mechanisms of antibiotic resistance in bacterial biofilms. *International Journal of Medical Microbiology*, 292:107-113.
- Sümerkan B, Gökahmetoğlu S, 1998. MIC, MBC Testleri, Rutindeki Önemi ve Uygulamaları. *Flora*, 3(2): 91-95.
- Szczuka E, Kaznowski A, 2014. Antimicrobial Activity of Tigecycline Alone or In Combination With Rifampin Against *Staphylococcus epidermidis* in Biofilm, *Folia Microbiologica (Praha)*, 59: 283-288.
- Şahin R, 2007. *Staphylococcus aureus* Suşlarında Biyofilm Üretimi, Biyofilm Pozitif ve Negatif Suşların Genotipik ve Fenotipik Karakterlerinin Karşılaştırılması. Uzmanlık Tezi, Pamukkale Üniversitesi Tıp Fakültesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Pamukkale.
- Tetik T, Eryılmaz M, Akın A, 2010. Çeşitli Klinik Örneklerden İzole Edilen Stafilocok Suşlarında Slime Oluşumu ve Antibiyotik Direnci Arasındaki İlişkinin Araştırılması. *Ankara Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 39 (3): 187-194.
- Uçan SU, Aslan E, 2002. Penicillin Resistance and Antimicrobial Susceptibilities of Coagulase Positive Staphylococci Isolated from Bovine Mastitic Milk Samples. *Veteriner Bilimleri Dergisi*, 18 (3): 19-22.
- Victoria J, Savage IC, O'Neill AJ, 2013. *Staphylococcus aureus* biofilms promote horizontal transfer of antibiotic resistance. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 57(4): 1968-1970.
- Wilcox MH, Kite P, Mills K, Sugden, S, 2001. In Situ Measurement of Linezolid and Vancomycin Concentrations in Intravascular Catheter-Associated Biofilm, *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 47: 171-175.
- Yüksekdağ ZN, Baltacı N, 2013. *Staphylococcus aureus* Türlerinde Biyofilm ve Biyofilm Oluşumundan Sorumlu Genler, *Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti Dergisi*, 43(3): 77-83.
- Zecconi A, Scali F, 2013. *Staphylococcus aureus* Virulence Factors in Evasion from Innate Immune Defenses in Human and Animal Diseases. *Immunology Letters*, 150: 12-22.



## Bazı *Muscari* Mill. (Asparagaceae) Türleri Üzerine Karşılaştırmalı Morfolojik, Anatomik ve Palinolojik Çalışmalar

Ahmet İLÇİM<sup>1</sup>, Halil KARATAŞ<sup>2</sup>, Faruk KARAHAN<sup>1\*</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada, Hatay’da doğal yayılış gösteren *Muscari inconstriatum* Rech. fil., *M. comosum* L., *M. babachii* Eken & Koyuncu ve *M. neglectum* Guss. türlerinin morfolojik, anatomik ve palinolojik özellikleri incelenmiştir. Morfolojik çalışmalarda soğan, yaprak, çiçek, meyve ve tohum gibi yapıların özellikleri incelenmiştir. Tohum özellikleri incelendiğinde tohum büyüklüklerinin farklı, tohum şekillerinin *M. inconstriatum*’da ovat-eliptik diğer türlerde sferoidal olarak ve yüzey şekilleri entire, rugose ve ribbed olarak belirlenmiştir. Palinolojik analiz sonuçları polenlerin apartürleri sulcat, polen tipi subprolate ve oblate (basık) şekilde ve retikulat-subretikulat ornamentasyona sahip olduğunu göstermektedir. Anatomik çalışmalarda, türlerin kök, gövde ve yapraklarından parafin yöntemiyle enine kesitler alınmıştır. Hazırlanan preparatlar ışık mikroskobu altında fotoğraflanarak anatomik özellikleri belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Muscari inconstriatum*, *Muscari comosum*, *Muscari babachii*, *Muscari neglectum*, SEM, Turkey

### Comparative morphological, anatomical and palynological studies on some *Muscari* Mill. species (Asparagaceae)

**ABSTRACT:** In this study, morphological, anatomical, palynological characteristics of naturally distributed *Muscari inconstriatum* Rech. fil., *M. comosum* L., *M. babachii* Eken & Koyuncu and *M. neglectum* Guss. species in Hatay Province (Turkey) have been studied. Morphological studies include to examination on characters such as bulb, leaves, flowers, fruits and seeds. The seed characters were found ovate-elliptic in *M. inconstriatum* and spheroidal in the others, with entire, rugose and ribbed ornamentation. Palynological analysis showed that pollen apertures were generally sulcate, subprolate and oblate in shape, and reticulate-subreticulate ornamentation. In anatomical studies, cross-sections were taken from the roots, stems and leaves of the species by paraffin method. Prepared preparations were photographed under light microscope and their anatomical features were determined.

**Keywords:** *Muscari inconstriatum*, *Muscari comosum*, *Muscari babachii*, *Muscari neglectum*, SEM, Turkey

<sup>1</sup> Ahmet İLÇİM (Orcid ID: 0000-0001-8169-2472), Faruk KARAHAN (Orcid ID: 0000-0001-7927-1409), Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Hatay, Türkiye

<sup>2</sup> Halil KARATAŞ (Orcid ID: 0000-0003-2294-2253), Emniyet Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Faruk KARAHAN, e-mail: farukkarahan34@gmail.com

\* Bu çalışma Halil KARATAŞ’ın Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

Makale 10-12 Mayıs 2018 tarihinde Konya’da düzenlenen “1st International Congress on Plant Biology Sempozyumu’nda” poster olarak sunulmuştur.

## GİRİŞ

Asparagaceae familyası dünya genelinde ılıman, alt tropik ve tropik bölgelerde doğal yayılış gösteren 128 cins ve 2929 tür içermektedir (The Plant List, 2019). Ülkemizde ise bu familya 19 cinsine ait 182 türle temsil edilmektedir (Davis ve ark., 1988; Güner ve ark., 2012).

*Muscari* Miller (1754: 926) cinsi Kafkasya, ılıman Avrupa, Kuzey Afrika ve Güney Batı Asya'ya kadar tüm Akdeniz havzasında doğal yayılış gösteren 72 türle temsil edilmektedir (Jafari ve ark., 2008; WCSP 2018). Türkiye'de *Muscari* cinsinin son revizyonu Davis ve Stuart (1984) tarafından yapılmış ve 20 tür tespit edilmiştir. Bu revizyondan sonra yapılan taksonomik çalışmalarla 22 yeni tür tanımlanarak 30'u endemik olmak üzere toplam 42 *Muscari* türünün ülkemizde yayılış gösterdiği ve endemizm oranının % 71.4 olduğu belirlenmiştir (Karlen, 1987; Tan, 1988; Cowley ve ark., 1994; Güner ve Duman, 1999; Güner ve ark., 2000; Yıldırım ve Selvi, 2002; Uysal ve ark., 2007; Eker ve Koyuncu, 2008; Doğu ve Bağcı, 2009; Yıldırım, 2010; Demirci ve ark., 2013; Pirhan ve ark., 2014; Yıldırım, 2015; 2016; Eker, 2019).

*Muscari* türleri genel olarak çok yıllık, otsu formda ve ilkbaharda çiçeklenen soğanlı bitkilerdir (Davis ve Stuart, 1984). Bu cinsine ait birçok bitki türü geleneksel halk tıbbında, gıda amaçlı ve süs bitkisi olarak kullanılmaktadır (Facciola, 1990; Tanker ve ark., 1998). Ayrıca bu türlerin çoğu endemik olduğu için ilerleyen yıllarda nesilleri tükenme tehlikesi ile karşı karşıya kalabilir (Ekim ve ark., 1992). *M. neglectum* ve *M. armeniacum* ise Avrupa'da geniş çapta bahçe bitkisi olarak kültürü yapılan türlerdir.

Son yıllarda Türkiye'de *Muscari* türleri üzerinde yapılan çalışmalar incelendiğinde, genel olarak morfolojik ve anatomik ağırlıklı olduğu görülmektedir (Malyer, 1985; Dalgıç, 1990; Uysal, 1992; Uysal, 2002; Yıldırım ve Selvi, 2002; Varol ve Tatlı, 2003; Varol ve ark., 2004; Yılmaz, 2004).

Bu çalışma ile Hatay'da yayılış gösteren ve daha önce kapsamlı bir şekilde çalışılmayan dar yayılışlı *Muscari inconstriatum* Rech. fil. (ince müşkürüm), *M. comosum* L. (morbaş sümbülü), Hatay'a özgü *M. babachii* Eken & Koyuncu (tekin sümbülü) ve *M. neglectum* Guss. (arap üzümü) türlerinin anatomik, morfolojik ve palinolojik ölçümleri karşılaştırmalı olarak yapılarak literatüre katkı sağlanması amaçlanmıştır. Böylece hem Doğu Akdeniz bölgesinde hem de Türkiye'de *Muscari* cinsi üzerine ileride yapılacak kapsamlı çalışmalara katkı sağlanacağı düşünülmektedir. Ayrıca, genellikle çok az sayıda bitki örneği ile çalışmaları yapılan, sonrasında birçok yeni yayılış alanı belirlenen *Muscari* cinsine ait bazı bilgiler güncellenmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Arazi Çalışmaları

Çalışmanın esas materyallerini *Muscari* cinsine ait türler oluşturmaktadır. Bitki örnekleri 2015 yılı Şubat-Temmuz ayları arasında C6 karesinde bulunan Hatay'ın farklı lokalitelerinden toplanmıştır (Çizelge 1).

**Çizelge 1.** İncelenen *Muscari* türlerinin toplandığı lokaliteler

No	Tür	Lokalite	Herbarium Kodu
1	<i>Muscari inconstriatum</i> Rech. fil.	Hatay, Kırıkhan, Alaybeyli ve Gölbaşı Köyleri	HMKU 2501
2	<i>Muscari comosum</i> L.	Hatay, Kırıkhan, Topboğazı Köyü	HMKU 2503
3	<i>Muscari babachii</i> Eken & Koyuncu	Hatay, Antakya, Kisecik Köyü	HMKU 2506
4	<i>Muscari neglectum</i> Guss.	Hatay, Hassa, Mıgır Tepe	HMKU 2508

Çalışmanın gerçekleştirildiği Hatay ve çevresi sahip olduğu iklimsel ve coğrafi özellikleri ile (dağ, ova, ırmak, deniz ekseninde oluşan rüzgarlar, iklim koşulları ve doğal sirkülasyon) yaklaşık 2000 bitki türünün yayılış gösterdiği bir bölgedir. Bu zenginliğinden dolayı Hatay ve yakın çevresinin doğal bitki

örtüsü üzerinde birçok floristik ve ekolojik çalışma gerçekleştirilmiştir (Karahan ve ark., 2012a; 2012b; Altay ve ark., 2016; Altay ve Karahan, 2017; İlhan ve ark., 2017; Öztürk ve ark., 2017; Savcı ve ark., 2018).

Türlerin tayininde başta "Flora of Turkey and the East Aegean Islands" (Davis ve Stuart, 1984) olmak üzere ilgili literatürden faydalanılmış olup her türde verilen özellikler, toplanan herbaryum örnekleri üzerinde yapılan morfolojik ölçümler sonucunda belirlenmiştir. Elde edilen değerler Flora of Turkey adlı eserdeki sınırlar içerisinde kaldığından, türlerin betimlerinde değişiklikler yapılmamıştır. Toplanan bitki örnekleri preslenerek kurutulduktan sonra Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Herbaryumunda (MKUH) saklanmaktadır.

### Palinolojik Çalışmalar

Türlere ait taze örneklerin anterlerinden alınan polenlerden Wodehouse (1935) yöntemine göre preparatlar hazırlanarak polar çapı, ekvatorial çapı, ekzin-intin kalınlıkları, kolpus uzunluğu ve kolpus açıklığı Olympus CX21FS1 model ışık mikroskopu yardımıyla her tür için 20 polen ölçülerek değerlendirilmiştir. Aritmetik ortalamalar ve standart sapmalar ayrıca hesaplanmıştır. Bunun yanı sıra polenlere ait polen şekli, apertür ve ornamentasyon gibi özelliklerin daha detaylı incelenmesi için örnekler Mersin Üniversitesi İleri Teknoloji Eğitim Araştırma ve Uygulama Merkezi'ndeki Quorum Q150R ES markalı cihazla altın-paladyum ile kaplandıktan sonra Zeiss Supra/55 marka taramalı elektron mikroskopunda (SEM) fotoğraflanmıştır.

### Tohum Morfolojisi Çalışmaları

Tohum mikromorfolojisi incelemeleri *Muscari* türlerinin olgun meyveli döneminden toplanan örnekler üzerinde her bir tür için 20 adet tohumun eni ve boyu ölçülmüş ayrıca SEM altında yapılan detaylı gözlemlerle şekil ve yüzey yapısı hakkında bilgiler verilmiştir.

### Anatomik Çalışmalar

Arazide toplanan bitki örnekleri anatomik incelemeler için öncelikle % 70'lik alkolde fikse edilmiştir. Kök, gövde ve yaprak enine kesitleri için parafin metodu ile Rotary mikrotom cihazıyla enine kesitler alınıp toluidin blue ile boyanmıştır (Vardar, 1987). Boyanan kesitler daha sonra kameralı mikroskop ile fotoğraflanmış ve anatomik incelemeler yapılmıştır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Morfolojik Özellikler

Araştırılan türler morfolojik yönden incelendiğinde dört türünde çok yıllık geofit bitki olduğu görülür. Bulb yapıları *M. inconstricum*'da ovoid şekilli 1-2 cm çapında, tunikler soluk grimsi renkte; *M. comosum*'da ovoid şekilli, 1.5-3.5 cm çapında, tunikler pembe; *M. babachii*'de ovoid şekilli, 2-4 cm çapında, tunikler kâğıdımsı, kahverengi renkte ve *M. neglectum*'da ovoid şekilli, 1-1.25 cm çapında, tunikler koyu kahverenkli renktedir. Bazen bulbiller de bulunur.

*M. inconstricum*'un yaprakları 3-4 adet linear (şeritsi) yapıdadır. *M. comosum*'un yaprakları 3-5 adet bazen 7 tane linear (şeritsi) yapıda uca doğru inceler. 7-40 (60) cm uzunluğunda 5-17 (30) mm genişliğindedir. *M. babachii*'nin yaprakları 3-5 adet linear (şeritsi) yapıdadır. 18-50 cm uzunluğunda 3-13 mm genişliğindedir. *M. neglectum*'un yaprakları ise 3-6 adet linear-lanseolat (şeritsi-mızrağımsı) yapıda olup 6-40 cm uzunluğunda ve 2-8 mm genişliğindedir.

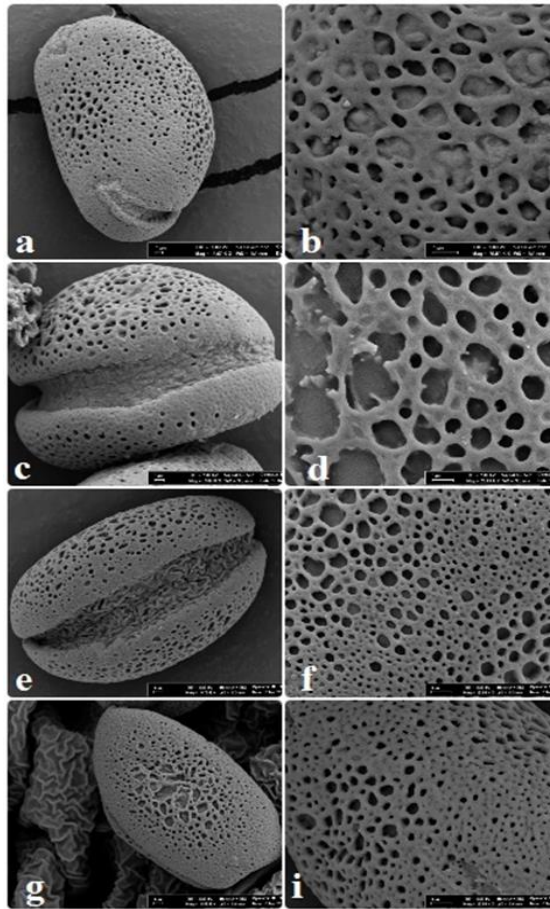
Skap yapıları *M. inconstricum*'da 1-2 adet, 1.5-4 cm; *M. comosum*'da 1 adet, 15-50(-80) cm; *M. babachii*'de 1 adet, 35-70 cm ve *M. neglectum*'da 1 adet, 4-30 cm uzunluğundadır. Çiçek durumları bakımından değerlendirilecek olursa *M. inconstricum*'da rasem, 1,5-4 cm uzunluğunda 15-25(-30) tane çiçek bulunur. Sadece en üsttekiler küçük ve sterildir. Çiçek rengi koyu mavi mor, steril çiçek rengi ise

açık mor renktedir. Çiçek açma zamanı Şubat-Mart aylarıdır. *M. comosum*'un çiçek durumu rasem, 40-80 cm uzunluğunda 15-100 tane çiçek bulunur. Sadece en üsttekiler sterildir. Steril çiçeklerin pediselleri yukarı doğru kıvrılmıştır. Çiçek rengi koyu mavi, steril çiçek rengi ise parlak menekşe renktedir. Çiçek açma zamanı Mart-Mayıs aylarıdır. *M. babachii*'nin çiçek durumu gevşek rasem, 8-30 cm uzunluğunda 40-100 tane çiçek bulunur. Sadece en üsttekiler sterildir. Çiçek rengi kirli beyaz ve açık kahverengidir, steril çiçek rengi ise açık mor-mavi renktedir. Çiçek açma zamanı Mayıs-Temmuz aylarıdır. *M. neglectum*'un çiçek durumu ise yoğun rasem, 1-4 cm uzunluğunda ve 1,5-2 cm genişliğindedir. 10-35 tane çiçek bulunur. Sadece en üsttekiler küçük ve sterildir. Çiçek rengi koyu mavi, mor, steril çiçek rengi ise açık mor ve bazen beyaz renktedir. Çiçek açma zamanı Mart-Mayıs aylarıdır.

### Polen Özellikleri

Yapılan palinolojik çalışmalar sonucunda incelenen polenlerin simetrisi radyal, apertürleri sulkat, ornamentasyonları retikulat-subretikulat olarak belirlenmiştir. Büyüklük bakımından polenlerin 19-50 µm arasında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 1).

Pehlivan ve Özler (2003) tarafından yapılan polen morfolojisi çalışmasında *M. inconstictum* P/E:1.40, *M. comosum* P/E:1.67, *M. neglectum* P/E:1.54 olarak ölçüm yapılmış ve polen şekli olarak subprolate tip olduğu tespit edilmiştir. Aynı şekilde Jafari ve ark., (2008) İran'daki *Muscari* türlerinin polen özellikleri *M. inconstictum* P/E:1.53, *M. comosum* P/E:1.54, *M. neglectum* P/E:1.33 olarak ölçüm yapılmış ve polen şekli olarak subprolate tip olduğu tespit edilmiştir. Ferrauto ve Pavone, (2016) tarafından *M. comosum* türünün P/E:0.56 olarak ölçümü yapılmış ve polen şekilleri oblate bulunmuştur.



Şekil 1. Araştırma alanında tespit edilen türlerin polen morfolojileri, a-b: *Muscari babachii*; c-d: *M. comosum*; e-f: *M. inconstictum*; g-i: *M. neglectum* (SEM).



Bizim sonuçlarımıza göre dört *Muscari* türünün polen ölçümleri *M. inconstictum* P/E:0.72, *M. comosum* P/E:0.7, *M. babachii* P/E:0.615 ve *M. neglectum* P/E:0.614 olarak ölçülmüş ve polen şekilleri oblate yani basık tipte olarak tespit edilmiştir. Dört türün polen boyutları  $P \times E = 19.55-32.4 \times 29.5-46.55$   $\mu\text{m}$  şeklindedir. P/E oranına bakıldığında en az orana sahip tür *M. neglectum* (P/E:0.614) iken en yüksek orana sahip tür *M. inconstictum* (P/E:0.72)'dir. Polen ölçümlerine ilişkin sonuçlar toplu olarak Çizelge 2'de sunulmuştur. Polenlerin ekzin kalınlıkları 0.9-1.24  $\mu\text{m}$  arasında değişmektedir. En küçük ekzin kalınlığı *M. inconstictum*'da görülürken (0.9  $\mu\text{m}$ ), en büyük ekzin kalınlığı *M. comosum*'da görülmüştür (1.24  $\mu\text{m}$ ). İntin kalınlıkları ise 0.58-0.94  $\mu\text{m}$  arasında değişmektedir. En küçük intin kalınlığı *M. neglectum* (0.58  $\mu\text{m}$ )'dayken, en büyük kalınlık *M. comosum* ve *M. babachii* (0.94  $\mu\text{m}$ ) türlerinde belirlenmiştir. Kolpus boyu (Clg) dört türde birbirinden farklı olup 34.87-66.7  $\mu\text{m}$  aralığındadır. En kısa kolpus boyu *M. neglectum*'dayken (34.87  $\mu\text{m}$ ), en uzun kolpus boyuna sahip *M. babachii* (66.7  $\mu\text{m}$ ) türüdür. Kolpus açıklıkları (Clt) 4.68-10.15  $\mu\text{m}$  şeklindedir. En kısa kolpus açıklığı *M. neglectum* (4.68  $\mu\text{m}$ ), en uzun kolpus açıklığı ise *M. babachii* (10.15  $\mu\text{m}$ ) türünde ölçülmüştür.

**Çizelge 2.** İncelenen *Muscari* türlerinin polenlerine ait morfolojik ölçümler.

Özellik	<i>M. inconstictum</i>	<i>M. comosum</i>	<i>M. babachii</i>	<i>M. neglectum</i>
P ( $\mu\text{m}$ )	21.05±2.64	32.4±2.4	27.95±5.37	19.55±1.67
E ( $\mu\text{m}$ )	29.5±4	46.55±2.19	45.4±2.58	31.5±1.5
P/E	0.72	0.7	0.615	0.614
Clg ( $\mu\text{m}$ )	40.55±4.45	59.4±4.83	66.7±5.83	34.87±3.77
Clt ( $\mu\text{m}$ )	7.06±2.01	7.4±1.42	10.15±1.56	4.68±0.98
Ekzin ( $\mu\text{m}$ )	0.9±0.131	1.24±0.142	1.185±0.127	0.95±0.109
İntin ( $\mu\text{m}$ )	0.66±0.103	0.94±0.78	0.94±0.131	0.58±0.123

**Kısaltmalar:** P – polar eksen; E – ekvatorial eksen; Clg – kolpus uzunluğu; Clt – kolpus genişliği; Standart hata ( $\pm$ SH)

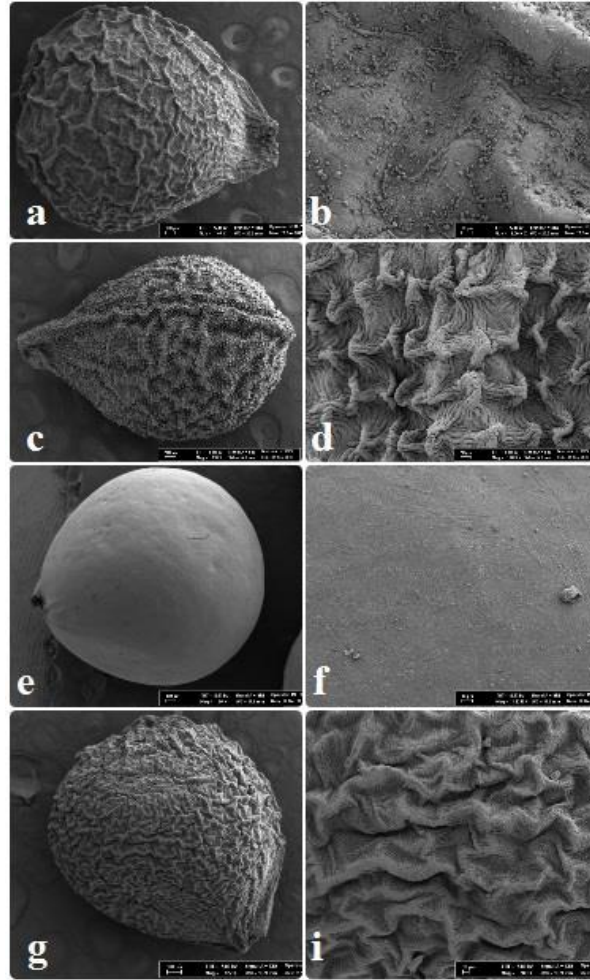
### Tohum Özellikleri

Çalışılan türlere ait tohumların morfolojileri incelendiğinde yüzey şekillerinin ve büyüklüklerinin farklı olduğu görülmüştür. Büyüklük bakımından en büyük tohum *M. babachii* (3.07 x 2.54 mm) türünde görülürken, en küçük tohumun ise *M. neglectum* (1.79 x 1.29 mm) türüne ait olduğu belirlenmiştir. Tohumlar boy-en oranı açısından incelendiğinde en büyük ölçüye *M. comosum* (1.42 mm), en küçük ölçüye ise *M. babachii* (1.21 mm) sahiptir. Tohum ölçümlerine ilişkin sonuçlar toplu olarak Çizelge 3'de sunulmuştur. Çalışmalar sonucunda, *M. inconstictum*'da tohum şeklinin ovat-eliptik ve diğer 3 türe ait tohumların ise genel şekli sferoidal yapıda olduğu görülmüştür. Yüzey ornamentasyonu açısından değerlendirildiğinde *M. inconstictum* tohumlarının düz; *M. comosum* ve *M. neglectum* tohumlarının rugose (buruşuk); *M. babachii* tohumlarının ise ribbed (damarlı) yüzey desenine sahip olduğu belirlenmiştir. Yaptığımız çalışma doğrultusunda tohum büyüklüklerinin farklı, tohum şekillerinin genel olarak birbiri ile benzerlik gösterdiği fakat yüzey şekillerinin daha belirleyici olduğu görülmüştür (Şekil 2).

**Çizelge 3.** İncelenen *Muscari* türlerinin tohumlarına ait morfolojik ölçümler.

Özellik	<i>M. inconstictum</i>	<i>M. comosum</i>	<i>M. babachii</i>	<i>M. neglectum</i>
Şekli	Ovat-Eliptik	Sferoidal	Sferoidal	Sferoidal
Boy (mm)	2.14±0.15	2.38±0.175	3.07±0.08	1.79±0.09
En (mm)	1.74±0.15	1.68±0.14	2.54±0.26	1.29±0.14
Boy/En	1.23	1.42	1.21	1.39
Yüzey	Düz	Rugose	Ribbed	Rugose





Şekil 2. Çalışılan türlere ait tohumların morfolojileri, a-b: *Muscari babachii*; c-d: *M. comosum*; e-f: *M. inconstictum*; g-i: *M. neglectum* (SEM).

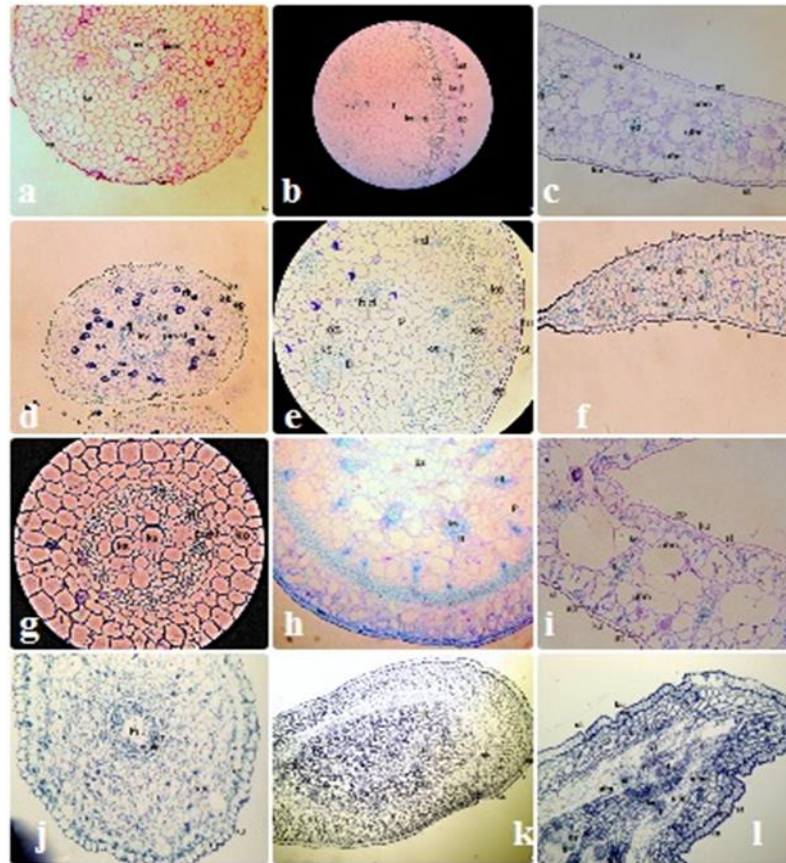
### Anatomik Özellikler

Anatomik özellikleri bakımından değerlendirildiğinde çalışılan *Muscari* türlerinin kök anatomilerinin genel olarak benzerlik gösterdiği görülür. En dışta tek sıralı epiderma tabakası yer alır. *M. inconstictum*'da dörtgen, *M. comosum*'da yuvarlak-karemsi, *M. babachii*'de yassılaştırmış ve *M. neglectum*'da ise karemsi hücrelerden meydana gelen epiderma tabakası vardır. Dört türde de epidermis tabakasından sonra epidermis hücrelerinden daha büyük ekzodermis tabakası gelir. Ekzodermis tabakası sıralı oval hücrelerden meydana gelir. Korteks parankiması türler arasında boyut olarak farklılık gösterir. *M. inconstictum*'da 7-10 sıralı ince çeperli, oval 6 komşu hücresi olan, korteks parankiması bulunur. *M. comosum*'da 8-11 sıralı ince çeperli, oval 6 komşu hücresi olan, korteks parankiması bulunur. *M. babachii*'de 9-11 sıralı ince çeperli, oval 6 komşu hücresi olan, korteks parankiması bulunur. *M. neglectum*'da ise 8-10 sıralı ince çeperli, oval ve altıgen şekilli korteks parankiması bulunur. Korteks parankiması hücreleri arasında hücreler arası boşluk mevcuttur. *M. babachii* hariç diğer üçünde korteks parankiması hücreleri içerisinde demetler halinde rafit kristallerinin yer aldığı görülür. Korteks parankimasından sonra tek sıralı hücrelerden oluşan endoderma tabakası ve sonra da periskl halkası görülür. İletim demetleri radyal tiptedir.

Skap anatomisi bakımından bakıldığında dört türde de enine kesitin daire şeklinde olduğu görülür. Dışta bulunan kutikula tabakası belirgindir. Kutikula altında bulunan tek sıralı epiderma hücreleri kendi içinde yer yer farklılık gösterir. Bazen kare, oval bazende dörtgen şekillidir. Üst ve alt çeperi kalınlaşmış

ve yan çeperleri ise incelmıştır. İncelen dört türün de skapası tüysüz, kserofitik tipte stomalıdır ve korteks tabakasının kalınlığı farklılık göstermektedir. *M. inconstricum*'da 8-10 sıralı ovalimsi, epidermise yakın hücrelerde klorofil pigmenti içeren ve hücreler arası boşluğu olan parankima hücreleri bulunur. *M. comosum*'da 3-4 sıralı ovalimsi, epidermise yakın hücrelerde klorofil pigmenti içeren ve hücreler arası boşluğu olan parankima hücreleri bulunur. *M. babachii*'de 5-6 sıralı ovalimsi, epidermise yakın hücrelerde klorofil pigmenti içeren ve hücreler arası boşluğu olan parankima hücreleri bulunur. *M. neglectum*'da ise 3-5 sıralı oval ve çokgen şekilli, epidermise yakın hücrelerde klorofil pigmenti içeren ve hücreler arası boşluğu olan parankima hücreleri bulunur. Sklerankima tabakasının kalınlığı dört türde de 4-6 hücre sırasından oluşmaktadır. Öz bölgesinde iletim demetleri kollateral haldedir. *M. inconstricum*'da ve *M. neglectum*'da özün dışına doğru bulunan iletim demetleri daha küçük iken iç tarafta bulunanlar ise daha büyüktür. *M. comosum*'da özün dışına doğru küçük ve yaklaşık 17-18 adet, merkeze doğru ise büyük 6 adet kollateral tipte iletim demeti bulunur. *M. babachii*'de ise özün dışına doğru küçük ve yaklaşık 25-26 adet, merkeze doğru ise büyük 8 adet kollateral tipte iletim demeti bulunur. En içteki öz bölgesi ince çeperli parankimatik hücrelerden oluşur.

Yaprak anatomisinde yaprak üstünde kalın ve altında ince kutikula tabakası bulunur. Epiderma hücreleri tek sıralı oval veya dörtgen şekillidir. Yapraklar amfistomatik yapıda olup yaprak üstünde ve altında stoma görülmüştür. *M. inconstricum*'da mezofil tabakası unifasiyal olup bol miktarda kloroplast içerir. Rafit kristalleri görülmemiştir. *M. comosum*'da mezofil tabakası unifasiyal olup bol miktarda kloroplastlıdır. Rafit kristalleri görülmüştür. *M. babachii*'de mezofil tabakası unifasiyal olup bol miktarda kloroplastlıdır. Rafit kristalleri görülmüştür. *M. neglectum*'da da mezofil tabakası unifasiyal olup bol miktarda kloroplast içerir. Rafit kristalleri belirgindir.



**Şekil 3.** Çalışılan *Muscari* türlerinin anatomik özellikleri. *M. babachii* a. kök, b. skap, c. yaprak; *M. comosum* d. kök, e. skap, f. yaprak; *M. inconstricum* g. kök, h. skap, i. yaprak; *M. neglectum* j. kök, k. skap, l. yaprak.

## SONUÇ

Bu çalışma ile Hatay'da yayılış gösteren *M. inconstricrum*, *M. comosum*, *M. babachii* ve *M. neglectum* türleri morfolojik, anatomik ve palinolojik açıdan ileride *Muscari* türleri ile ilgili yapılacak bilimsel çalışmalara kaynak olacağı düşüncesiyle incelenmiştir. *Muscari* Miller cinsinin yaklaşık 72 tür ile temsil edildiği göz önünde bulundurulur ve bu türlerin de 42'sinin kayıt altına alındığı değerlendirilirse *Muscari* cinsinin ülkemizde yaklaşık % 58'lik bir oranla temsil edildiği görülür. Bu durumda *Muscari* cinsinin gen merkezinin Anadolu coğrafyası olduğu düşünülebilir.

Bu doğrultuda çalışmalar geliştirilirse *Muscari* cinsine ait pek çok türün peyzaj alanında özellikle süs bitkisi olarak kullanım potansiyeli bulunmaktadır. Bu üretimin gerçekleştirilebilmesi durumunda ülke ekonomisine önemli kazanım sağlanabilir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (Proje no: 13880) tarafından desteklenmiş olan Yüksek Lisans Tezi'nden üretilmiştir.

## KAYNAKLAR

- Altay V, Karahan F, 2017. Ruderal Vejetasyon Üzerine Bir Ön Çalışma: Antakya (Hatay) Örneği. Kilis 7 Aralık Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 1 (2): 68-77.
- Altay V, Karahan F, Öztürk M, Hakeem KR, İlhan E, Erayman M, 2016. Molecular and ecological investigations on the wild populations of *Glycyrrhiza* L. taxa distributed in the East Mediterranean Area of Turkey. Journal of Plant Research, 129(6): 1021-1032.
- Cowley J, Özhatay N, Mathew B, 1994. New species of Alliaceae and Hyacinthaceae from Turkey. Kew Bulletin, 49: 481-489.
- Dalgıç G, 1990. Edirne ve Kırklareli bölgesi Hyacinthaceae familyası üzerinde sitotaksonomik araştırmalar, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilimdalı, Doktora Tezi (Basılmış).
- Davis PH, Stuart DC, 1984. *Muscari* Mill. In: Davis, PH. (ed.): Flora of Turkey and the East Aegean Islands, Vol. 8. Edinburgh University Press, Edinburgh, pp. 245-263.
- Davis PH, Mill RR, Tan K, 1988. Flora of Turkey and the east Aegean islands (Supplement). Edinburg Univ. Press, Edinburgh.
- Demirci S, Özhatay N, Koçyiğit M, 2013. *Muscari erdalii* (Asparagaceae, Scilloideae), a new species from Southern Turkey. Phytotaxa, 154: 38-46.
- Doğu S, Bağcı Y, 2009. *Muscari vuralii* sp. nov. (Liliaceae/Hyacinthaceae) from South Anatolia, Turkey. Nordic Journal of Botany, 27: 243-246.
- Eker I, 2019. *Muscari fatmacereniae* (Asparagaceae, Scilloideae), a new species from southern Anatolia. Phytotaxa, 397(1), 99-106.
- Eker I, Koyuncu M, 2008. *Muscari babachii* sp. nov. (Hyacinthaceae) from South Anatolia. Nordic Journal of Botany, 26: 49-52.
- Ekim T, Koyuncu M, Güner A, Erik S, Yıldız B, Vural M, 1992. Türkiye'nin ekonomik değer taşıyan geofitleri üzerinde taksonomik ve ekolojik araştırmalar. Tarım Orman ve Köy işleri Bakanlığı Genel Müdürlüğü Yayınları, 26, Ankara.
- Facciola S, 1990. Cornucopia - A Source Book of Edible Plants. Kampong Publications.
- Ferrauto G, Pavone P, 2016. Pollen morphology and taxonomic implications of *Muscari* Miller (Hyacinthaceae) species from Sicily. Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology, 150: 27-34.
- Güner A, Aslan S. (eds.). 2012. Türkiye bitkileri listesi:(damarlı bitkiler). Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayınları.
- Güner A, Özhatay N, Ekim T, Başer KHC (eds.). 2000. Flora of Turkey and the East Aegean Islands, volume 11 (Suppl.): 167. Edinburgh: Edinburgh University Press.
- Güner B, Duman H, 1999. A new species of *Muscari* Miller (Liliaceae) from central Anatolia. Karaca Arboretum Magazine, 5: 35-40.



- İlhan E, Ozgur S, Tuna GS, Eren AH, Karahan F, Tuna M, Erayman M, 2017. Nuclear Dna content variation among *Glycyrrhiza* taxons collected from east mediterranean. Fresenius Environmental Bulletin, 26 (5): 3251-3256.
- Jafari A, Ejtehadı H, Taghizadeh N, Baradaran B, 2008. Karyotype and seed protein analysis of *Muscari neglectum* (Liliaceae/Hyacinthaceae) populations in north-east of Iran. Asian Journal of Plant Sciences, 7: 730-735.
- Karahan F, Çelik O, Kayıkçı S, Altay V, 2012a. Eski Antakya evleri (Antakya-Hatay) duvarlarında yayılış gösteren vasküler bitkiler. Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi, 5(2): 131-134.
- Karahan F, Çelik O, Kayıkçı S, Altay V, 2012b. Antakya (Hatay)'nın ayakaltı bitkileri. Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi, 5(2): 135-137.
- Karlen T, 1987. *Muscari sandrasicum* (Liliaceae), a new species from Turkey. Willdenowia, 16: 375-382.
- Malyer H, 1985. İç Anadolunun Liliaceae, Amaryllidaceae ve Iridaceae familyaları üzerinde taksonomik araştırmalar, TBAG-529 No'lu Proje, Eskişehir.
- Öztürk M, Altay V, Karahan F, 2017. Studies on Trace Elements Distributed in *Glycyrrhiza* Taxa in Hatay-Turkey. International Journal of Plant and Environment, 3(2): 01-07.
- Pehlivan S, Özler H, 2003. Pollen morphology of some species of *Muscari* Miller (Liliaceae- Hyacinthaceae) from Turkey, Flora, 198: 200-210.
- Pirhan AF, Yıldırım H, Altıoğlu Y, 2014. *Muscari serpentanicum* sp. nova (Asparagaceae): A new species from western Anatolia, Turkey. Ot Sistematiik Botanik Dergisi, 21: 1-14.
- Savcı G, İlçim A, Karahan F, 2018. Hatay'da yayılış gösteren bazı *Geranium* L. (Geraniaceae) türlerinin palinolojisi ve tohum mikromorfolojisi. Commagene Journal of Biology, 2 (2): 28-34.
- Tan K, 1988. A new *Muscari* (Liliaceae) from Turkey. Herbertia, 44: 25-28.
- Tanker N, Koyuncu M, Coşkun M, 1998. Farmasötik Botanik, Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları, Ders Kitapları, No:78, Ankara.
- The Plant List, 2019. <http://www.theplantlist.org/browse/A/Asparagaceae>.
- Uysal İ, 1992. Kazdağı (B1 Balıkesir) endemik bitkileri üzerinde morfolojik ve ekolojik araştırmalar I. *Allium flavum* L. subsp. *flavum* var. *minus* Boiss. ve *Muscari latifolium* Kirk. Doğa Turkish Journal of Botany, 16: 299- 310.
- Uysal T, 2002. Konya çevresinde yetişen *Muscari* Miller (Liliaceae) türlerinin sistematik ve moleküler yönden incelenmesi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Uysal T, Ertuğrul K, Dural H, Küçüköyük M, 2007. *Muscari turcicum* (Liliaceae/Hyacinthaceae), a new species from South Anatolia. Botanical Journal of the Linnean Society, 154: 233-236.
- WCSP, 2018. World Checklist of Selected Plant Families. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Available from: <http://wesp.science.kew.org/> (accessed 12 November 2019).
- Wodehouse RP, 1935. Pollen Grains, McGraw-Hill Book Company Inc. New York and London.
- Vardar Y, 1987. Botanikte Preparasyon Tekniği, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Basımevi.
- Varol Ö, Tatlı A, 2003. Çimen dağı (Kahramanmaraş)'ın floristik özellikleri. Çevre Koruma, 12: 17-28.
- Varol Ö, Doğru A, Kaya E, 2004. Yılanlı dağı (Muğla)'nın florası. Ekoloji Dergisi, 13(50): 23-36.
- Yıldırım H, 2015. *Muscari atillae* (Asparagaceae): A new species from Eastern Anatolia, Turkey. Phytotaxa, 213: 291-295.
- Yıldırım H, 2016. *Muscari elmasii* sp. nova (Asparagaceae): A new species from western Anatolia, Turkey. Turkish Journal of Botany, 40: 380-387.
- Yıldırım Ş, 2010. Some new taxa, records and taxonomic treatments from Turkey. Ot Sistematiik Botanik Dergisi, 17: 1-114.
- Yıldırım Ş, Selvi B, 2002. A new species, *Muscari sivrihisardaghlarensis* (Liliaceae) from central Anatolia, Turkey. The Herb Journal of Systematic Botany, 9: 7-12.
- Yılmaz H, 2004. Bartın kentinin çayır vejetasyonu üzerinde gözlemler. Ekoloji, 13: 26-32.

## New Locality Record of *Platyceps najadum* (Eichwald, 1831) With Ecological Niche Modeling in Turkey

Emin BOZKURT<sup>1\*</sup>

**ABSTARCT:** In this study, one death *Platyceps najadum* was found on road in Aşağıyanlar Village/Çankırı in Northern Turkey. The distribution range of the species has been extended 88 km from known localities. The specimen was evaluated in terms of morphology and colour-pattern characteristics. The climatic preference of *P. najadum* was analyzed. The average AUC value was 0.771 and the most effected bioclimatic variable of *P. najadum* distribution range is precipitation of wettest month (bio13) (47.5%). Under the distribution model, coast of Aegea, Northern Black Sea and Mediterranean is seen more suitable places for the species.

**Keywords:** *Platyceps najadum*, Dahl's Whip Snake, distribution model, new locality, Turkey

<sup>1</sup> Emin BOZKURT (Orcid ID: 0000-0001-8963-631X), Çankırı Karatekin University, Eldivan Health Services Vocational High School, Department of Veterinary Medicine, Çankırı, Turkey

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Emin BOZKURT, e-mail: ebozkurt@karatekin.edu.tr



## INTRODUCTION

*Platyceps najadum* (Eichwald, 1831) firstly described from Baku in Azerbaijan as *Tyria najadum*. Dahl's Whip Snake is distributed in Croatia, Bosnia and Herzegovina, Albania, Montenegro, Serbia, North Macedonia, Greece, Bulgaria, Russia, Turkey, Cyprus, Lebanon, Syria, Iran, Iraq, Georgia, Azerbaijan, Armenia and Turkmenistan (Leviton et al., 1992; Hraoui-Bloquet et al., 2002; Beshkov and Nanev, 2006; Baier et al., 2009; Baran et al., 2012; Rajabizadeh, 2017). Six subspecies are known; *P. n. najadum* (Eichwald, 1831) Caucasus and Northeastern Anatolia; *P. n. dahlii* Schinz, 1832 Balkans, Cyprus, West, South and Southwest Turkey, Lebanon, Syria and Iraq; *P. n. kalymnensis* Schneider, 1979 is endemic to island of Kalimnos; *P. n. atayevi* Tuniev and Shammakov, 1993 southeastern Turkmenistan and northern Iran; *P. n. albitemporalis* Darevsky and Orlov, 1994 southeastern Azerbaijan; *P. n. schmidtleri* (Schatti and McCarthy, 2001) Zagros Mountain, Iran (Schatti and McCarthy, 2001; Schatti et al., 2005; Anonymus, 2019a).

Dumeril et al., (1854) was cited to *Platyceps najadum* in *Zamenis* manuscript. After, many authors evaluated this species as *Zamenis dahlii* in their studies. Mertens and Müller (1928) placed this species to *Coluber* (Linnaeus, 1758) as *Coluber najadum*. Baran (1976) compared the *Coluber najadum* and *Coluber dahlii* specimens with morphological aspects and reported that this species were synonymus and they must be evaluated as *Coluber najadum* in terms of the priorite rules.

Schatti and McCarthy (2001) considered *Tyria najadum* as *Zamenis dahlii* var *collaris* (Müller, 1878). Schatti and Utiger (2001) reported that the *najadum* group is a distinct evolutionary lineage within the genus *Platyceps* Blyth, 1860, in terms of morphology. The most comprehensive study of the *Platyceps najadum* was conducted by Schatti et al., (2005). They focused on morphology, distribution and systematics of the species, and the *Platyceps najadum* differs from the congeneric taxa in number of apical pits and molecular analysis.

In this study, the distribution of *Platyceps najadum* was expanded to north Anatolia and morphological detail of the specimen from the new locality was presented. In addition to this, potential distribution of the species in Turkey was determined.

## MATERIALS AND METHODS

### Description of new locality sample

One death male *Platyceps najadum* was found on the road from Aşağıyanlar Village, Çankırı in northern Anatolia on 28 June 2019. The specimen was closest to non-evergreen woodland and stony area. The specimen fixed with a 96% ethanol injection and deposited in %80 ethanol in Eldivan Vocational School of Health Service, Çankırı Karatekin University. Metric and meristic characteristics are determined according to the literature (Baran, 1976; Başoğlu and Baran, 1980; Darevsky and Orlov, 1994; Schatti et al., 2005). Meristic characteristics were counted under the Olympus brand binocular. Metric characteristics were measured with 0.05 mm caliper.

The following metric measurements were taken: SVL (snout-vent length), tip of snout to anal cleft; TL (tail length), anal cleft to the tip of tail; TBL (total body length), tip of snout to the tip of tail; PW (pileus width), at widest point between parietal plates; PL (pileus length), tip of snout to the posterior margins of parietals, PH (pileus height), FW (frontale width), at widest point frontale plate, FL (frontale length), from anterior to posterior of frontale.

Meristic characteristics considered here included the following counts: preocularia (left-right), loralia (left-right), postocularia (left-right), temporalia (left-right), supralabialia (left-right), ventralia, subcaudalia and dorsalia between 75 and 85th ventral plates.

## Distribution Model

For the distribution model, 119 literature records and one new locality record (Table 1) of *Platyceps najadum* from Turkey were collected and determined the coordinates from Google Earth Pro vers. 7.3.2. All records are georeferenced into WGS-84 coordinate system and checked with ArcGIS vers. 10.3.1.

**Table 1.** All available distribution records of the *Platyceps najadum* used in this study

Locality Name and Literature	Latitude	Longitude
Meles Çayı/İzmir (Bird, 1936)	38.403199	27.100648
Bodrum/Muğla (Bird, 1936)	37.040566	27.430907
Haymana/Ankara (Bird, 1936)	39.434250	32.495670
Ankara (Bird, 1936)	39.933363	32.859742
Bolkar/Mersin (Bird, 1936)	37.249934	34.333444
Mersin (Bird, 1936)	36.832454	34.621796
Gülek/Mersin (Bird, 1936)	37.257263	34.768923
Tarsus/Mersin (Bird, 1936)	36.916599	34.895196
Adana (Bird, 1936)	36.991435	35.330741
Amanos/Hatay (Bird, 1936)	36.750063	36.332811
Kaypak/Osmaniye (Bird, 1936)	37.110565	36.452668
Gaziantep (Bird, 1936)	37.065972	37.377795
Malatya (Bird, 1936)	38.353716	38.330617
Trabzon (Bird, 1936)	41.002693	39.716747
10 km east of Anamur/Mersin (Clark and Clark, 1973)	36.077298	32.832919
20 km north of Kırıkhan/Hatay (Clark and Clark, 1973)	36.496724	36.360656
Yakacık/Gaziantep (Clark and Clark, 1973)	36.902367	37.534309
Kaz Dağı/Balıkesir (Baran, 1976)	39.699987	26.833381
Aliğa/İzmir (Baran, 1976)	38.799352	26.970898
Gaziemir/İzmir (Baran, 1976)	38.323122	27.138240
Bornova/İzmir (Baran, 1976)	38.470981	27.217715
Yatağan/Muğla (Baran, 1976)	37.387202	28.159223
Kayaköy/Muğla (Baran, 1976)	36.574984	29.091093
Xanthos/Antalya (Baran, 1976)	36.352776	29.321437
Geyikdere/Kocaeli (Baran, 1976)	40.659000	29.467489
Çıglıkara/Elmalı/Antalya (Baran, 1976) (Kumlutaş et al., 2004)	36.482181	29.910853
Karapınar/Konya (Baran, 1976)	37.711692	33.655848
Aksaray (Baran, 1976)	38.368670	34.029948
Fındıkpınarı/Mersin (Baran, 1976)	36.922911	34.368095
Sebil/Mersin (Baran, 1976)	37.129631	34.562629
Madenköy/Niğde (Baran, 1976)	37.449037	34.624373
Kıranardı/Kayseri (Baran, 1976)	38.633859	35.524220
Kadirli/Osmaniye (Baran, 1976)	37.374022	36.097300
Zincirli Höyük/Gaziantep (Baran, 1976)	37.103884	36.676336
Nemrut/Adıyaman (Baran, 1976)	37.980779	38.740800
Burmageçit/Tunceli (Baran, 1976)	38.966843	39.539269
Karacadağ/Diyarbakır (Baran, 1976)	37.735021	39.640723
Erciş/Van (Baran, 1976)	39.028729	43.358162
Artvin (Başoğlu and Baran, 1980)	41.180937	41.820819
Van (Başoğlu and Baran, 1980)	38.501146	43.372192

**Table 1.** All available distribution records of the *Platyceps najadum* used in this study (continued)

Acar Köyü/Kilis (Baran, 1982)	36.744811	37.194107
3 km east of Akçaova/Kocaeli (Teynie, 1987)	41.037446	29.949944
Elvanlı/Mersin (Teynie, 1987)	36.702837	34.372210
Çatalan/Adana (Teynie, 1987)	37.201680	35.297030
Kağızman/Kars (Teynie, 1987)	40.140648	43.119118
Akdam/Adana (Schmidtler, 1988)	37.550956	35.618423
Kozan/Adana (Schmidtler, 1988)	37.452519	35.819267
Kızıllada/Muğla (Baran, 1990)	37.128328	27.297788
Kiliseliceada/Kaş/Antalya (Baran, 1990)	36.729509	28.055200
Sarıoda Adası/Kaş/Antalya (Baran, 1990)	36.133889	29.658333
Söğüt/Antalya (Baran, 1990)	37.077954	29.915682
Eskipazar/Karabük (Teynie, 1991)	40.944204	32.532524
Kastabala/Osmaniye (Teynie, 1991)	37.176527	36.186915
Baykan/Siirt (Teynie, 1991)	38.162650	41.785194
Diğor/Kars (Teynie, 1991)	40.375076	43.414150
Kuşadası/Aydın (Manteuffel, 1993)	37.857897	27.261072
Karaisalı/Adana (Schmidtler, 1993)	37.257347	35.058197
Selçuk/İzmir (Mulder, 1995)	37.950879	27.370032
Sağırın/Antalya (Mulder, 1995)	37.010261	31.231775
Uğurlu/Konya (Mulder, 1995)	37.410036	31.685341
Hadim/Konya (Mulder, 1995)	36.986063	32.455878
Kargıcak/Mersin (Mulder, 1995)	36.622696	34.323213
Emirler/Niğde (Mulder, 1995)	37.473687	34.512439
Süngütepe/Kilis (Mulder, 1995)	36.792517	36.948846
Uzundere/Erzurum (Mulder, 1995)	40.611413	41.628441
Civan/Artvin (Mulder, 1995)	41.344500	41.661900
Iğdır (Mulder, 1995)	39.920057	44.043567
Bakırdağı/Kayseri (Schmidtler, 1997)	38.216621	35.807480
Hanyeri/Adana (Schmidtler, 1997)	38.212500	36.022778
15 N of Saimbeyli/Adana (Schmidtler, 1997)	37.986090	36.089587
Reyhanlı/Hatay (Uğurtaş et al., 2000)	36.268697	36.567545
Yamansaz/Antalya (Erdoğan et al., 2002)	36.873642	30.853291
Arapsuyu/Antalya (Kumlutaş et al., 2004)	36.876524	30.650189
Kovada/Eğirdir/Isparta (Kumlutaş et al., 2004)	37.634351	30.870993
Boğazak/Serik/Antalya (Kumlutaş et al., 2004)	36.855079	31.163516
Kızılot/Manavgat/Antalya (Kumlutaş et al., 2004)	36.718215	31.567918
15 km SW of Karakurt/Kars (Baran et al., 2004)	40.166882	42.606777
Akarkuyu/Milas/Muğla (Kete et al., 2005)	37.416495	27.485401
Gölyaka/Milas/Muğla (Kete et al., 2005)	37.486544	27.544783
Danışment/Milas/Muğla (Kete et al., 2005)	37.417162	27.579775
Edirne (Schatti et al., 2005)	41.676992	26.556024
Borçka/Artvin (Schatti et al., 2005)	41.363700	41.679100
Ardanuç/Artvin (Schatti et al., 2005)	41.117212	42.064817
Çanakkale (Tok et al., 2006)	40.146720	26.408730
Küplüce/Kilis (Göçmen et al., 2009)	36.753186	37.242727
Kolludere/Karacadağ/Diyarbakır (Akelma and Coşkun, 2013)	37.863547	40.056675
Eğil/Diyarbakır (Akelma and Coşkun, 2013)	38.257900	40.081151
Kırca/Sultandağı/Afyonkarahisar (Cihan and Tok, 2014)	38.512165	31.235528
Dereçine/Sultandağı/Afyonkarahisar (Cihan and Tok, 2014)	38.487355	31.257273
Gölçayır/Akşehir/Konya (Cihan and Tok, 2014)	38.465148	31.323354
Tınaztepe/Afyonkarahisar (Eser and Erişmiş, 2014)	38.728464	30.378473
Kavşit/Çine/Aydın (Özcan and Üzümlü, 2014)	37.657608	28.122666

**Table 1.** All available distribution records of the *Platyceps najadum* used in this study (continued)

Gökçeada (Tok and Çiçek, 2014)	40.163952	25.842486
Bozcaada (Tok and Çiçek, 2014)	39.819762	26.031783
Gelibolu/Çanakkale (Tok and Çiçek, 2014)	40.413959	26.670076
Biga/Çanakkale (Tok and Çiçek, 2014)	40.226527	27.243625
Güllük/Muğla (Cumhuriyet and Ayaz, 2015)	37.235031	27.606183
Alara Kalesi/Antalya (Kucharzewski, 2015)	36.697909	31.728644
Küçükülü/Antalya (Kucharzewski, 2016)	36.965338	29.781810
Avsallar/Antalya (Kucharzewski, 2016)	36.622558	31.767257
Öznurtepe/Antalya (Kucharzewski, 2016)	36.358360	32.376091
Dağdibi/Pozantı/Adana (Sarıkaya et al., 2017)	37.643627	35.001699
Çamlıbel/Aladağ/Adana (Sarıkaya et al., 2017)	37.491239	35.066825
Kapı/Karataş/Adana (Sarıkaya et al., 2017)	36.647911	35.196543
Kabasakal/Seyhan/Adana (Sarıkaya et al., 2017)	37.039548	35.332525
Dutluca/Sarıçam/Adana (Sarıkaya et al., 2017)	37.150334	35.437964
Vayvaylı/Yüreğir/Adana (Sarıkaya et al., 2017)	36.901974	35.632755
Kurtkulağı/Ceyhan/Adana (Sarıkaya et al., 2017)	36.923867	35.885852
Çatalçam/Tufanbeyli/Adana (Sarıkaya et al., 2017)	38.194722	36.079722
Mutki/Bitlis (Akman et al., 2018)	38.408588	41.922320
Dilburnu/Ahlat/Bitlis (Akman et al., 2018)	38.837977	42.263409
Küçüksu/Tatvan/Bitlis (Akman et al., 2018)	38.441687	42.320308
Çökekyazı/Hizan/Bitlis (Akman et al., 2018)	38.270557	42.375541
Sağırkaya/Hizan/Bitlis (Akman et al., 2018)	37.989747	42.570998
Karşıyaka/Adilcevaz/Bitlis (Akman et al., 2018)	38.804757	42.956803
1 km east of Gözluçayır/Çemişgezek/Tunceli (Avcı et al., 2018)	39.118006	38.974942
16 km north of Pülümür/Tunceli (Avcı et al., 2018)	39.486815	39.896072
Olympos/Antalya (Mermer, 2018)	36.386568	30.443708
Derecik/Patnos/Ağrı (Yıldız et al., 2018)	39.157600	43.01425
Aşağıyanlar/Çankırı (In this study)	40.566038	33.556442

Nineteen bioclimatic data were obtained from Worldclim ver. 1.4 data set (Hijmans et al. 2005; Anonymus, 2019b) with the spatial resolution for past climate variables was 2.5 arc-minutes (approximately 5 km<sup>2</sup>). Many of these 19 bioclimatic variables appeared redundant (Gül et al., 2015) and the correlation matrix was calculated for these variables with SDM toolbox vers. 1.1. (Brown, 2014). A Pearson correlation coefficients higher than 0.75 accepted as correlated variables and these variables were eliminated from the analysis. Six environmental variables [bio7 = Temperature range (Bio5–Bio6); bio12 = Annual precipitation; bio13 = Precipitation of wettest month; bio14 = Precipitation of driest month; bio17 = Precipitation of wettest quarter; bio18 = Precipitation of warmest quarter] were chosen.

Species distribution models were conducted with using the Maxent 3.3.3k (Phillips et al., 2006; Phillips and Dudik, 2008). The Maxent algorithm predicts the potential distributions of species from locality point data by finding the probability distribution of the maximum entropy subject to the limitation that the expected value of each of a set of features (environmental variables or functions) under this estimated distribution closely matches its empirical average (Phillips et al. 2004; Phillips et al., 2006). Maxent logistic outputs represent the habitat suitability ranging from unsuitable to suitable. The 10 percentile training presence logistic threshold approach was performed as recommended by Liu et al. (2005), and the logistic output was transformed into a continuous map of the presence-absence distribution. The area under the receiver operating characteristic curve (AUC) estimates the significance of the model. Predicted distribution maps imported and visualized with ArcGIS vers. 10.3.1.



## RESULT and DISCUSSION

The new locality is far from approximately 92 southeast of Eskipazar, Karabük and 88 km northeast of Ankara. The morphometric measurements of our specimen are as follows: PL, 14.7 cm; PW, 8.3 cm; PH, 6.6 cm; FW, 4.6 cm; FL, 5.5 cm; SVL, 71.0 cm; TL, 22.5 cm; TBL, 93.5 cm. The numbers of the supralabial plates are 8-8; preocular plates 2-2; loreal plates 1-1; postocular plates 2-2; temporal plates 2-2; ventral plates 229; dorsal plates 19 and subcaudal plates 110.

The colour of head is brownish. The ground colours of anterior and posterior of eyes are white. Dorsum colour of anterior of body is greyish with dark greyish spots on flanks. The rest of the dorsum is lighth brownish. Colour of the ventralia is yellowish (Figure 1).



**Figure 1.** General view of the *Platyceps najadum* from Aşağıyanlar Village-Çankırı.

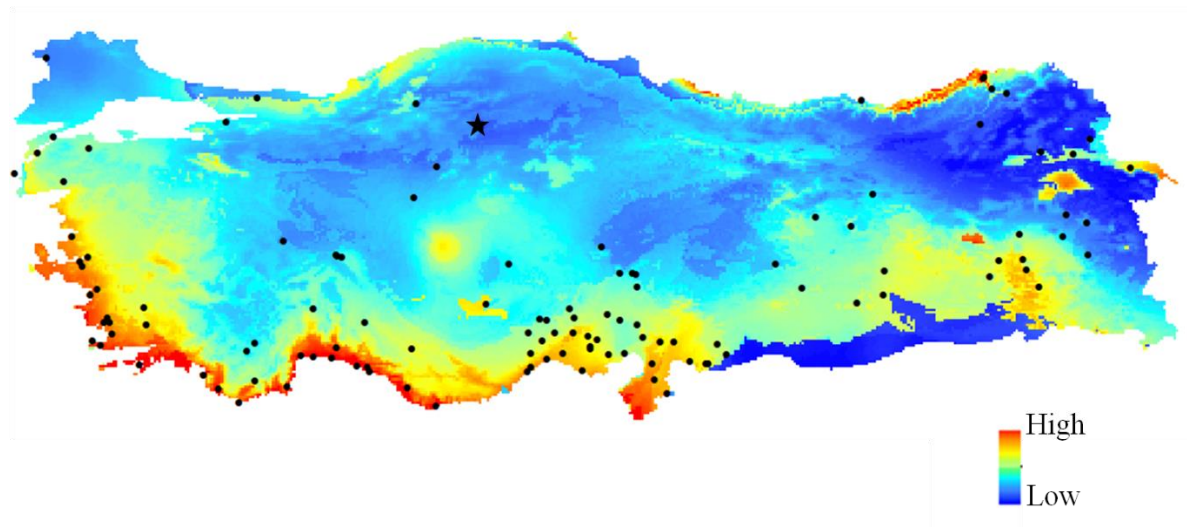
A database of 200 distribution records of *Platyceps najadum* in Anatolia is provided in Table 1. The mean AUC value of the current distribution model (Figure 2) is high (0.771). According to the model, the primary factor affecting the distribution of the *P. najadum* in Anatolia precipitation of wettest month (bio13) (47.5%). The contributions of the other variables are given in Table 2. The distribution model shows Mediterranean, Aegean and Eastern Black Sea borders as more suitable places, whereas Southeast Anatolia and East Anatolia is not suitable for distribution of the species. Moreover, the distribution model is covering wider area than known locality records.

During the past glacial periods, the range of the European reptiles is limited in Central and Northern Europe, and they expanded their range in the inter-glacial periods (Gasc et al., 1997; Araújo et al., 2006). Reptiles are react to the global climate change in two ways; extinction (Stuart et al. 2004) and expand their distribution (Gasc et al., 1997; Araújo et al., 2006). Anatolia was a refugium during the Quaternary ice ages and it is a played a bridge role for migration of species during the interglacial periods to Europe and the Caucasus (Hewitt, 2001).

The species prefers a variety of lowlands, low montanes, rocky hillsides, river valleys, abandoned buildings, forest edges and scrublands (O'Shea, 2018). The new locality of the species is shown the similarity to habitat preference of the species, in terms of rocky hillside and river valley. The prediction of the distributions of species has an important place in the applications about ecology, evolution, and



conservation biology (Guisan and Thuiller 2005; Elith et al., 2006). In this study, we found precipitation of wettest month (bio13, 47.5%) as the most important ecological variable for habitat preference of species.



**Figure 2.** The potential distribution of the *Platyceps najadum* in Turkey. The circles show the known literature records and the star shows the new locality record.

**Table 2.** The contributions of the environmental variables for *Platyceps najadum* in Turkey.

Variables	Description	Percent Contribution
Bio7	Temperature range (Bio5–Bio6)	12.4
Bio12	Annual precipitation	13.9
Bio13	Precipitation of wettest month	47.5
Bio14	Precipitation of driest month	14.2
Bio17	Precipitation of wettest quarter	9.6
Bio18	Precipitation of warmest quarter	2.5

## CONCLUSION

Regarding all morphological measurement and colour pattern, our specimen agrees with the given for *P. najadum* in the literature (Baran, 1976; Başıoğlu and Baran, 1980; Schatti et al., 2005). Moreover, the distribution range of the species in Anatolia was extended by 88 km of air distance from known localities. Schatti (2004) reported that the elevation range of the *P. najadum* is varied from 400 to 2000 m. The elevation of the new locality is 570 m, but seashores of Turkey are shown the more suitable places by distribution model. According to distribution model, a large part of Anatolia is seen as more suitable area for distribution of *P. najadum*, but known locality records is not comprise the distribution model. Therefore, there is limited number of the publications about the *P. najadum* and these locality records are mainly depends of the herpetofaunal reports.

According to the this study, the distribution model of the *P. najadum* mainly covered the coast of Northern Black Sea, Aegea and Mediterranean in Turkey, and known locality records are shown similarity with the distribution model. But also, the distribution model shows suitable places for the species without any records. And, the distribution range of the *P. najadum* was extended by 88 km in Northern Anatolia.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to thank Aziz Avcı for their valuable contributions.

## REFERENCES

- Akelma R, Coşkun Y, 2013. Diyarbakır yöresi herpetofaunası. Diyarbakır Yer Üstü Kaynakları, 2: 16-42.
- Akman B, Yıldız MZ, Özcan AF, Bozkurt MA, İğci N, Göçmen B, 2018. On the herpetofauna of the East Anatolia Province of Bitlis (Turkey). Herpetozoa, 31: 69-82.
- Anonymus, 2019a. *Platyceps najadum*. <https://www.iucnredlist.org/species/157277/5068046>. (24.12.2019)
- Anonymus, 2019b. WorldClim-Global Climate Data. <http://www.worldclim.org/>. (24.12.2019)
- Avcı A, Üzüm N, Bozkurt E, Olgun K, 2018. The herpetofauna of poorly known Tunceli Province (Turkey). Russian Journal of Herpetology, 25: 17-24.
- Araújo MB, Thuiller W, Pearson RG, 2006. Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe. Journal of Biogeography, 33: 1712-1728.
- Baier F, Sparrow DJ, Wiedl HJ, 2009. The amphibian and reptiles of Cyprus. Edition Chimaira, pp. 362, Frankfurt-Germany.
- Baran İ, 1976. Türkiye Yılanlarının Taksonomik Revizyonu ve Coğrafi Dağılımları. TBTA Yayınları, pp. 177, Ankara-Turkey.
- Baran İ, 1982. Zur Taxonomie der Schlangen in Stidost- und Ost-Anatolie. Spixiana, 5: 51-59.
- Baran İ, 1990. Marmaris ve İskenderun arasındaki adalarımızın herpetofaunası. Doğa - Turkish Journal of Zoology, 14: 113-126.
- 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: 99-114.
- Baran İ, Ilgaz Ç, Avcı A, Kumlutaş Y, Olgun K, 2012. Türkiye amfibi ve sürüngenleri. Tübitak Yayınları, pp. 195, Ankara-Turkey.
- Başoğlu M, Baran İ, 1980. Türkiye Sürüngenleri Kısım II. Yılanlar. Ege Üniversitesi Matbaası, pp. 218, İzmir-Turkey.
- Beshkov V, Nanev, K. 2006. The amphibians and reptiles in Bulgaria. Pensoft Series Faunistica, pp. 120, Sofia-Bulgaria.
- Bird CG, 1936. The distribution of reptiles and amphibians in Asiatic Turkey, with notes on a collection from the Vilayets of Adana, Gaziantep and Malatya. Annals and Magazine of Natural History, 28: 257-281.
- Brown JL, 2014. SDMtoolbox: a python- based GIS toolkit for landscape genetic, biogeographic and species distribution model analyses. Methods in Ecology and Evolution, 5: 694-700.
- Cihan D, Tok CV, 2014. Herpetofauna of the vicinity of Akşehir and Eber (Konya, Afyon), Turkey. Turkish Journal of Zoology, 38: 234-241.
- Clark RJ, Clark ED, 1973. Report on a collection of amphibians and reptiles from Turkey. California Academy, pp. 62, San Francisco-USA.
- Cumhuriyet O, Ayaz D, 2015. Güllük Körfezi (Milas, Muğla) ve Civarının Herpetofaunası. Anadolu Doğa Bilimleri Dergisi, 6: 163-168.
- Darevsky I, Orlov NL, 1994. The systematic position of the slender racer *Coluber najadum* (Eichwald) from South-East Azerbaijan, and some remarks on the herpetological fauna of this region. Russian Journal of Herpetology, 1: 93-97.
- Dumeril AMC, Bibron G, Dumeril A, 1854. Erpétologie générale ou histoire naturelle complète des reptiles. Librairie Encyclopedique de Roret, pp.488, Paris-France.
- Elith J, Graham CH, Anderson RP, Dudík M, Ferrier S, Guisan A, Hijmans RJ, Huettmann F, Leathwick J, Lehmann A, Li J, Lohmann LG, Loiselle BA, Manion G, Moritz C, Nakamura M, Nakazawa Y, Overton JMcCM, Peterson AT, Phillips SJ, Richardson K, Scacchetti-Pereira R, Schapire RE, Soberón J, Williams S, Wisz MS, Zimmermann NE, 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. Ecography, 29: 129-151.
- Erdoğan A, Öz M, Sert H, Tunç MR, 2002. Antalya-Yamansaz Gölü ve yakın çevresinin avifaunası ve herpetofaunası. Çevkor, 43: 33-39.

- Eser Ö, Erişmiş UC, 2014. Research on the Herpetofauna of Başkomutan Historical National Park, Afyonkarahisar, Turkey. *Bihorean Biologist*, 8: 98-101.
- Gasc JP, Cabela A, Crnobrnja-Isailovic J, Dolmen D, Grossenbacher K, Haffner P, Lescure J, Martens H, Martinez-Rica JP, Maurin H, Olivera ME, Sofianidou TU, Veith M, Zuiderwijk A, 1997. Atlas of amphibians and reptiles in Europe. *Societas Europaea Herpetologica and Muséum national d'Histoire naturelle*, pp. 516, Paris-France.
- Göçmen B, Franzen M, Yıldız MZ, Akman B, Yalçınkaya D, 2009. New locality records of eremial snake species in southeastern Turkey (Ophidia: Colubridae, Elapidae, Typhlopidae, Leptotyphlopidae). *Salamandra*, 45: 110-114.
- Guisan A, Thuiller W, 2005. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*, 8: 993-1009.
- Gül S, Kumlutaş Y, Ilgaz Ç, 2015. Climatic preferences and distribution of 6 evolutionary lineages of *Typhlops vermicularis* Merrem, 1820 in Turkey using ecological niche modeling. *Turkish Journal of Zoology*, 39: 235-243.
- Hewitt GM, 2001. Speciation, hybrid zones and phylogeography- or seeing genes in space and time. *Molecular Ecology*, 10: 537-549.
- Hijmans RJ, Cameron SE, Parra JL, Jones PG, Jarvis A, 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25: 1965-1978.
- Hraoui-Bloquet S, Sadek RA, Sindaco R, Venchi A, 2002. The herpetofauna of Lebanon: new data on distribution. *Zoology in the Middle East*, 27: 35-46.
- Kete R, Yılmaz I, Karakulak S, Yıldırım A, 2005. Bafa Gölü çevresi herpetofaunasının çeşitliliği. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6: 87-96.
- Kucharzewski C, 2015. Herpetologische Reiseindrücke aus der Südwest-Türkei. *Sauria*, 37: 3-15.
- Kucharzewski C, 2016. Weiterer Beitrag zur Herpetologie der Südwest-Türkei. *Sauria*, 38: 37-56.
- Kumlutaş Y, Öz M, Tunç MR, Kaska Y, Özdemir A, Düşen S, 2004. On snake species of the western Taurus range, Turkey. *Natura Croatica*, 13: 19-33.
- Leviton AE, Anderson SC, Adler K, Minton SA, 1992. Handbook to Middle East amphibians and reptiles, SSAR, pp. 252, Ohio-USA.
- Liu C, Berry PM, Dawson TP, Pearson RG, 2005. Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. *Ecography*, 28: 385-393.
- Manteuffel D, 1993. Bericht über Reptilienfunde in der Türkei. *Salamandra*, 28: 223-230.
- Mertens R, Müller L, 1928. Liste der Amphibien und Reptilien Europas. *Abhandlungen der senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft*, 41: 1-62.
- Mermer A, 2018. Amphibians and Reptiles of Olympos-Beydağları (Antalya, Turkey) National Park and Its Vicinity. *Commagene Journal of Biology*, 2: 19-22.
- Mulder J, 1995. Herpetological observations in Turkey (1987-1995). *Deinsea*, 2: 51-66.
- O'Shea M, 2018. *The Book of Snakes: A life-size guide to six hundred species from around the world*. Ivy Press, pp. 656, London-United Kingdom.
- Özcan S, Üzümlü N, 2014. The herpetofauna of Madran Mountain (Aydın, Turkey). *Turkish Journal of Zoology*, 38: 108-113.
- Phillips SJ, Dudik M, Schapire RE, 2004. A maximum entropy approach to species distribution modeling. *Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning*, 4-8 July 2004, Alberta-Canada.
- Phillips SJ, Anderson RP, Schapire RE, 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190: 231-259.
- Phillips SJ, Dudik M, 2008. Modeling of species distributions with MaxEnt: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31: 161-175.
- Rajabizadeh M, 2017. *Snakes of Iran*. *Iranshenasi*, pp. 496, Tehran-Iran.

- Sarıkaya B, Yıldız MZ, Sezen G, 2017. The herpetofauna of Adana Province (Turkey). *Commagene Journal of Biology*, 1: 1-11.
- Schatti B, McCarthy C, 2001. *Coluber* (sensu lato) *schmidtleri* n. sp. from the southern Zagros Mountains in Iran (Squamata: Colubridae). *Herpetozoa*, 14: 81-89.
- Schatti B, Utiger U, 2001. *Hemerophis*, a new genus for *Zamenis socotrae* Günther, and a contribution to the phylogeny of Old World racers, whip snakes, and related genera (Reptilia: Squamata: Colubrinae). *Revue suisse de Zoologie*, 108: 919-948.
- Schatti B, 2004. A preliminary contribution to *Platyceps najadum* (Eichwald, 1831) and systematic status of *Coluber atayevi* Tunijev & Shammakov, 1993 (Reptilia: Squamata: Colubrinae). *Revue Suisse de Zoologie*, 111: 525-538.
- Schatti B, Stutz A, Charvet C, 2005. Morphologie, Verbreitung und Systematik der Schlanknatter *Platyceps najadum* (Eichwald, 1831) (Reptilia: Squamata: Colubrinae). *Revue Suisse de Zoologie*, 112: 573-625.
- Schmidtler JF, 1988. *Eirenis barani* n. sp. aus dem mediterranen Süden der Türkei (Serpentes: Colubridae). *Salamandra*, 24: 203-214.
- Schmidtler JF, 1993. Zur Systematik und Phylogenie des *Eirenis modestus*-Komplexes in Süd-Anatolien. *Spixiana*, 16: 79-96.
- Schmidtler JF, 1997. Die Zwergnatter (*Eirenis modestus*-Komplex) des Antitaurus in Süd- Anatolien und ihre geographischen Beziehungen zur begleitenden Herpetofauna. *Salamandra*, 33: 33-60.
- Stuart S, Chanson JS, Cox NA, Young BE, Rodrigues ASL, Fishman DL, Waller RW, 2004. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science*, 306: 1783-1786.
- Teynie A, 1987. Observations herpétologiques en Turquie. Ière partie. *Bulletin de la Société herpétologique de France*, 43: 9-18.
- Teynie A, 1991. Observations herpétologiques en Turquie. 2ème partie. *Bulletin de la Société herpétologique de France*, 58: 21-30.
- Tok CV, Tosunoğlu M, Gül Ç, Yiğini B, Türkakın M, Saruhan G, Kaya S, 2006. Erythrocyte Count and Size in Some Colubrids (Reptilia: Ophidia) from Turkey. *Russian Journal of Herpetology*, 13: 97-100.
- Tok CV, Çiçek K, 2014. Amphibians and reptiles in the Province of Çanakkale (Marmara Region, Turkey). *Herpetozoa*, 27: 65-76.
- Uğurtaş İH, Yıldırımhan HS, Öz M, 2000. Herpetofauna of the eastern region of the Amanos Mountain (Nur). *Turkish Journal of Zoology*, 24: 257-261.
- Yıldız MZ, İğci N, Akman B, Göçmen B, 2018. Result of a herpetological survey in the Province of Ağrı (East Anatolia, Turkey). *Herpetozoa*, 31: 47-59.

## Badem Kabuğu İle Sulu Çözeltilerden Bentazon ve Metalaxyl Giderimi

Barış DİLER<sup>1</sup>, Dilek KILIÇ APAR<sup>1\*</sup>

**ÖZET:** Bentazon ve Metalaxyl pestisitlerinin sulu çözeltilerden giderimi için tarımsal atık olan badem kabuğunun adsorbent olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. Box-Behnken deneysel tasarım yöntemi uygulanarak, her bir pestisit için, pH, adsorbent konsantrasyonu, pestisit konsantrasyonu ve adsorpsiyon süresi parametrelerinin adsorpsiyon üzerindeki etkileri incelenmiş ve adsorpsiyon proseslerinin optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Belirlenen optimum proses koşullarında % 70.3 Bentazon ve % 33.3 Metalaxyl giderimi sağlanmıştır. Ayrıca her bir adsorpsiyon prosesi için proses parametrelerinin ve bu parametrelerin birbirleriyle etkileşimlerinin adsorpsiyon üzerindeki etkilerini gösteren model denklemler elde edilmiştir. Gerçekleştirilen kinetik ve denge çalışmaları sonucunda, badem kabukları ile Bentazon ve Metalaxyl adsorpsiyonunun yalancı 2. mertebe kinetik ve Freundlich izoterm modelleri ile ifade edilebileceği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Bentazon, Metalaxyl, badem kabuğu, adsorpsiyon, deneysel tasarım, modelleme

### Bentazon and Metalaxyl Removal From Aqueous Solutions by Almond Shell

**ABSTRACT:** Potential use of almond shells as low cost adsorbent for Bentazone and Metalaxyl removal was investigated. Effects of pH, adsorbent concentration, pesticide concentration and processing time on adsorption were studied and optimizations of the adsorption processes were performed by using Box-Behnken experimental design. Also model equations represent the effects of process parameters and their interactions on adsorption processes were obtained. 70.3% Bentazon and 33.3% Metalaxyl removals were achieved at the determined optimum conditions. Kinetic and equilibrium studies were performed and it was determined that the Bentazon and Metalaxyl adsorption on almond shells could be described with pseudo-second order kinetic and Freundlich isotherm models.

**Keywords:** Bentazon, Metalaxyl, almond shell, adsorption, experimental design, modelling

<sup>1</sup> Barış DİLER (Orcid ID: 0000-0003-0917-9951), Dilek KILIÇ APAR (Orcid ID: 0000-0002-4121-6727), Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Metalürji Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Dilek KILIÇ APAR, e-mail: dkilic@yildiz.edu.tr

Bu çalışma Barış DİLER'in Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

Makale 22-24 Nisan 2019 tarihlerinde Atina-Yunanistan'da düzenlenen "International Conferance on New Trends in Chemistry" başlıklı kongrede sözlü olarak sunulmuştur.

Geliş tarihi / Received: 12-06-2019

Kabul tarihi / Accepted: 12-01-2020



## GİRİŞ

Dünya üzerinde artan gıda ihtiyacına paralel olarak üretimi ve kullanımı gittikçe artan pestisitlerin, doğal ve içme su kaynaklarına bulaşması canlılar için büyük bir tehdit oluşturmaktadır. En tehlikeli zehirli bileşikler arasında yer alan pestisitler, insanlar üzerinde uzun vadede hormon bozuklukları, tekrar eden anormallikler, mutajenik, kanserojenik ve teratojenik hastalıklara neden olurken; kısa vadede, bulantı, kusma, titreme, nefes darlığı, iştahsızlık ve alerjik reaksiyonlar gibi rahatsızlıklara neden olmaktadır. Pestisitlerin su kaynaklarına bulaşmasının birçok yolu vardır. Ancak bunlardan en önemlileri; bilinçsiz şekilde tarım alanlarına uygulanan pestisitlerin ve pestisit üreten firmaların atık sularının, yeraltı ve yerüstü sularına karışmasıdır (Jeyaratnam, 1985; Anonim, 1990; Igbedioh, 1991; Forget, 1993).

Sulu ortamlardan pestisit giderimi için kullanılan birçok kimyasal ve fiziksel yöntem mevcuttur. Bu yöntemler arasında, adsorpsiyon, yüksek verim ve kolay uygulanabilirlik avantajlarından dolayı en çok kullanılan prosestir. Adsorpsiyon proseslerinde en çok kullanılan adsorbent aktif karbondur. Ancak, geniş yüzey alanına ve çok yüksek adsorpsiyon kapasitesine sahip olmasına rağmen, aktif karbonun üretim maliyeti yüksektir. Bu nedenle, aktif karbona alternatif olarak, etkin, kolay ulaşılabilen ve düşük maliyetli olan; kil, zeolit, kitosan, selüloz gibi doğal adsorbentlerin, talaş, lignin, yüksek fırın cürufu, atık çamur, kül gibi endüstriyel atıkların ve pirinç kabuğu, kayısı çekirdeği, narenciye kabuğu ve Hindistan cevizi kabuğu gibi tarımsal atıkların adsorpsiyon proseslerinde kullanılabilirliğinin araştırılması gündeme gelmiştir (Memon ve ark., 2007; Njoku ve ark., 2014; De Smedt ve ark., 2015).

Bentazon ve Metalaxyl Türkiye’de en çok kullanılan pestisitler arasında yer almaktadır. Ticari ismiyle Basagran olarak bilinen Bentazon, ekim yapılmış alanlardaki gıdaların ve yem bitkilerinin aralarında yetişen geniş yapraklıların, yaban otlarının ve hasır otlarının kontrolünde kullanılan bir herbisittir. Metalaxyl ise fungusumsu ökaryot grubunda yer alan mantarların veya su mantarlarının sebep olduğu bitki hastalıklarını kontrol etmek için kullanılan sistematik bir fungusittir (Durmuşoğlu ve ark., 2010; Rodríguez-Liéban ve ark., 2016; Spaltro ve ark., 2018).

Badem yılda 90 000 ton üretim kapasitesi ile ülkemizde en fazla üretilen sert kabuklu yemişler arasında yer almaktadır (Anonim, 2017). Bu nedenle, bu çalışmada, ülkemizde en çok kullanılan pestisitler arasında yer alan Bentazon ve Metalaxyl’in sulu çözeltilerden adsorpsiyon yöntemi ile gideriminde alternatif adsorbent olarak badem kabuğunun kullanılabilirliği incelenmiş ve Box-Behnken deneysel tasarım yöntemi ile adsorpsiyon proseslerinin optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Ayrıca kinetik ve denge çalışmaları gerçekleştirilerek adsorpsiyon prosesleri için en uygun kinetik ve izoterm modelleri belirlenmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Materyaller

Deneylerde kullanılan Bentazon (%99.99) ve Metalaxyl (%99.99) pestisitleri Fluka ve Sigma Aldrich firmalarından, Badem kabukları Balıkesir’deki yerel bir firmadan temin edilmiştir.

Deneylerde kullanılmadan önce, badem kabukları iyice yıkanmış ve kurutulduktan sonra öğütülerek 0.355-0.560 mm aralığında toz haline getirilmiştir. Partikül boyutu elek analizi ile belirlenmiştir. Öğütülen kabuklar öncelikle 15 dakika saf su içerisinde kaynatılarak ısı işleme, ardından 2 saat boyunca 0.6 M sitrik asit içerisinde bekletilerek kimyasal ön işleme tabi tutulmuştur. Ön işlem sonrası kabuklar saf su ile yıkanarak 50 °C’de kurutulmuş ve deneylerde kullanılmak üzere desikatörde muhafaza edilmiştir.

## Deneysel Tasarım

Adsorpsiyon deneylerinin planlaması ve proses optimizasyonu, Box-Behnken deneysel tasarım yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Adsorpsiyon üzerine etkisi incelenecek olan proses parametreleri sırasıyla pH (2, 3.5, 5), pestisit konsantrasyonu (25 mg L<sup>-1</sup>, 50 mg L<sup>-1</sup>, 75 mg L<sup>-1</sup>), adsorbent miktarı (1 g/50 ml, 2g/50 ml, 3 g/50ml), ve adsorpsiyon zamanı (40 dak.,80 dak., 120 dak.) olarak literatür araştırmaları sonucunda belirlenmiştir. 3 seviyeli 4 faktörlü olarak tasarlanan ve 27 farklı kombinasyondan oluşan deney seti Çizelge 1’de gösterilmiştir. Box-Behnken deneysel tasarımı, varyans analizi ve optimizasyon işlemleri için Design Expert 9.0 paket programı kullanılmıştır.

## Tasarım Deneyleri

Çizelge 1’de gösterilen her bir deney için 100 mL’lik erlene 50 mL pestisit çözeltisi konulup, iyice karışması sağlandıktan sonra pH değeri 0.1 M HCl ve 0.1 M NaOH kullanılarak ayarlanmıştır. pH değeri ayarlandıktan sonra belirlenen miktarda adsorbent tartılıp pestisit çözeltisine ilave edilerek deney başlatılmıştır. Numuneler, orbital çalkalayıcıda 150 rpm karıştırma hızında, 25°C sabit sıcaklıkta çalkalanmaya bırakılmıştır. Adsorbentlerin çözeltiliye eklendiği an, t=0 anı olarak alınmış ve belirlenen adsorpsiyon süreleri sonunda adsorpsiyon çözeltisinden numune alınarak, 14000 rpm hızında 3 dakika boyunca santrifüjlenmiştir. Santrifüjlenen numunelerin pestisit konsantrasyonu analizleri spektrofotometrik yöntemle yapılmıştır.

## Kinetik Deneyleri

Adsorpsiyon kinetiğini belirleyebilmek amacı ile Box-Behnken deneysel tasarımı ile proses şartları belirlenen deneyler (Çizelge 1.) 120 dakika süreyle gerçekleştirilmiş ve belirli zaman aralıklarında adsorpsiyon çözeltisinden örnekler alınarak pestisit konsantrasyonu ve adsorpsiyon kapasitesi değerleri zamana karşı incelenmiştir.

## Denge Deneyleri

Adsorpsiyon izotermini belirlemek için Box-Behnken deneysel tasarımından elde edilen optimum pH ve pestisit konsantrasyonu değerlerinde, 50 ml çalışma hacminde 0.5 g - 3 g arasında değişen farklı adsorbent miktarları kullanılarak deneyler yapılmıştır. Denge verilerini belirlemek için adsorpsiyon deneyleri 300 dakika süresince gerçekleştirilmiş ve pestisit adsorpsiyonu zamana karşı incelenmiştir.

## Analitik Ölçümler

Adsorpsiyon deneylerinde ortamda kalan pestisit konsantrasyonları, çözeltilerden alınan numunelerin absorban değerlerinin spektrofotometre (Shimadzu UV-150-02) ile ölçülmesi ile belirlenmiştir. Örneklerin absorban değerleri Bentazon ve Metalaxyl için maksimum piklerin elde edildiği ( $\lambda_{max}$ ) 232 nm ve 215 nm dalga boylarında ölçülmüştür. Ölçülen absorban değerlerinden pestisit konsantrasyonlarının belirlenebilmesi için kalibrasyon grafikleri oluşturulmuştur.

% Adsorpsiyon ve adsorpsiyon kapasitesi ( $q_t$ ) değerleri Eşitlik 1. ve Eşitlik 2. kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Adsorpsiyon} = 100 \times (C_0 - C_t) / C_0 \quad (1)$$

$$q_t = V(C_0 - C_t) / M \quad (2)$$

## Kinetik ve Denge Verilerinin Modellenmesi

Adsorpsiyon kinetiği, adsorbat ile adsorbent arasındaki zaman ilişkisini inceler ve adsorpsiyon işleminin hızına etki eden adsorpsiyon basamaklarının anlaşılmasında önemli bir rol oynar (Salman ve Hameed, 2010). Badem kabuğu ile Bentazon ve Metalaxyl pestisitlerinin gideriminde adsorpsiyon kinetiğinin belirlenmesi amacı ile deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen kinetik veriler literatürde

sıklıkla yer alan yalancı birinci merteye (Eşitlik 3.), yalancı ikinci merteye (Eşitlik 4.), partikül içi difüzyon (Eşitlik 5.) ve Elovich (Eşitlik 6.) kinetik modelleri kullanılarak analiz edilmiştir.

$$q_t = q_e[1 - \exp(-k_1 t)] \quad (3)$$

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad (4)$$

$$q_t = k_p t^{1/2} + C \quad (5)$$

$$q_t = \frac{1}{\beta} \ln(\alpha\beta) + \frac{1}{\beta} \ln t \quad (6)$$

Adsorpsiyon izotermi, sabit sıcaklıkta belirli miktardaki adsorbent ile farklı konsantrasyonlardaki adsorbatları veya belirli miktardaki adsorbat ile farklı konsantrasyonlardaki adsorbentleri dengeye ulaştırarak elde edilmektedir (Aksu, 2005). Badem kabuğu ile Bentazon ve Metalaxyl pestisitlerinin gideriminde adsorpsiyon izoterminin belirlenmesi amacı ile deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen denge verileri Langmuir (Eşitlik 7.), Freundlich (Eşitlik 8.) ve Temkin (Eşitlik 9.) izoterm modelleri kullanılarak analiz edilmiştir.

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_m} + \left( \frac{1}{q_m K_L} \right) \frac{1}{C_e} \quad (7)$$

$$\ln q_e = \ln K_F + \frac{1}{n} \ln C_e \quad (8)$$

$$q_e = \frac{RT}{bT} \ln K_T + \frac{RT}{bT} \ln C_e \quad (9)$$

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Deneysel Tasarım Sonuçları

Badem kabuğu ile Bentazon ve Metalaxyl adsorpsiyonu için Box-Behnken deneysel tasarım yöntemi uygulanarak belirlenen farklı pH, adsorbent konsantrasyonu, pestisit konsantrasyonu ve adsorpsiyon sürelerinde gerçekleştirilen 24 deney ve orta noktada 3 tekrar deneyi için elde edilen % adsorpsiyon değerleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Gerçekleştirilen 27 deney sonucunda badem kabuğu üzerine maksimum % adsorpsiyon değeri Bentazon için % 82.80 Metalaxyl için % 40.40 olarak elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlardan pH değeri azaldıkça ve adsorbent konsantrasyonu artıkça % adsorpsiyon değerinin arttığı görülmektedir.

Design Expert 9.0 programı kullanılarak adsorpsiyon prosesleri için quadratik model denklemler geliştirilmiştir. Geliştirilen model denklemler Eşitlik 10. ve Eşitlik 11.’de verilmiş, modellerin varyans analizi (ANOVA) sonuçları Çizelge 2.’de gösterilmiştir.

Her iki Box-Behnken deney seti için deneysel tasarım modellerinin varyans analizleri (ANOVA) sonucunda elde edilen korelasyon katsayısı ( $R^2$ ) değerlerinin 0.90’dan büyük olması, hesaplanan F değerlerinin ve p değerlerinin anlamlı bir sonuç ifade etmesi istatistiksel olarak modellerin uygun olduğunu göstermektedir. Çizelge 1.’de Box-Behnken tasarım yöntemi uygulanarak gerçekleştirilen deneyler sonucunda elde edilen % adsorpsiyon değerlerinin yanında model denklemlerden hesaplanan teorik % adsorpsiyon değerleri de gösterilmiştir. Model denklemlerden elde edilen teorik % adsorpsiyon değerleri ile deneysel % adsorpsiyon değerlerinin birbirine yakın olması hem Box-Behnken deneysel tasarımının uygunluğunu hem de elde edilen sonuçların güvenilirliğini göstermektedir.

Çizelge 1. Badem kabuğu ile Bentazon ve Metalaxyl adsorpsiyonunun deneysel tasarım sonuçları

#	A : pH	B : Adsorbent Miktarı (g/50mL)	C : Pestisit Kons. (mg L <sup>-1</sup> )	D: Süre (dak.)	Bentazon		Metalaxyl	
					% Ads. (Deneysel)	% Ads. (Teorik)	% Ads. (Deneysel)	% Ads. (Teorik)
1	3.5	2	50	80	33.50	29.97	28.20	27.70
2	2	2	50	120	77.60	78.62	32.20	31.45
3	3.5	1	50	120	28.60	27.97	20.90	20.25
4	3.5	2	75	120	27.10	33.58	19.20	23.00
5	5	1	50	80	9.40	9.16	22.50	21.90
6	2	1	50	80	56.00	57.39	21.80	21.22
7	5	2	50	40	20.90	20.07	21.70	22.62
8	2	2	75	80	68.50	65.42	29.60	27.98
9	5	3	50	80	19.90	17.92	32.90	35.27
10	3.5	1	50	40	23.10	19.10	13.40	12.73
11	3.5	2	25	40	36.80	30.94	24.90	22.89
12	3.5	2	75	40	30.60	33.66	17.10	19.34
13	5	2	75	80	17.00	22.99	26.20	24.51
14	3.5	3	75	80	39.80	32.54	34.40	31.87
15	3.5	2	50	80	32.00	29.97	27.80	27.70
16	3.5	2	25	120	48.30	44.66	30.50	30.05
17	5	2	50	120	32.10	25.69	30.90	30.23
18	2	2	25	80	82.80	77.20	33.50	33.23
19	3.5	3	25	80	28.30	32.47	37.20	37.57
20	5	2	25	80	14.40	17.87	30.20	29.86
21	3.5	1	75	80	21.70	17.72	15.00	14.80
22	2	2	50	40	62.30	68.90	27.40	28.23
23	3.5	3	50	120	33.80	38.19	36.90	35.61
24	2	3	50	80	71.80	71.46	40.40	42.79
25	3.5	3	50	40	30.70	31.72	33.60	32.30
26	3.5	2	50	80	24.40	29.97	27.10	27.70
27	3.5	1	25	80	17.00	24.45	17.00	19.70

Bentazon'un badem kabuğu ile adsorpsiyon işlemi sonucunda elde edilen quadratik model denklemi:

$$\begin{aligned} \% Ads = & + 152.926 - 63.535A + 26.233B - 0.5653C - 0.0396D - 0.8833AB \\ & + 0.11267AC - 0.01708AD + 0.068BC - 0.015BD - 0.00375CD + 6.2963A^2 \\ & - 4.908B^2 + 0.00259C^2 + 0.00254D^2 \end{aligned} \quad (10)$$

Metalaxyl'in badem kabuğu ile adsorpsiyon işlemi sonucunda elde edilen quadratik model denklemi:

$$\begin{aligned} \% Ads = & - 0.10231 - 8.407A + 16.65B - 0.2317C + 0.33188D - 1.36667AB \\ & - 0.00067AC + 0.01833AD - 0.008BC - 0.02625BD - 0.00875CD + 1.224A^2 \\ & - 0.15833B^2 + 0.002493C^2 - 0.00145D^2 \end{aligned} \quad (11)$$

Çizelge 2. Deneysel tasarım modellerinin varyans analizi (ANOVA) sonuçları

Kaynak	SD*	Bentazon Adsorpsiyonu				Metalaxyl Adsorpsiyonu			
		Kareler Toplamı	Ortalama Kareler Değeri	F Değeri	p-değeri	Kareler Toplamı	Ortalama Kareler Değeri	F Değeri	p-değeri
Model	14	10162.57	725.90	16.57	< 0.0001 (Anlamlı)	1273.06	90.93	17.41	< 0.0001 (Anlamlı)
A-pH	1	7767.34	7767.34	177.26	< 0.0001	35.02	35.02	6.70	0.0237
B-Ads. Mik.	1	391.02	391.02	8.92	0.0113	915.25	915.25	175.22	< 0.0001
C-Pest. Kon.	1	43.70	43.70	1.00	0.3377	84.27	84.27	16.13	0.0017
D-Ads.Süresi	1	154.80	154.80	3.53	0.0847	88.02	88.02	16.85	0.0015
AB	1	7.02	7.02	0.16	0.6960	16.81	16.81	3.22	0.0980
AC	1	71.40	71.40	1.63	0.2259	0.0025	0.0025	0.00048	0.9829
AD	1	4.20	4.20	0.096	0.7621	4.84	4.84	0.93	0.3547
BC	1	11.56	11.56	0.26	0.6168	0.16	0.16	0.031	0.8640
BD	1	1.44	1.44	0.033	0.8592	4.41	4.41	0.84	0.3763
CD	1	56.25	56.25	1.28	0.2793	3.06	3.06	0.59	0.4586
A <sup>2</sup>	1	1070.37	1070.37	24.43	0.0003	40.46	40.46	7.75	0.0166
B <sup>2</sup>	1	128.49	128.49	2.93	0.1125	0.13	0.13	0.026	0.8755
C <sup>2</sup>	1	13.94	13.94	0.32	0.5831	12.95	12.95	2.48	0.1413
D <sup>2</sup>	1	88.20	88.20	2.01	0.1814	28.73	28.73	5.50	0.0370
Kalan	12	525.83	43.82			62.68	5.22		
Uygunsuzluk	10	478.22	47.82	1.87	0.3778 (Anlamlı Değil)	62.06	6.21	20.02	0.0485 (Anlamlı Değil)
Hata	2	47.61	23.80			0.62	0.31		
Toplam	26	10688.40				1335.74			
					<b>R<sup>2</sup>= 0.9508</b>				<b>R<sup>2</sup>= 0.9531</b>

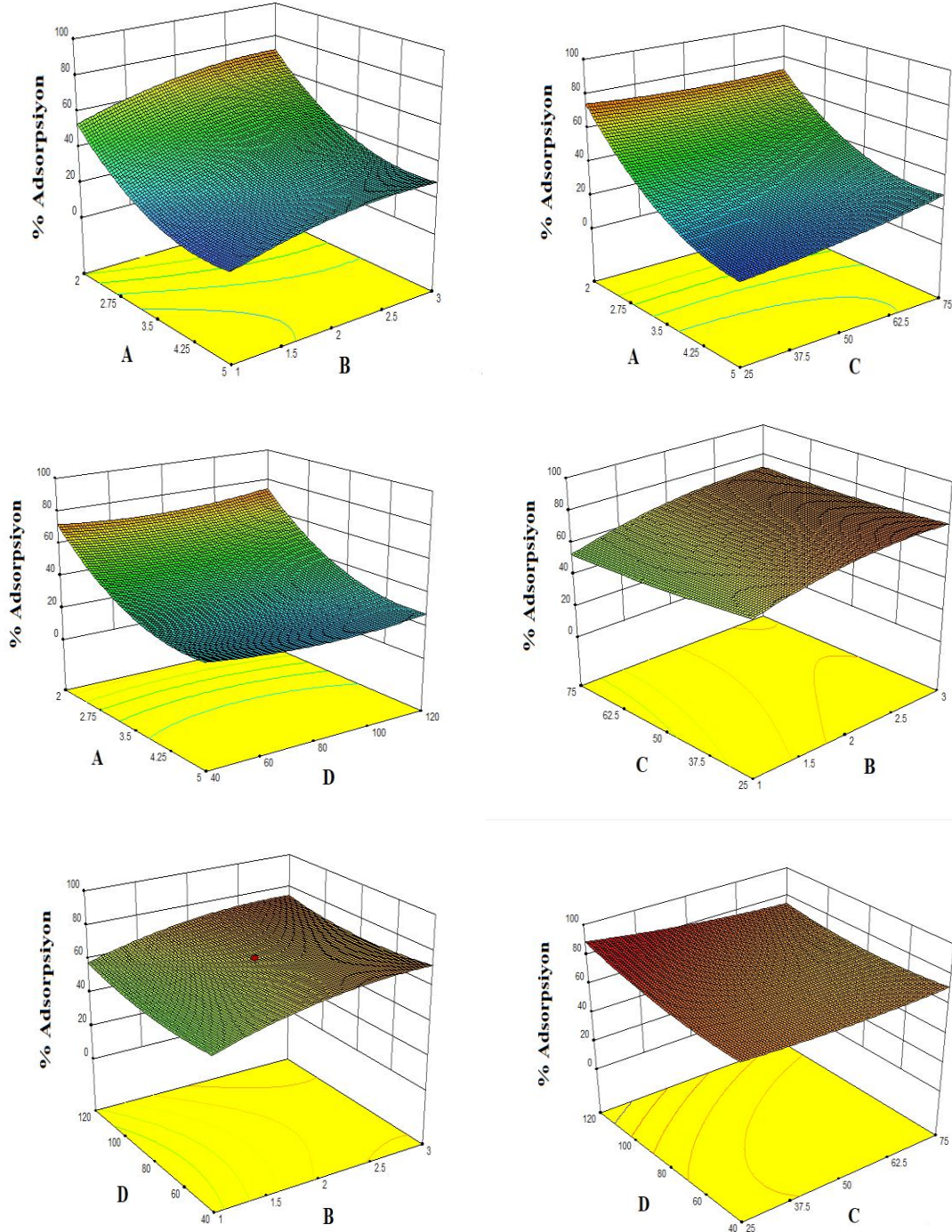
\*SD: Serbestlik derecesi.

Design Expert programı optimizasyon işleminde, işletmecinin hedeflerine göre çalışmak istediği farklı parametreleri belirlemesini mümkün kılmaktadır. Bu nedenle, proses ekonomisi baz alınarak, kısa sürede maksimum pestisit giderimi için: optimum pH değeri (pH2), maliyeti çok düşük olduğu için maksimum adsorbent miktarı (3 g/50 mL), maksimum pestisit konsantrasyonu (75 mg L<sup>-1</sup>) ve minimum adsorpsiyon süresi (40 dak) seçilerek durum optimizasyonu yapılmış ve doğrulama deneyleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3'te gösterilmiştir. Deneysel ve öngörülen sonuçlar arasındaki yüksek uyum, cevap yüzey metodolojisinin proses parametrelerini optimize etmek için etkili ve güçlü bir araç olduğunu göstermektedir.

Çizelge 3. Box-Behnken deneysel tasarımı optimizasyon sonuçları

Optimum Parametreler	pH	Adsorbent Miktarı (g/50 mL)	Pestisit Kons. (mg L <sup>-1</sup> )	Adsorpsiyon Süresi (dakika)	%Adsorpsiyon (Teorik)	%Adsorpsiyon (Deneysel)
Bentazon	2.000	3	75	40.069	72.18	70.34
Metalaxyl	2.003	3	75	40.000	36.38	33.29



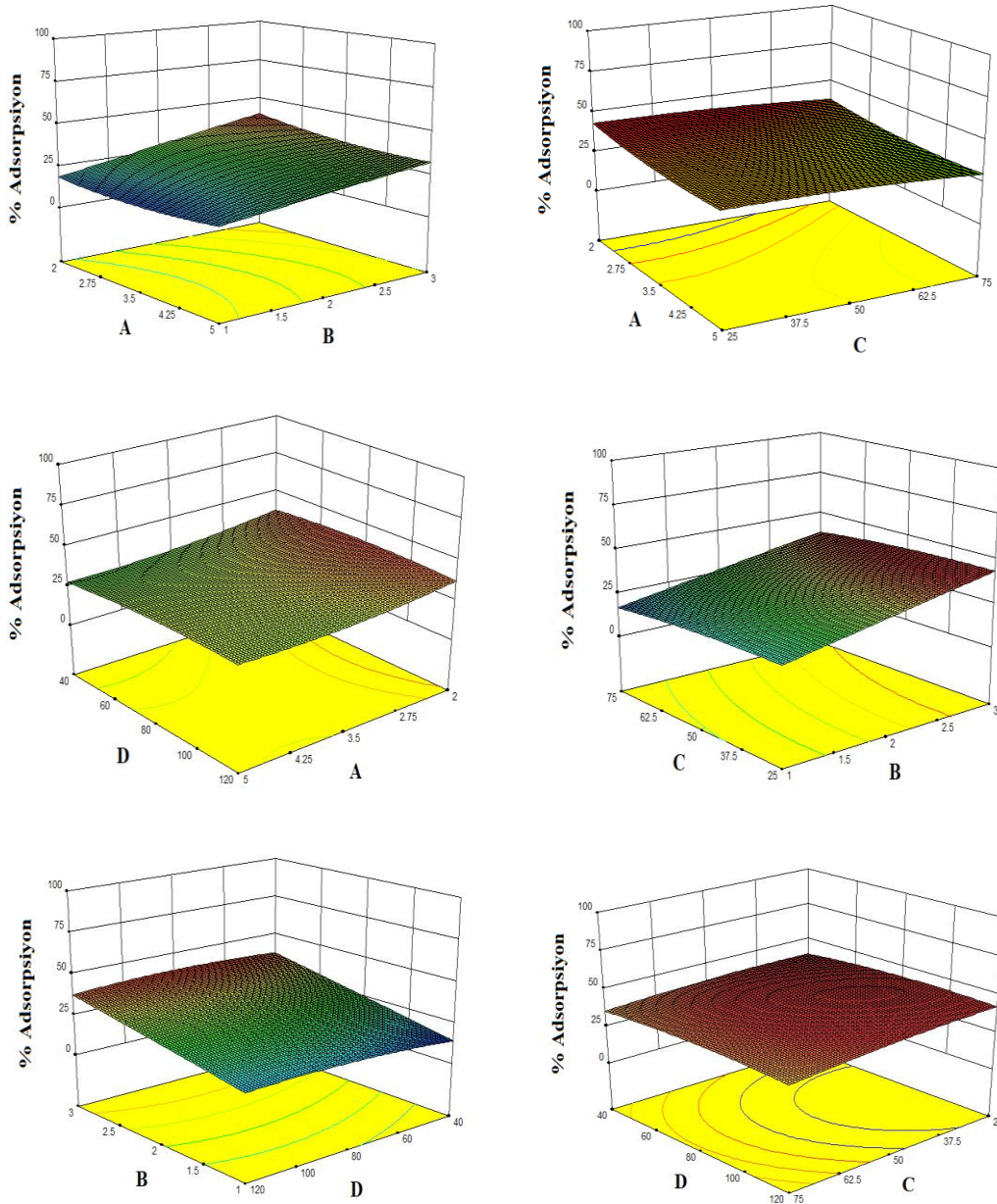


**Şekil 1.** Bentazon'un badem kabuğu ile adsorpsiyonu için 3D cevap yüzey grafikleri (A: pH, B: Adsorbent Miktarı (g/50 mL), C: Pestisit Konsantrasyonu ( $\text{mg L}^{-1}$ ), D: Adsorpsiyon Süresi (dakika))

Adsorpsiyon sonucunu etkileyen parametrelerden en önemlisi pH'dır. Adsorbent yüzey fonksiyonel grupları, içerdikleri farklı yük karakteristikleri ile adsorpsiyon prosesini karışık hale getirmektedirler. Gerçekleştirilen deneylerde de görüldüğü üzere, artan pH değerlerinde % adsorpsiyonun azaldığı belirlenmiştir. Çözeltilerin pH'ındaki değişiklik hem pestisit hem de adsorbent moleküllerinin özelliklerini değiştirmektedir. Düşük pH değerlerinde adsorpsiyonun yüksek olmasının sebebi, yapılarında karbohidratları, aminleri, hidroksil ve karboksilleri ve karbonlu fiber  $\text{CxOH}$  gibi bileşikleri bulunduran adsorbentlerin yüzeylerinin düşük pH değerlerinde hidroksil ( $\text{OH}^-$ ) iyonlarıyla

kaplanmış olması (Memon ve ark., 2007) ve zayıf asit olan Bentazon ( $pK_a \sim 3.3$ ) ve Metalaxyl ( $pK_a \sim 1.41$ ) (Gondar ve ark., 2013) pestisit çözeltilerinin düşük pH değerlerinde artan ( $H^+$ ) iyon konsantrasyonu içermesi ve pestisitlerin yüksek pH değerlerinde olduğu gibi anyon formuna çözünmemiş olmamasıdır (Salman ve ark., 2011). Bu sebeplerden dolayı düşük pH değerlerinde pestisit ve adsorbent yüzeyi arasında elektriksel bir çekim oluşmakta ve % adsorpsiyon artmaktadır. Bu nedenle, 2 farklı deney tasarımı için de optimum pH değeri 2 olarak bulunmuştur.

Proses parametrelerinin adsorpsiyon verimine olan etkilerinin grafik üzerinde görülebilmesi ve yorumlanması amacıyla Design Expert 9.0 programı ile 3-boyutlu (3D) cevap yüzey grafikleri oluşturulmuştur. Bu grafikler Şekil 1. ve Şekil 2.'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Metalaxyl'in badem kabuğu ile adsorpsiyonu için 3D cevap yüzey grafikleri (A: pH, B: Adsorbent Miktarı (g/50 mL), C: Pestisit Konsantrasyonu (mg L<sup>-1</sup>), D: Adsorpsiyon Süresi (dakika))

### Kinetik ve Denge Verilerinin Analizi

Deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen kinetik verilerin yalancı birinci merteye, yalancı ikinci merteye, partikül içi difüzyon ve Elovich kinetik modellerine uygunluğu incelenmiş ve yalancı 2. merteye kinetik modelin çalışılan tüm proses koşullarında deneysel verilere diğer modellerden daha yüksek oranda uyumluluk gösterdiği belirlenmiştir. Yalancı 2. merteye kinetik modeli için elde edilen denklem sabitleri ve istatistiksel veriler Çizelge 4’de verilmiştir.

**Çizelge 4.** Bentazon ve Metalaxyl’in badem kabuğu ile adsorpsiyonu için yalancı 2. merteye kinetik model sabitleri ve istatistiksel veriler

pH	Ads. Miktarı g/50 mL	Pest. Kons. mg L <sup>-1</sup>	#	Bentazon				Metalaxyl			
				q <sub>e</sub> mg g <sup>-1</sup>	k <sub>2</sub> g mg <sup>-1</sup> dak <sup>-1</sup>	S	R <sup>2</sup>	q <sub>e</sub> mg g <sup>-1</sup>	k <sub>2</sub> g mg <sup>-1</sup> dak <sup>-1</sup>	S	R <sup>2</sup>
2.0	1	50	6	1.44	0.176	1.78	0.998	0.62	0.312	7.09	0.999
		25	18	0.53	0.577	5.03	0.998	0.24	0.392	40.2	0.977
	2	50	22	0.85	0.347	1.11	0.999	0.42	0.416	8.12	0.997
		75	8	1.31	0.216	1.41	0.999	0.49	1.525	8.76	0.995
	3	50	24	0.61	0.544	1.66	0.999	0.36	0.667	7.37	0.999
		25	27	0.27	0.161	61.9	0.920	0.25	0.395	23.8	0.991
3.5	1	50	3	0.71	0.146	6.36	0.995	0.43	0.255	10.7	0.995
		75	21	0.93	0.142	5.05	0.994	0.61	0.203	9.45	0.990
	2	25	16	0.30	0.202	21.0	0.988	0.19	0.452	11.9	0.999
		50	15	0.43	0.163	15.5	0.988	0.39	0.334	9.51	0.997
	3	75	4	0.56	0.146	10.7	0.992	0.36	0.322	7.96	0.998
		25	19	0.12	1.371	24.2	0.998	0.15	1.873	15.2	0.999
5.0	1	50	23	0.26	0.427	24.9	0.989	0.31	0.601	5.40	0.999
		75	14	0.49	0.418	4.15	0.999	0.49	0.418	3.00	0.999
	2	50	5	0.25	0.314	37.8	0.975	0.59	0.225	6.47	0.996
		25	20	0.07	2.972	153	0.969	0.07	2.130	188	0.957
	3	50	7	0.36	0.236	31.3	0.970	0.35	0.325	9.03	0.997
		75	13	0.32	0.063	20.2	0.983	0.52	0.236	9.17	0.994
3	50	9	0.23	0.108	57.2	0.955	0.29	0.428	16.1	0.994	

Bentazon’un ve Metalaxyl’in badem kabuğu ile adsorpsiyonu için farklı adsorbent miktarlarında gerçekleştirilen deneyler sonucunda zamana karşı elde edilen adsorpsiyon kapasitesi değerleri Şekil 3.’de verilmiştir. Denge verileri kullanılarak gerçekleştirilen modelleme çalışmaları sonucunda, Langmuir, Freundlich ve Temkin izoterm modelleri için elde edilen denklem katsayıları ve istatistik değerler Çizelge 5’de verilmiştir.

İzoterm modelleri için elde edilen istatistiksel veriler karşılaştırıldığında, Bentazon ve Metalaxyl’in badem kabuğu ile adsorpsiyonlarının Freundlich izoterm modeli ile ifade edilebileceği belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuç adsorpsiyon işleminde kullanılan adsorbentin yüzeyinde farklı adsorpsiyon noktalarının bulunduğunu, bu noktaların heterojen olarak dağıldığını ve adsorpsiyon işlemlerinin çok tabakalı gerçekleştiğini göstermektedir.

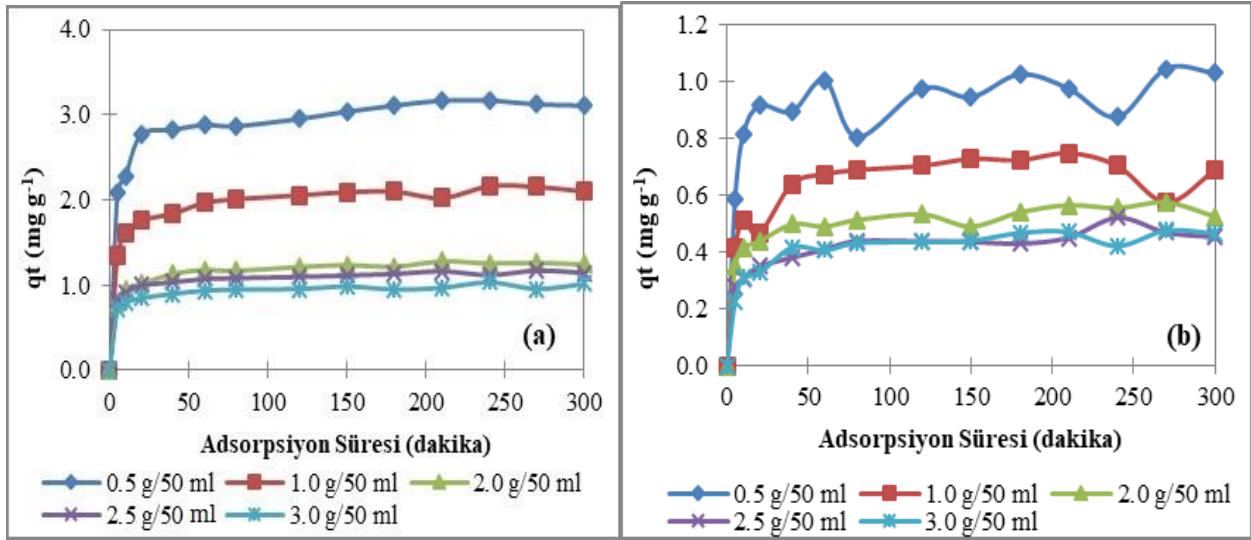
### Sonuçların Literatürde Yer Alan Benzer Çalışmalar ile Karşılaştırılması

Bentazon ve Metalaxyl pestisitlerinin badem kabuğu ile adsorpsiyonu için elde edilen sonuçların, literatürde yer alan benzer çalışmalardan elde edilen veriler ile karşılaştırılması Çizelge 6’da sunulmuştur.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar literatürde yer alan benzer çalışmalara ait sonuçlar ile karşılaştırıldığında; elde edilen adsorpsiyon sürelerinin diğer tüm çalışmalardan daha kısa olduğu



görülmüştür. Ayrıca, Bentazon adsorpsiyonu için elde edilen Freundlich adsorpsiyon izotermi katsayısının ( $K_F$ ), Bentazon'un, söğüt talaşı, bahçe atık gübresi, kumlu balçık kili, inek gübresi ve saman (De Wilde ve ark., 2009) adsorbentleriyle gerçekleştirilen adsorpsiyon işlemlerinden hesaplanan Freundlich adsorpsiyon izotermi katsayılarından ( $K_F$ ) daha büyük olduğu görülmüş ve badem kabuğunun bahsi geçen adsorbentlere kıyasla Bentazon için daha etkili doğal bir adsorbent olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 3. Bentazon (a) ve Metalaxyl'in (a) badem badem kabuğu ile adsorpsiyonu için farklı adsorbent miktarları için zamana karşı elde edilen adsorpsiyon kapasitesi değerleri

Çizelge 5. İzoterm modelleri için elde edilen denklem katsayıları ve istatistik değerler

		Bentazon	Metalaxyl
Freundlich İzotermi	$K_F$ ( $\text{mg}^{1-n} \text{L}^{-n} \text{g}^{-1}$ )	0.06525	$7.52 \times 10^{-6}$
	$n$	1.00870	0.35385
	$S$	0.16402	0.23196
	$R^2$	0.95381	0.86204
Langmuir İzotermi	$q_{\max}$ ( $\text{mg g}^{-1}$ )	10.76	Anlamli Değil
	$K_L$ ( $\text{L mg}^{-1}$ )	$6.81 \times 10^{-3}$	Anlamli Değil
	$S$	0.11162	0.30865
	$R^2$	0.93886	0.88053
Temkin İzotermi	$K_T$ ( $\text{L g}^{-1}$ )	0.10595	0.02515
	$b_T$ ( $\text{L mg}^{-1}$ )	$7.23 \times 10^{-4}$	$8.29 \times 10^{-4}$
	$S$	0.39368	0.20337
	$R^2$	0.92252	0.81587

Çizelge 6. Elde edilen sonuçların literatürde yer alan verilerle karşılaştırılması

Pestisit	Pestisit Derişimi	Adsorbent	Deneysel Koşullar	% Maks. Adsorpsiyon	Freundlich Ads. İzoterm Katsayısı (K <sub>F</sub> ) (mg <sup>1-n</sup> L <sup>-n</sup> g <sup>-1</sup> )	Kaynak
Bentazon			1-3 g/50mL adsorbent	82.8	0.06525	
Metalaxyl	25-75 mg L <sup>-1</sup>	Badem Kabuğu	pH 2-3,5-5 25 °C 40-120 dakika ads. süresi	40.4	7.52x10 <sup>-6</sup>	Bu Çalışma
Metalaxyl	100, 200, 300 ve 400 mg L <sup>-1</sup>	Lewatit OC 1163 Organik Polimer Reçine	0-100 g L <sup>-1</sup> adsorbent 25 g L <sup>-1</sup> optimum adsorbent pH 5.96-6.54, 4 saat ads. süresi	% 96 (100 mg L <sup>-1</sup> ) % 97 (200 mg L <sup>-1</sup> ) % 97.7 (300 mg L <sup>-1</sup> ) % 98.1 (400 mg L <sup>-1</sup> )	0.269	Vergili ve Barlas, 2009
Metalaxyl	200-800 mg L <sup>-1</sup>	Mezafor Silika Nanoparçacık	3.33 g L <sup>-1</sup> adsorbent 25 ± 2 °C 24 saat ads. süresi	% 14 (700 mg L <sup>-1</sup> )	10 <sup>-5</sup>	Wanjika, 2013
Bentazon	1, 10, 1000, 2500, 5000 mg L <sup>-1</sup>	Söğüt Talaşı Bahçe Atık Gübresi Kumlu Balçık Kili İnek Gübresi Torf Karışımı Saman H. Cevizi Talaşı	pH 5.0-7.7 1:10 (katı/sıvı) oranında adsorbent 24 saat ads. süresi 25 °C pH 5.0-7.7 1:25 (katı/sıvı) oranında adsorbent 24 saat ads. süresi 25 °C	-	0.00220 0.00245 0.00057 0.00436 0.00927 0.00254 0.00708	De Wilde ve ark., 2009
Metalaxyl	1, 10, 1000, 2500, 5000 mg L <sup>-1</sup>	H. Cevizi Talaşı Söğüt Talaşı Bahçe Atık Gübresi Kumlu Balçık Kili İnek Gübresi Torf Karışımı Saman H. Cevizi Talaşı	pH 5.0-7.7 1:10 (katı/sıvı) oranında adsorbent 24 saat ads. süresi 25 °C pH 5.0-7.7 1:25 (katı/sıvı) oranında adsorbent 24 saat ads. süresi 25 °C	-	0.00708 0.00229 0.01659 0.00691 0.00425 0.05883 0.00658 0.01066	De Wilde ve ark., 2009

## SONUÇ

Bentazon ve Metalaxyl pestisitlerinin giderimi için tarımsal atık olan badem kabuğunun adsorbent olarak kullanılabilirliği Box-Behnken deneysel tasarım yöntemi uygulanarak incelenmiştir. Pestisit adsorpsiyonları azalan pH ve artan adsorbent miktarı ile artış göstermiştir. Proses ekonomisi baz alınarak, kısa sürede maksimum pestisit giderimi için optimum pH değeri (pH2), maliyeti çok düşük olduğu için maksimum adsorbent miktarı (3 g/50 mL), maksimum pestisit konsantrasyonu (75 mg L<sup>-1</sup>) ve minimum adsorpsiyon süresi (40 dak) seçilerek durum optimizasyonu yapılmış, % 70.3 Bentazon ve % 33.3 Metalaxyl giderimi sağlanmıştır. Çalışmada elde edilen deneysel ve teorik sonuçlar arasındaki yüksek uyum, cevap yüzey metodolojisinin proses parametrelerini optimize etmek için etkili ve güçlü bir araç olduğunu göstermiştir. Kinetik ve denge deneyleri sonucunda elde edilen veriler analiz edilmiş ve Bentazon ve Metalaxyl'in badem kabuğu ile adsorpsiyonunun yalancı 2. mertebe kinetik ve Freundlich izoterm modeli ile ifade edilebileceği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar tarımsal atık olan badem kabuklarının ucuz, kolay ulaşılabilir ve çevre dostu bir adsorbent olarak atık sulardan pestisit giderimi için kullanılabileceğini göstermiştir.



## SİMGELER

$C_0$	Başlangıç adsorbat (pestisit) konsantrasyonu, $\text{mg L}^{-1}$	$\alpha$	Başlangıç adsorpsiyon hızı, $\text{mg g}^{-1}\text{dak}^{-1}$
$C_t$	t zamanında çözeltide kalan adsorbat (pestisit) konsantrasyonu, $\text{mg L}^{-1}$	$\beta$	Elovich denklem sabiti, $\text{g mg}^{-1}$
$C_e$	Adsorbat denge konsantrasyonu, $\text{mg L}^{-1}$	t	İşlem süresi, dak
M	Adsorbent miktarı, g	$K_L$	Langmuir izoterm sabiti, $\text{L mg}^{-1}$
V	Çözelti hacmi, L	$K_F$	Freundlich izoterm sabiti, $\text{mg}^{1-n}\text{L}^{-n} \text{g}^{-1}$
$q_e$	Dengede birim adsorbent tarafından adsorplanmış adsorbat miktarı, $\text{mg g}^{-1}$	$K_T$	Temkin izoterm sabiti, $\text{L mg}^{-1}$
$q_t$	t zamanında birim adsorbent tarafından adsorplanmış adsorbat miktarı, $\text{mg g}^{-1}$	n	Adsorpsiyon yoğunluğunu veren Freundlich sabiti
$q_m$	Birim adsorbent tarafından adsorplanmış maksimum adsorbat miktarı, $\text{mg g}^{-1}$	$b_T$	Adsorpsiyon ısı ile bağlantılı Temkin izoterm sabiti $\text{J g mol}^{-1}\text{mg}^{-1}$
$k_1$	Yalancı birinci mertebe adsorpsiyon hız sabiti, $\text{dak}^{-1}$	T	Sıcaklık, K
$k_2$	Yalancı ikinci mertebe adsorpsiyon hız sabiti, $\text{g mg}^{-1} \text{dak}^{-1}$	R	Gaz sabiti, $\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$
$k_p$	Partikül içi difüzyon hız sabiti, $\text{dak}^{-1}$	$R^2$	Regresyon katsayısı
C	Partikül içi difüzyon denklem sabiti, $\text{mg g}^{-1}$	S	Standart sapma değeri

## KAYNAKLAR

- Anonim, 1990. Public Health Impact of Pesticides Used in Agriculture, World Health Organization, <http://www.who.int/iris/handle/10665/39772> (Erişim Tarihi: 05.04.2019).
- Anonim 2017. Food and Agriculture Organization of The United Nations, Almond Statistic Division, <http://www.fao.org/faostat> (Erişim Tarihi: 21.04.2019).
- Aksu Z, 2005. Application of Biosorption for The Removal of Organic Pollutants: A Review. *Process Biochemistry*, 40(3): 997-1026.
- De Wilde T, Spanoghe P, Ryckeboer J, Jaeken P, Springael D, 2009. Sorption Characteristics of Pesticides on Matrix Substrates Used in Biopurification Systems. *Chemosphere*, 75(1): 100-108.
- De Smedt C, Ferrer F, Leus K, Spanoghe P, 2015. Removal of Pesticides from Aqueous Solutions by Adsorption on Zeolites as Solid Adsorbents. *Adsorption Science & Technology*, 33( 5): 457-485.
- Durmuşoğlu E, Tiryaki O, Canhilal R, 2010. Türkiye'de Pestisit Kullanımı, Kalıntı ve Dayanıklılık Sorunları. VII. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi, 11-15 Ocak 2010, Ankara.
- Forget G, 1993. Balancing The Need for Pesticides with The Risk to Human Health. In: Impact of pesticide use on health in developing countries, Ed: Forget G., Goodman T. ve de Villiers A., IDRC, s.2-16, Ottawa-Kanada.
- Gondar D, López R, Antelo J, Fiol S, Arce F, 2013. Effect of Organic Matter and pH on The Adsorption of Metalaxyl and Penconazole by Soils. *Journal of Hazardous Materials*, 260: 627-633.
- Jeyaratnam J, 1985. Health Problems of Pesticide Usage in The Third World. *British Journal of Industrial Medicine*, 42(8): 505-506.
- Igbedioh SO, 1991. Effects of Agricultural Pesticides on Humans, Animals and Higher Plants in Developing Countries. *Archives of Environmental Health*, 46(4):218-224.
- Memon GZ, Bhangar MI, Akhtar M, 2007. The Removal Efficiency of Chestnut Shells for Selected Pesticides from Aqueous Solutions. *Journal of Colloid and Interface Science*, 315(1): 33-40.
- Njoku VO, Azharul Islam Md, Asif M, Hameed BH, 2014. Utilization of Sky Fruit Husk Agricultural Waste to Produce High Quality Activated Carbon For The Herbicide Bentazon Adsorption. *Chemical Engineering Journal*, 251: 183-191.
- Rodríguez-Liébaná JA, López-Galindo A, Jiménez de Cisneros C, Gálvez A, Rozalén M, Sánchez-Espejo R, Caballero E, Peña A, 2016. Adsorption/Desorption of Fungicides in Natural Clays From Southeastern Spain. *Applied Clay Science*, 132-133: 402-411.
- Spaltro A, Simonetti S, Torrellas SA, Rodriguez JG, Ruiz D, Juan A, Allegretti P, 2018. Adsorption of Bentazon on CAT and CARBOPAL Activated Carbon: Experimental and Computational Study, *Applied Surface Science*, 433: 487-501.

- Salman JM, Hameed BH, 2010. Effect of Preparation Conditions of Oil Palm Fronds Activated Carbon on Adsorption of Bentazon from Aqueous Solutions. *Journal of Hazardous Materials*, 175(1): 133-137.
- Salman JM, Njoku VO, Hameed BH, 2011. Adsorption of Pesticides from Aqueous Solution Onto Banana Stalk Activated Carbon. *Chemical Engineering Journal*, 174(1): 41-48.
- Vergili I, Barlas H, 2009. Removal of 2, 4-D, MCPA and Metalaxyl from Water Using Lewatit VP OC 1163 as Sorbent. *Desalination*, 249(3): 1107-1114.
- Wanyika H, 2013. Sustained Release of Fungicide Metalaxyl by Mesoporous Silica Nanospheres. *J. Nanopart. Res.*, 15(8): 1-9, 2013.

**İğdir İli Partiküler Kirlilik Düzeyi ve Partiküler Kirliliğin Diğer Kirleticiler ile İlişkileri**Aysun ALTİKAT\*<sup>1</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada İğdir ilinde hava kirleticiler ile atmosferdeki PM<sub>10</sub> konsantrasyonu arasındaki korelasyonlar mevsimsel bazda incelenerek etki düzeyleri belirlenmiştir. Veri seti olarak Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı'ndan 2016-2017, 2017-2018 ve 2018-2019 yıllarına ait; SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> konsantrasyonlarından yararlanılmıştır. Belirtilen tarihler arasında günlük ölçümler dikkate alınarak yapılan çalışmada toplamda 6630 adet veri seti kullanılmıştır. Kirleticilerin PM<sub>10</sub> üzerindeki etki düzeylerini belirlemek amacıyla veriler Spearman's korelasyon testlerine tabi tutulmuş ve mevsimsel bazda kirleticiler ile PM<sub>10</sub> arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre tüm yıllarda en yüksek PM<sub>10</sub> konsantrasyonu sonbahar ve kış periyotlarında elde edilmiştir. Buna ilaveten, ildeki diğer kirleticilerle kıyaslandığında partiküler kirlilik ile NO<sub>x</sub>, NO ve NO<sub>2</sub> kirleticileri arasında daha yüksek oranda doğrusal bir bağıntı olduğu gözlenmiştir. Tüm mevsimlerde atmosferdeki O<sub>3</sub> ile PM<sub>10</sub> konsantrasyonu arasında ters orantılı bir değişim belirlenmiştir. Ayrıca, kirleticiler arasında PM<sub>10</sub> ve NO<sub>x</sub> konsantrasyonlarının tüm yıllar ve mevsimlerde üst limit değerinin üzerinde olduğu belirlenirken O<sub>3</sub> konsantrasyonu ise sadece 2017-2018 ve 2018-2019 yıllarının kış periyodunda üst sınır değerinin üzerinde seyretmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Partiküler kirlilik, azot oksitler, kükürt dioksit, troposferik ozon, korelasyon, PM<sub>10</sub>

**Particulate Pollution Level and Relations of Particulate Pollution with Other Pollutants in İğdir**

**ABSTRACT:** In this study, correlations between air pollutants and PM<sub>10</sub> concentration in İğdir were examined on a seasonal basis and their effect levels were determined. The data set including SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> and PM<sub>10</sub> concentrations was obtained from the National Air Quality Monitoring Network of the Ministry of Environment and Urbanization for the years 2016-2017, 2017-2018 and 2018-2019. A total of 6630 data sets were used in the study, which was carried out by taking daily measurements into consideration. In order to determine the effect levels of pollutants on PM<sub>10</sub>, the data were subjected to Spearman's correlation tests and the relationships between pollutants and PM<sub>10</sub> on a seasonal basis were examined. According to the results of the research, the highest PM<sub>10</sub> concentration was obtained in autumn and winter periods in all years. In addition, there is a higher linear correlation between particulate pollution and NO<sub>x</sub>, NO and NO<sub>2</sub> pollutants compared to other pollutants in the province. In all seasons, an inversely proportional change was observed between the concentration of O<sub>3</sub> and PM<sub>10</sub> in the atmosphere. In addition, while PM<sub>10</sub> and NO<sub>x</sub> concentrations among pollutants were determined to be above the upper limit in all years and seasons, O<sub>3</sub> concentration remained above the upper limit only in the winter period of 2017-2018 and 2018-2019.

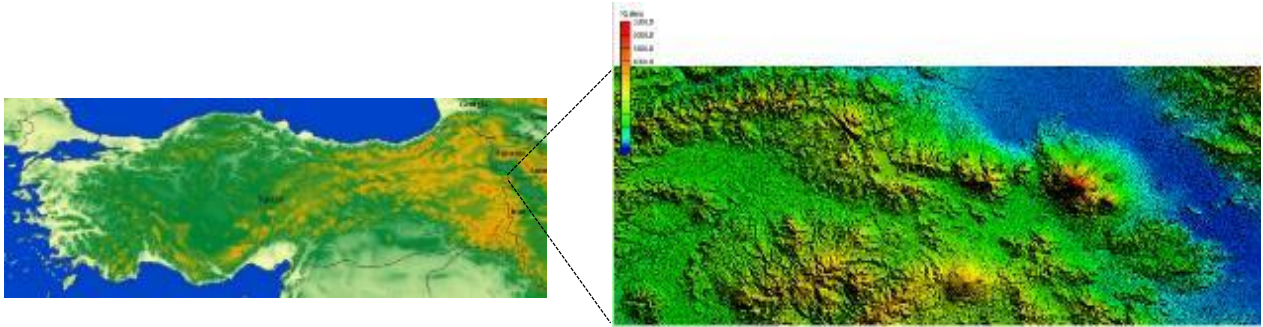
**Keywords:** Particulate pollution, nitrogen oxides, sulfur dioxide, tropospheric ozone, correlation, PM<sub>10</sub>

<sup>1</sup> Aysun ALTİKAT (Orcid ID: 0000-0001-9774-2905), İğdir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İğdir, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Aysun ALTİKAT, e-mail: aysun.altikat@igdir.edu.tr

## GİRİŞ

İğdır, Doğu Anadolu Bölgesi'nin en doğusunda 39'-41' kuzey paralelleri ile 43'-45' doğu meridyenleri arasında yer almaktadır (Şekil 1). İlin Ermenistan, Nahcivan ve İran ile sınırı olup yaklaşık 3585 m<sup>2</sup> yüz ölçümüne sahiptir. Karasal iklim koşullarının gözlemlendiği ilde yıllık ortalama yağış ve ortalama sıcaklık sırasıyla, 256.4 mm ve 11.6°C'dir. Her ne kadar karasal iklim özelliğine sahip olsa da Doğu Anadolu Bölgesi'nin diğer kesimlerinde görülen şiddetli kara ikliminden etkilenmez. Bunun en önemli nedeni çevresinde bulunan Ağrı Dağı (5137 m) gibi yüksek alanlara göre ilin alçakta (850 m) olmasıdır. Bu coğrafi konum sayesinde ilde mikro-klima özelliği gözlenmektedir.



Şekil 1. Araştırmanın yürütüldüğü bölge

Atmosferdeki kirlenici konsantrasyonunun artması olarak tanımlanan hava kirliliği önlem alınmaması durumunda yaşam kalitesini olumsuz yönde etkileyerek ciddi sağlık problemlerine neden olmaktadır. Hava kirliliğine neden olan kaynaklar doğal ve yapay kaynaklar olarak sınıflandırılır. Yaşamın doğal döngüsü içerisinde meydana gelen orman yangınları, polenler, rüzgârlar gibi olaylardan kaynaklanan kirlilik doğal kaynaklı, ısınma amaçlı fosil yakıt tüketimi (Gümrükçüoğlu ve Soylu, 2011), egzoz emisyonları (İlek ve Elbir, 2012), yakma tesisleri, enerji santralleri (Özdemir, 2008) gibi faktörlerden meydana gelen kirlilik ise yapay kaynaklı kirlilik olarak tanımlanır.

Yapılan araştırmalarda atmosfer kirlenitçilerinin SO<sub>2</sub> (Qiu ve ark., 2012), NO<sub>2</sub> (Nafstad ve ark., 2003), O<sub>3</sub> (Künzli ve Tager, 2005) ve partiküler madde konsantrasyonları (Zeger ve ark., 2000) olduğu tespit edilmiştir. PM<sub>10</sub> 10 µm'den daha düşük çapa sahip partiküler maddelerden oluşan bir kirlenici olup içeriğinde toz, endüstriyel ve trafik kaynaklı emisyonları bulundurur (Liu ve ark., 2004). Buna ilaveten kalp ve solunum yolu rahatsızlıkları nedeniyle ölümcül sağlık problemlerine neden olmasından dolayı partiküler madde en önemli atmosferik kirlenici bileşeni olarak kabul edilmektedir (Harrison ve ark., 2004; Pozzi ve ark., 2005; Chakra ve ark., 2007; Akyüz ve Çabuk, 2009).

Hava kirlilik düzeyine kirlenici gazların yanı sıra meteorolojik faktörler de etkili olmaktadır. Özellikle saatlik, günlük ve haftalık kirlilik konsantrasyonlarındaki değişimin nedenlerinden biri de bölgenin topografik koşulları ve meteorolojik faktörlerindeki değişimdir (Choi ve ark., 2008).

Bu araştırmada İğdır ilinde PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun yıllar ve mevsimler bazındaki konsantrasyon düzeylerini ve limit aşım sayıları ile PM<sub>10</sub>'un SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NO, O<sub>3</sub> ve NO<sub>2</sub> kirlenitçileri ile olan ilişkilerinin ortaya konması amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırma materyalini 2016-2017-2018 yıllarının tamamı ve 2019 yılının Ocak-Şubat ve Mart ayları için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı'ndan (ÇŞB, 2019) temin edilen PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NO, NO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> kirlenitçilerinin günlük ortalama değerleri oluşturmaktadır. Kirlenitçiler ile PM<sub>10</sub> arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla verilerin öncelikle nasıl bir dağılım

sergiledikleri belirlenmiştir. Bu amaçla SPSS istatistik programından yararlanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda hem kirleticiler gazların hem de PM<sub>10</sub> konsantrasyonlarının nan-parametrik bir dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Bu veriler daha sonra korelasyon testlerine tabi tutulmuştur. Verilerin lineer bir dağılım göstermemesi nedeniyle Spearman's korelasyon testi uygulanarak mevsimsel bazda kirleticiler ile PM<sub>10</sub> konsantrasyonu arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Testin yorumlanmasında korelasyon katsayıları dikkate alınmıştır. Korelasyon katsayısı 0.5'den küçük olan faktörler arasındaki ilişki zayıf bağıntı olarak kabul edilmiş, bu değer 0.5 – 0.7 arasında ise faktörler arasındaki değişimin orta düzeyde bağıntılı olduğu sonucuna varılmıştır. Korelasyon katsayısının 0.7'den büyük olması durumunda ise faktörler arasında yüksek oranda bağıntı olduğuna karar verilmiştir (Zou ve ark., 2003).

## BULGULAR ve TARTIŞMA

### İlkbahar Periyoduna İlişkin Sonuçlar

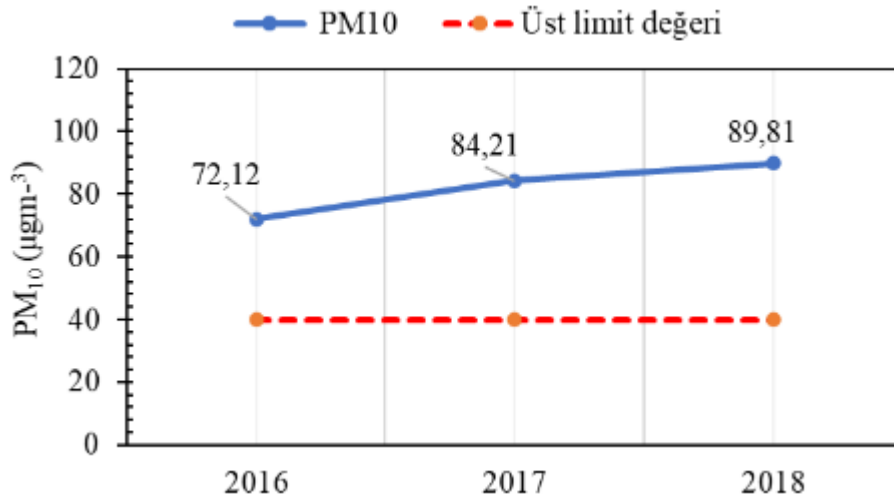
İlkbaharda il genelinde atmosferde bulunan SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> konsantrasyonlarının yıllar bazında aylık ortalama değerleri ve üst limit aşım sayıları Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge 1 incelendiğinde tüm yıllarda atmosferdeki PM<sub>10</sub> ve NO<sub>x</sub> konsantrasyonlarının üst limit değerinin oldukça üzerinde seyrettiği görülmektedir. Bununla birlikte; SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO ve O<sub>3</sub> değerlerinin kabul edilen sınır değerlerinin altında olduğu belirlenmiştir. İlkbahar döneminde PM<sub>10</sub> ve NO<sub>x</sub> konsantrasyonları Mart ayından Mayıs ayına doğru azalma eğilimine girmiştir. Bu eğilim O<sub>3</sub> dışında diğer kirleticilerde de belirlenmiştir. İlkbahar döneminde PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun yıllar bazında ortalama değerleri Şekil 1'de verilmiştir. Şekil 1'den de anlaşılacağı gibi ilkbahar periyodunda gözlemlenen PM<sub>10</sub> konsantrasyonu yıllar bazında sürekli artış göstermiş ve sınır değeri olan 40 µgm<sup>-3</sup>'ün üzerinde seyretmiştir.

İlkbahar döneminde hava kirleticiler ile PM<sub>10</sub> konsantrasyonu arasındaki korelasyon katsayıları Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelge 2 incelendiğinde; ilkbahar döneminde araştırmaya konu olan tüm yıllarda PM<sub>10</sub> konsantrasyonu ile O<sub>3</sub> arasında negatif yönlü bir bağıntı belirlenmiştir. Buna ilaveten O<sub>3</sub> dışında kalan tüm kirleticiler ile PM<sub>10</sub> konsantrasyonu arasında ise doğru orantılı korelasyonların olduğu tespit edilmiştir. Özellikle 2016 ve 2017 yıllarında PM<sub>10</sub> ile NO<sub>x</sub> arasında doğru orantılı güçlü bir korelasyonun olduğu yine Çizelge 2'den anlaşılmaktadır.

Çizelge 1. İlkbahar periyodunda kirleticiler konsantrasyonları ve üst limit aşım sayıları

Yıl	Aylar ve limit aşım değerleri	PM <sub>10</sub> (µgm <sup>-3</sup> )	SO <sub>2</sub> (µgm <sup>-3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µgm <sup>-3</sup> )	NO <sub>x</sub> (µgm <sup>-3</sup> )	NO (µgm <sup>-3</sup> )	O <sub>3</sub> (µgm <sup>-3</sup> )
2016	Mart	96.43	10.84	23.98	30.23	6.25	55.59
	Nisan	70.46	5.21	20.08	24.50	4.41	60.70
	Mayıs	49.47	2.70	15.78	19.12	3.33	61.29
	Sınır Değeri	40	350	250	30		120
	Aşım sayısı (adet)	73	0	0	24		0
2017	Mart	121.38	12.95	35.88	23.76	8.53	34.32
	Nisan	75.32	7.09	24.24	15.41	5.50	41.93
	Mayıs	55.93	5.95	14.65	9.54	3.30	48.53
	Sınır Değeri	40	350	250	30		120
	Aşım sayısı (adet)	81	0	0	8		0
2018	Mart	117.89	20.56	61.11	36.66	9.26	30.99
	Nisan	90.63	18.07	70.71	42.17	10.40	32.93
	Mayıs	60.91	19.50	51.66	39.59	19.36	27.05
	Sınır Değeri	40	350	250	30		120
	Aşım sayısı (adet)	62	0	0	63		0



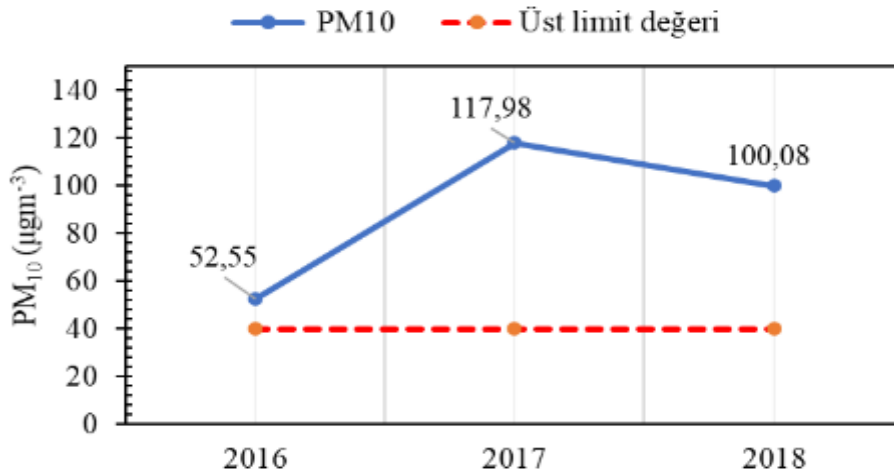
Şekil 1. İlkbahar dönemine ait PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun yıllar bazındaki değişimi

Çizelge 2. İlkbahar dönemi Spearman's testine ait korelasyon katsayıları

Yıllar	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NO	O <sub>3</sub>
2016	0.458**	0.673**	0.692**	0.575**	-0.466**
2017	0.447**	0.684**	0.714**	0.610**	-0.498**
2018	0.114	0.327**	0.218*	-0.114	-0.218*

### Yaz Periyoduna İlişkin Sonuçlar

Yaz periyodunda kirlenici konsantrasyonlarının aylık değişimleri ve sınır değeri aşım sayıları Çizelge 3'te verilmiştir. Çizelge incelendiğinde ilkbahar periyodunda olduğu gibi limit aşımı sadece PM<sub>10</sub> ve NO<sub>x</sub> konsantrasyonlarında belirlenmiştir. PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun 2016 yılının yaz periyodunda 60 defa limit değeri olan 40 µgm<sup>-3</sup>'ün üzerinde olduğu tespit edilirken, bu değer 2017 ve 2018 yıllarında 91 ve 90 olarak gözlenmiştir. NO<sub>x</sub> konsantrasyonunda ise 2017 yılında limit değeri aşılmazken 2016 yılında 2, 2018 yılında ise 10 defa üst sınır konsantrasyonu olan 30 µgm<sup>-3</sup> değerinin üzerinde ölçüm kaydedilmiştir. Yaz periyodunda PM<sub>10</sub> ve NO<sub>x</sub> dışında kalan tüm kirlenicilerin konsantrasyon değerleri tüm yıllarda sınır değerleri altında seyretmiştir. Üç yıl süreyle atmosferdeki PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun ortalama değerleri Şekil 2'de verilmiştir. Ortalama değerler incelendiğinde değerlerin tüm yıllarda üst sınır değeri olan 40 µgm<sup>-3</sup>'ün üzerinde olduğu anlaşılmaktadır.

Şekil 2. Yaz dönemine ait PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun yıllar bazındaki değişimi

Çizelge 3. Yaz periyodunda kirleticici konsantrasyonları ve üst limit aşım sayıları

Yıl	Aylar ve limit aşım değerleri	PM <sub>10</sub> (µgm <sup>-3</sup> )	SO <sub>2</sub> (µgm <sup>-3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µgm <sup>-3</sup> )	NO <sub>x</sub> (µgm <sup>-3</sup> )	NO (µgm <sup>-3</sup> )	O <sub>3</sub> (µgm <sup>-3</sup> )
2016	Haziran	57.61	3.12	16.52	20.05	3.54	64.48
	Temmuz	42.82	2.84	13.23	16.83	3.60	68.14
	Ağustos	57.22	3.05	16.95	21.14	4.19	57.65
	Sınır Değeri	40	350	250	30	-	120
	Aşım sayısı (adet)	60	0	0	2	-	0
2017	Haziran	102.25	6.71	16.08	9.67	2.50	52.72
	Temmuz	116.95	5.17	14.91	8.94	2.26	56.59
	Ağustos	134.74	6.40	16.58	10.33	3.08	53.83
	Sınır Değeri	40	350	250	30	-	120
	Aşım sayısı (adet)	91	0	0	0	-	0
2018	Haziran	68.10	11.89	28.76	19.90	7.91	60.30
	Temmuz	146.51	8.54	12.56	7.24	1.44	65.13
	Ağustos	85.62	9.60	13.05	7.00	0.89	49.73
	Sınır Değeri	40	350	250	30	-	120
	Aşım sayısı (adet)	90	0	0	10	-	0

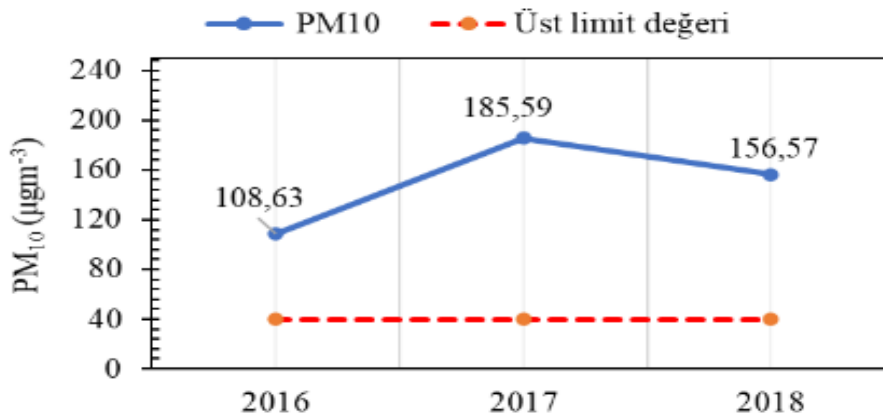
Yaz periyodu için yapılan korelasyon testi sonuçları incelendiğinde hava kirleticileri ile PM<sub>10</sub> konsantrasyonu arasında ilkbahar dönemi ile kıyaslandığında daha zayıf bir ilişki belirlenmiştir (Çizelge 4). Bu periyotta PM<sub>10</sub> ile kirleticiler arasındaki en yüksek korelasyon 2016 ve 2017 yılları için NO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> kirleticilerinde gözlenmiştir. Buna ilaveten 2018 yılının yaz döneminde PM<sub>10</sub> konsantrasyonu ile kirleticiler arasında güçlü bir bağlantı bulunmamıştır.

Çizelge 4. Yaz dönemi Spearman's testine ait korelasyon katsayıları

Yıllar	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NO	O <sub>3</sub>
2016	0.103	0.675**	0.664**	0.380**	-0.534**
2017	0.148	0.468**	0.460**	0.388**	-0.129
2018	0.062	-0.054	0.011	0.065	0.191

### Sonbahar Dönemine Ait Sonuçlar

Sonbahar dönemindeki kirleticici konsantrasyonlarında ilkbahar ve yaz dönemlerine göre artış meydana gelmiştir (Çizelge 5). Bu artış sınır aşım sayısına da yansımıştır. Sonbaharda en yüksek kirleticici konsantrasyonları Kasım ayında tespit edilmiştir. İlkbahar ve yaz periyotlarında olduğu gibi üst sınır aşımı sadece PM<sub>10</sub> ve NO<sub>x</sub> konsantrasyonlarında gözlenmiştir. Sonbaharda PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun üç yıllık periyottaki değişimi Şekil 3'te verilmiştir. Yıllık bazdaki değişimler incelendiğinde sonbahar dönemindeki en yüksek konsantrasyon değeri 2017 yılında elde edilmiştir. Buna ilaveten tüm yıllardaki PM<sub>10</sub> konsantrasyonu üst limit değerinin çok üzerinde seyretmiştir.

Şekil 3. Sonbahar dönemine ait PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun yıllar bazındaki değişimi

Çizelge 5. Sonbahar periyodunda kirletici konsantrasyonları ve üst limit aşım sayıları

Yıl	Aylar ve limit aşım değerleri	PM <sub>10</sub> (µgm <sup>-3</sup> )	SO <sub>2</sub> (µgm <sup>-3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µgm <sup>-3</sup> )	NO <sub>x</sub> (µgm <sup>-3</sup> )	NO (µgm <sup>-3</sup> )	O <sub>3</sub> (µgm <sup>-3</sup> )
2016	Eylül	49.66	3.18	19.58	25.58	5.99	43.64
	Ekim	82.55	4.49	33.18	29.33	17.65	16.85
	Kasım	193.69	12.02	33.52	53.89	41.61	3.07
	Sınır Değeri	40	350	250	30		120
	Aşım sayısı (adet)	74	0	0	51		0
2017	Eylül	158.89	5.07	18.35	11.71	3.76	42.29
	Ekim	146.44	6.70	19.25	17.10	12.84	29.10
	Kasım	251.44	25.22	27.05	30.97	27.06	22.52
	Sınır Değeri	40	350	250	30		120
	Aşım sayısı (adet)	87	0	0	14		0
2018	Eylül	105.40	11.98	19.45	11.15	2.35	44.08
	Ekim	140.85	8.66	27.87	22.17	12.07	39.73
	Kasım	223.46	20.10	35.23	66.42	32.02	16.32
	Sınır Değeri	40	350	250	30		120
	Aşım sayısı (adet)	90	0	0	36		0

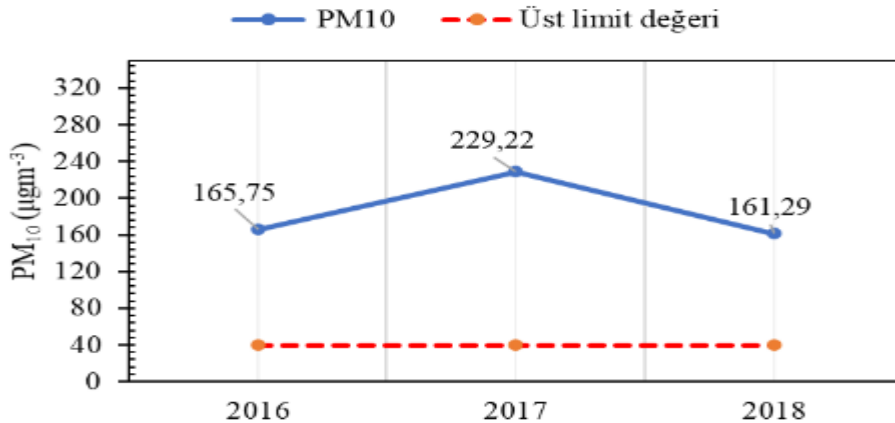
Sonbahar dönemi için yapılan korelasyon testi sonuçlarına göre PM<sub>10</sub> değişimi ile SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub> ve NO değişimleri arasında doğru orantılı yüksek bir ilişki olduğu Çizelge 6'dan anlaşılmaktadır. İlkbahar ve yaz periyotlarında olduğu gibi sonbaharda da PM<sub>10</sub> ile O<sub>3</sub> arasında ters yönlü bir ilişki belirlenmiştir.

Çizelge 6. Sonbahar dönemi Spearman's testine ait korelasyon katsayıları

Yıllar	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NO	O <sub>3</sub>
2016	0.703**	0.496**	0.696**	0.774**	-0.602**
2017	0.595**	0.856**	0.855**	0.756**	-0.372**
2018	0.598**	0.737**	0.785**	0.760**	-0.564**

### Kış Periyoduna İlişkin Sonuçlar

Araştırmada beklenen bir sonuç olarak kış periyodunda elde edilen kirletici konsantrasyonları diğer periyotlara göre daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 7). Buna ilaveten kirleticiler arasında PM<sub>10</sub>, NO<sub>x</sub> ve O<sub>3</sub> konsantrasyonları sınır değerleri üzerinde seyretmiştir. Çizelge 7'den de anlaşılacağı gibi PM<sub>10</sub> konsantrasyonları tüm yıllarda neredeyse her gün sınır değeri olan 40 µgm<sup>-3</sup>'ün çok üzerinde seyretmiştir. Diğer periyotlardan farklı olarak O<sub>3</sub> konsantrasyonu da 2018-2019 yıllarını kapsayan aylarda sınır değerinin üzerine çıkmıştır. Kış periyodunda yıllar bazında PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun ortalama değerleri Şekil 4'de verilmiştir. Değerler incelendiğinde diğer mevsimlere göre kış periyodundaki ortalama PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun çok daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır.

Şekil 4. Kış dönemine ait PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun yıllar bazındaki değişimi

Çizelge 7. Kış periyodunda kirlenici konsantrasyonları ve üst limit aşım sayıları

Yıl	Aylar ve limit aşım değerleri	PM <sub>10</sub> (µgm <sup>-3</sup> )	SO <sub>2</sub> (µgm <sup>-3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µgm <sup>-3</sup> )	NO <sub>x</sub> (µgm <sup>-3</sup> )	NO (µgm <sup>-3</sup> )	O <sub>3</sub> (µgm <sup>-3</sup> )
2016-17	Aralık	172.45	25.03	59.41	47.15	19.97	17.81
	Ocak	144.59	31.42	46.88	27.35	6.07	42.49
	Şubat	180.21	27.72	60.76	36.46	9.40	39.23
	Sınır Değeri	40	350	250	30		120
	Aşım sayısı (adet)	89	0	0	60		0
Yıl	Aylar ve limit aşım değerleri	PM <sub>10</sub> (µgm <sup>-3</sup> )	SO <sub>2</sub> (µgm <sup>-3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µgm <sup>-3</sup> )	NO <sub>x</sub> (µgm <sup>-3</sup> )	NO (µgm <sup>-3</sup> )	O <sub>3</sub> (µgm <sup>-3</sup> )
2017-18	Aralık	312.94	38.60	43.26	45.54	33.34	22.18
	Ocak	205.53	34.92	47.60	35.17	16.11	24.10
	Şubat	169.19	31.98	56.22	37.37	13.40	26.47
	Sınır Değeri	40	350	250	30		120
	Aşım sayısı (adet)	89	0	0	76	0	14

Çizelge 7. Kış periyodunda kirlenici konsantrasyonları ve üst limit aşım sayıları (devam)

	PM <sub>10</sub> (µgm <sup>-3</sup> )	SO <sub>2</sub> (µgm <sup>-3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µgm <sup>-3</sup> )	NO <sub>x</sub> (µgm <sup>-3</sup> )	NO (µgm <sup>-3</sup> )	O <sub>3</sub> (µgm <sup>-3</sup> )	
2018-19	Aralık	160.92	9.90	39.52	64.48	23.03	17.07
	Ocak	203.95	33.17	51.25	74.86	25.21	40.80
	Şubat	119.01	29.85	39.78	51.30	10.14	54.83
	Sınır Değeri	40	350	250	30	-	120
	Aşım sayısı (adet)	90	0	0	87	0	51

Bu periyottaki PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun diğer kirlenici ile olan ilişkisi Çizelge 8’de verilmiştir. Çizelgedeki korelasyon katsayıları incelendiğinde özellikle 2017 yılında PM<sub>10</sub> ile NO<sub>x</sub> ve NO kirlenici arasında çok yüksek oranda doğru orantılı bir ilişkinin olduğu gözlenmektedir. Buna ilaveten diğer periyotlarda olduğu gibi bu periyotta da PM<sub>10</sub> değeri ile atmosferdeki O<sub>3</sub> oranı ile negatif yönlü bir ilişki olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 8. Kış dönemi Spearman’s testine ait korelasyon katsayıları

	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NO	O <sub>3</sub>
2016	0.302**	0.499**	0.582**	0.397**	-0.303**
2017	0.617**	-0.228*	0.788**	0.902**	-0.428**
2018	0.033	0.583**	0.651**	0.450**	-0.199

Atmosferde bulunan Ozon (O<sub>3</sub>), azot dioksit (NO<sub>2</sub>), kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), karbon monoksit (CO) ve PM<sub>10</sub> insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere yol açabilen kirlenici arasında yer almaktadır (Fleming ve ark., 2005). Azotoksitler çeşitli yanma prosesleri sonucu ortaya çıkar ve atmosferdeki diğer bileşiklerle reaksiyona girerek; nitrozaminler, propenal, hidrazinler, aminler ve ürean gibi çok daha zararlı ikincil kirlenicilerin oluşumuna sebep olurlar. Ayrıca azotoksit serbest radikal reaksiyonlarının da bir bileşimidir. Atmosferdeki bir diğer kirlenici olan kükürt dioksit asit yağmurunun başlıca sebebidir (Doğruparmak ve Özbay, 2011). Partiküler madde kaynaklı hava kirliliği solunum ve kalp hastalıklarına sebep olarak ölümlere yol açabilir (Cakmak ve ark., 2007; Kappos ve ark., 2004)

Atmosferdeki kirlenicilerin birbirleriyle olan ilişkilerini incelemek amacıyla çok sayıda araştırma yapılmıştır. Örneğin; Doğruparmak ve Özbay (2011) kirlenici arasındaki korelasyonları belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada; NO<sub>2</sub>-O<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>-CO, NO<sub>x</sub>-NMHC ve NO<sub>x</sub>-SO<sub>2</sub> kirlenici arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Araştırma sonucunda en yüksek korelasyon değerinin 0.87 ile NO<sub>2</sub>-O<sub>3</sub> arasında olduğunu; NO<sub>x</sub>-CO, NO<sub>x</sub>-NMHC ve NO<sub>x</sub>-SO<sub>2</sub> kirlenici arasındaki korelasyon katsayılarının ise sırasıyla; 0.56, 0.51 ve 0.69 değerlerini aldığını belirtmişlerdir.

Yapılan birçok çalışmada kirlenici konsantrasyonlarının aylık ve mevsimsel bazdaki değişimleri incelenmiş ve kirlenici konsantrasyonlarındaki değişimin özellikle meteorolojik faktörlere bağlı olarak

değişkenlik gösterdiği belirtilmiştir. Örneğin Bralic ve ark., (2012) atmosferdeki kirleticilerin mevsimsel bazda değişimlerini inceledikleri araştırmalarında konsantrasyon seviyelerinin meteorolojik faktörlerden etkilendiğini belirtmişlerdir. Araştırma sonucunda özellikle sıcaklığın yüksek ve yağışın az olduğu yaz mevsimindeki SO<sub>2</sub> konsantrasyonunun diğer mevsimlere göre daha yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde Srinivas ve Purushotham (2013), hava kalite indeksinin belirlenmesine yönelik yaptıkları araştırmada kış periyodundaki kirlenici konsantrasyonlarının yaz periyoduna göre çok daha yüksek düzeyde olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca Aher ve ark., (2014) kirlenici konsantrasyonlarının gündüz ve gece arasında farklılıklar gösterdiğini, atmosferdeki kirlilik düzeyinin gündüz saatlerinde geceye göre daha yüksek düzeyde olduğunu belirtmişlerdir. Atmosferdeki partiküler madde (PM<sub>10</sub>) düzeyi ile diğer kirleniciler arasındaki ilişkinin incelendiği bir diğer çalışmada ise PM<sub>10</sub> değeri ile SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> ve CO değerleri arasında doğrusal bir korelasyon olduğu belirtilmiştir. Buna ilaveten PM<sub>10</sub> ve O<sub>3</sub> arasında ise ters yönlü bir bağıntı olduğu tespit edilmiştir (Markovic, ve ark., 2007).

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, yukarıda bahsedilen literatürle paralellik arz etmektedir. Araştırmada özellikle kış periyodunda diğer periyotlarla kıyaslandığında PM<sub>10</sub> düzeyinde ciddi artışlar meydana gelmiştir. Ayrıca; PM<sub>10</sub> ile NO<sub>x</sub>, NO ve SO<sub>2</sub> kirlenici konsantrasyonları arasında doğru, O<sub>3</sub> konsantrasyonu arasında ise negatif yönlü bir korelasyon tespit edilmiştir.

## SONUÇ

Bu çalışmada İğdır ilinde PM<sub>10</sub> konsantrasyonu ile SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NO ve O<sub>3</sub> hava kirlenicileri arasındaki ilişkiler korelasyon testlerine tabi tutularak 2016-2019 yılları arasında mevsimsel bazda incelenmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü tüm periyotlarda atmosferdeki PM<sub>10</sub> konsantrasyonu 2016-2016, 2017-2018 ve 2018-2019 yıllarının tamamında 40 µgm<sup>-3</sup> olan üst sınır değerinin çok üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Azotoksitlerin (NO<sub>x</sub>) konsantrasyon değerlerinde de PM<sub>10</sub> kadar olmasa da üst limit değeri olan 30 µgm<sup>-3</sup> aştığı tarihler tespit edilmiştir. Genel anlamda PM<sub>10</sub> ve NO<sub>x</sub> kirlenicilerin dışında diğer kirlenici konsantrasyonları üst sınır değerinin altında seyretmişlerdir. İğdır ilindeki partiküler kirlilik düzeyinin mevsimsel olarak değişimleri incelendiğinde sonbahar ve kış periyotlarında çok daha yüksek konsantrasyonlara ulaşıldığı araştırmada elde edilen bir diğer sonuç olarak karşımıza çıkmaktadır.

Araştırmada PM<sub>10</sub> ile NO<sub>2</sub>, NO ve NO<sub>x</sub> kirlenicileri arasında yüksek oranda doğru orantılı bir korelasyonun olduğu tespit edilmiştir. Buna ilaveten PM<sub>10</sub> ile O<sub>3</sub> konsantrasyonları arasında ise negatif yönlü bir bağıntının olduğu söylenebilir. Azot oksitlerin termik santral bulunmayan bölgelerde genellikle trafik kaynaklı olduğu bilinmektedir. Sınır taşımacılığının çok yoğun olduğu ve ağır tonajlı araçların sürekli giriş çıkış yaptığı ilde azot oksit kirliliğinin yüksek olması beklenen bir durumdur. Özellikle sonbahar sezonunda trafik en yoğun dönemini yaşamakta ve dolayısıyla azot oksit miktarında diğer mevsimlere kıyasla artış gözlenmektedir. Azot oksit seviyesine bağlı olarak PM<sub>10</sub> miktarındaki artış birbirleriyle reaksiyon oluşturmalarından ziyade aynı ekseninde emisyon kaynağına sahip olduklarını göstermektedir. Ciddi rüzgâr erozyonu bulunan ilde trafik ile beraber partikül madde kirliliği de artış göstermektedir. Yine ozon ile partikül madde ilişkisinde, troposferik ozonun yüksek sıcaklık ve nispeten rüzgârsız hava ile arttığı bilinmekte (NO ile reaksiyonu sonucu), ozon artışı ile gözlenen PM<sub>10</sub> düşüşünün de tahmini doğru çıkarır tarzda rüzgâr erozyonunun az olduğu dönemlerle uyumlu olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak İğdır ili partiküler madde kirliliğinin yakıt tüketiminden ziyade rüzgâr erozyonu ile ilgili olduğu düşünülmektedir. 2017 öncesi kalitesiz yakıt tüketimine bağlanan ve doğal gaz dönüşümü ile büyük oranda azalacağı düşünülen PM<sub>10</sub> kirliliği 2017'den beri hızla gerçekleşen ve ilin neredeyse



tamamına yayılan doğal gaz dönüşümüne rağmen azalmamış ve zaten ısınma kaynaklı yakıt tüketiminin söz konusu olmadığı yaz sezonunda da artmaya ve sınır değeri aşmaya devam etmiştir. İğdır ilinin hava kalitesinin artışı için rüzgâr erozyonunun önlenmesine yönelik acil eylem planı yapılması gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- Aher SB, Dobhal BS, Awasthi RS, 2014. Spatial and Temporal Variations of SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> and TSPM Concentration in Ambient Air of Jalna City, India. *International Journal of Agriculture, Environment & Biotechnology*, 7(3): 571-579.
- Akyüz M, Çabuk H, 2009. Meteorological Variations of PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> Concentrations and Particle-Associated Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Atmospheric Environment of Zonguldak, Turkey. *Journal of Hazardous Materials*, 170:13-21.
- Bralic M, Buljac M, Peris N, Buzuk M, Dabic P, Brinic S, 2012. Monthly and Seasonal Variations of NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> and Black-smoke Located Within the Sport District in Urban Area, City of Split. Croatia, *Croatica Chemica Acta*, 85 (2): 139–145.
- Cakmak S, Dales RE, Vidal CB, 2007. Air Pollution and Mortality in Chile: Susceptibility Among the Elderly. *Environmental Health Perspectives*, 115,524.
- Chakra ORA, Joyeux M, Nerriere E, Strub MP, Zmirou-Navier D, 2007. Genotoxicity of Organic Extracts of Urban Airborne Particulate Matter: An Assessment Within a Personal Exposure Study. *Chemosphere*, 66: 1375-1381.
- Choi YS, Ho CH, Chen D, Noh YH, Song CK, 2008. Spectral Analysis of Weekly Variation in PM<sub>10</sub> Mass Concentration and Meteorological Conditions over China. *Atmospheric Environment*, 42: 655-666.
- ÇŞB (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı), 2019. Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı. <http://mobil.havaizleme.gov.tr/Default.ltr.aspx>. Erişim Tarihi: 15 Eylül 2019.
- Doğruparmak ŞÇ, Özbay B, 2011. Investigating Correlations and Variations of Air Pollutant Concentrations under Conditions of Rapid Industrialization – Kocaeli (1987–2009). *CLEAN – Soil, Air, Water*, 39(7): 597–604.
- Fleming J, Stern R, Yamartino RJ, 2005. A New Air Quality Regime Classification Scheme for O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> and PM<sub>10</sub> Observations Sites. *Atmospheric Environment*, 39, 6121 – 6129.
- Gümrükçüoğlu M, Soylu S, 2011. Adapazarı'nda Isınma Kaynaklı Hava Kirliliğinin İncelenmesi. *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, 31 Ekim – 04 Kasım, Antalya.
- Harrison RM, Jones AM, Lawrence RG, 2004. Major Component Composition of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> from Roadside and Urban Background Sites. *Atmospheric Environment*, 38, 4531-4538.
- İlek F, Elbir T, 2012. İzmir Körfezi'nde Toplu Taşıma Yapan Deniz Taşıtlarından Kaynaklanan Hava Kirleticilerinin Kent Atmosferindeki Dağılımlarının EPA-ISCST3 Modeli ile Belirlenmesi. *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi*, Sayı: 12-1, 2-9.
- Kappos AD, Bruckmann P, Eikmann T, Englert N, Heinrich U, Hoppe P, 2004. Health Effects of Particles in Ambient Air, *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 207, 399.
- Künzli N, Tager IB, 2005. Air Pollution: From Lung to Heart. *Environmental Research*, 99: 344-354.
- Liu Y, Park RJ, Jacob DJ, Li Q, Kilaru V, Sarnat JA, 2004. Mapping Annual Mean Ground-Level PM<sub>2.5</sub> Concentrations Using Multiangle Imaging Spectroradiometer Aerosol Optical Thickness over the Contiguous United States. *Journal of Geophysical Research*, 109, 1-10.
- Markovic DM, Markovic DA, Jovanic A, Lazic L, Mijic Z, 2007. Determination of O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO and PM<sub>10</sub> Measured in Belgrade Urban Area. *Environmental Monitoring and Assessment*, 145:349-359.
- Nafstad P, Haheim L, Oftedal B, Gram F, Holme I, Hjermann I, 2003. Lung Cancer and Air Pollution: A 27 Year Follow Up of 16 209 Norwegian Men. *Thorax*, 58:1071-1076.
- Özdemir F, 2008. Türkiye Geneline Kükürt Dioksit ve Partiküler Madde Kirlilik Dağılımlarının Analizi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).

- Pozzi R, Berardis BD, Paoletti L, Guastadisegni C, 2005. Winter urban air particles from Rome (Italy): effects on the monocytic-macrophagic RAW 264.7 cell line. *Environmental Reserach*, 99(3):344-54.
- Qiu H, Yu IT, Tian L, Wang X, Tse LA, Tam W, 2012. Effects of Coarse Particulate Matter on Emergency Hospital Admissions for Respiratory Diseases: A Timeseries Analysis İn Hong Kong. *Environmental Health Perspectives*, 120: 572-576.
- Srinivas J, Purushotham AV, 2013. Determination of Air Quality Index Status in Industrial Areas of Visakhapatnam, India. *Research Journal of Engineering Sciences*, Vol. 2(6), 13-24.
- Zeger SL, Thomas D, Dominici F, Samet JM, Schwartz J, Docker YD, 2000. Exposure Measurement Error in Time-Series Studies of Air Pollution: Concepts and Consequences. *Environmental Health Perspectives*, 108: 419-426.
- Zou KH, Tuncali K, Silverman SG, 2003. Correlation and Simple Linear Regression. *Radiology*, 227(3):617-22.

### Dört Serbestlik Dereceli Bir İnsansız Sualtı Aracının 3 Boyutlu Bilgisayar Benzetimi

Serhat YILMAZ<sup>1</sup>, Sadettin Burak KILCI<sup>1\*</sup>

**ÖZET:** Torpido tipi insansız sualtı araçları (İSA) günümüzde, sualtı hareketlerinin izlenmesi, okyanus dibi sıcaklık haritalarının çıkarılması, tuzlu su katmanlarının belirlenmesi gibi uzun menzilli görevleri başarı ile yerine getirmektedir. Kayıp arama ve kurtarma, sünger toplama, mayın temizleme, gemi altı bakımı, gemi altı hasarlarının görüntülenmesine yönelik uzman incelemesi işlemleri, tehlikeli derinliklerde görüntü alma, batıkların incelenmesi gibi detaylı bölgesel araştırmalar ise modüler tip İSA'ları ile sağlanmaktadır. Benzer şekilde, İSA'nın sahil güvenliğini sağlama, askeri birtakım görevleri yerine getirme, baraj tabanlarının temizlenmesi, göl, tatlı su kaynakları, sualtı mağaraları, aktif sualtı volkanları, akarsuların denizlere döküldüğü akarsu ağızları gibi alıcı su ortamlarının düzenli kirlilik analizi ve kirlilik haritalarının çıkarılması gibi toplumsal ve doğal yaşamın güvenliğine yönelik önleyici görevleri bulunmaktadır. Meksika Körfezi'nde yaşanan ham petrol sızıntısının yol açtığı çevre felaketi gözleri sondaj platformlarına çevirmiştir. Platform ayaklarının bakımı, boru hatlarının izlenmesi, sızıntı tespiti, su altında kaynak işlemleri gibi tehlikeli işlemler uzaktan kumandalı İSA ile yapılmaktadır. Bu çalışma, 4 serbestlik derecesine sahip bir İSA'nın bilgisayar destekli 3 boyutlu (3D) modellemesini ve model üzerindeki benzetim uygulamalarını ele almaktadır. Benzetim programları sayesinde, yüksek maliyet ve zaman gerektiren testleri en aza indirmek, hatalı tasarımların yol açacağı hasar ve kayıpların önüne geçmek mümkündür. İSA ve üzerlerindeki ekipmanlar yüksek maliyetlidir. Bu nedenle kullanıcıların, deniz ortamında araç kullanmadan önce simülörde eğitime almaları gerekir. İSA'nın modellenmesi ve benzetimi üzerine geliştirilen yazılımlar, sualtı araştırmalarındaki başarıyı arttırmada önemli bir rol oynayacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** 3 Boyutlu Modelleme, Simülasyon, İnsansız Sualtı Aracı, Unity 3D, Autodesk Maya®

### 3D Computer Simulation of a Four DOF Unmanned Underwater Vehicle

**ABSTRACT:** Today, torpedo type unmanned underwater vehicles (UUVs) successfully fulfill long-range tasks such as monitoring underwater movements, extracting ocean bottom temperature maps, and determining saltwater layers. Detailed regional investigations such as lost search and rescue, sponge collection, mine area clearing, under-ship maintenance, under-ship damage inspection, image capture at dangerous depths, and inspecting wrecks are provided with modular type UUVs. Similarly, they are employed for ensuring the coastal guard, performing a number of military tasks, cleaning the dam bases, investigation of underwater caves and active underwater volcanoes. Furthermore, they are frequently used for regular pollution analysis of receiving water bodies such as lakes, freshwater sources, connection of rivers flowing into the seas. The environmental disaster caused by the crude oil spill in the Gulf of Mexico turned the eyes into drilling platforms. Dangerous operations like maintaining feet of platforms, inspection of pipelines, leakage detections and underwater welding operations are done by means of remotely operated vehicles (ROVs). This study deals with computer aided 3D modeling and simulation of an UUV with 4 degrees of freedom. Simulation programs allow to minimize high cost and time-consuming tests and prevent damage and losses caused by faulty designs. For this reason, it is necessary to train the users on simulators before driving in a marine vehicle. The software developed on the modeling and simulation of UUVs will play an important role in increasing the success in underwater research.

**Keywords:** 3D Modelling, Simulation, Unmanned Underwater Vehicle, Unity 3D, Autodesk Maya®

<sup>1</sup> Serhat YILMAZ (Orcid ID: 0000-0001-9765-7225), Sadettin Burak KILCI (Orcid ID: 0000-0002-6583-8379), Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Sadettin Burak KILCI, e-mail: burakkilci1@gmail.com

## GİRİŞ

Sualtı aracı tasarımı; araç gövde donanımı, algılayıcı sistemleri, elektronik kart tasarımı, araç denetim yöntemleri ve yazılım geliştirme konularını kapsamaktadır.

Uzaktan kumandalı veya otonom olarak çalışan sualtı araçları belirli bir açıya yönelme, belirli bir derinliğe inme, yanaşma ve seyir gibi temel dinamik hareketleri yapabilmelidir (Yan ve ark., 2017). Bu hareketlerin, sualtı akıntıları gibi bozucu etkiler karşısında da başarılı olması beklenmektedir.

Aracın sualtındaki hareketlerini başarılı bir şekilde denetleyebilmek için, araca ait dinamik parametreleri bilmek ve İSA'nın tam dinamik modelini çıkarmak gerekir. Denetim yöntemleri bu model üzerinde kısa sürede ve düşük maliyetle denenebilmektedir. Bu da uygun denetim parametrelerini belirleyip gerçek araç üzerinde kullanmayı mümkün kılar. İSA dinamik parametreleri iki şekilde bulunabilir: Birincisi belirli bir kütleyle sahip aracın, istenen açısız ve düzlemsel serbestlik derecelerinde, farklı itiş kuvvetlerinde deneysel testler yapılarak hız, ivme ve sürüklenme, kaldırma, ek kütle ve Coriolis katsayılarının belirlenmesi şeklindedir (Bian ve Mou., 2017). İkincisi ise aracın boyut, kesit ve malzeme bilgilerini bilgisayar destekli tasarım programlarına girip, buradan 3 boyutlu modelini dinamik parametrelerini elde etmektir (Wang ve ark., 2019). Bu çalışmada, ilk yöntem ele alınacaktır.

Günümüzde otomasyon, bilgisayar kaynaklı animasyonları kapsayan birçok tartışmanın merkezindedir (Wood, 2014). Üç boyutlu grafik tabanlı uygulamalar ile manuel sahne oluşturma, 3D ortam oluşturma temelidir. Bu uygulamalar, modellemeyen resim ve görüntülemeye kadar tüm 3D içerik oluşturma çalışmaları için kapsamlı bir araç takımı sunmaktadır (Li ve ark., 2019).

Çalışmada insansız sualtı aracının üç boyutlu modellenmesi ve bu model üzerinde dinamik noktalar oluşturulması amaçlanmıştır. Literatürde genellikle daha önce çıkarılmış Phoenix, Artemis, ODIN gibi hazır araç modelleri kullanılmaktadır (Antonelli, 2013; Moore, 2015; Vervoot, 2016). Bu çalışmada Kocaeli Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliğinde tasarlanan 4 serbestlik dereceli Lucky Fin İSA'nın modeli çıkarılmıştır. Elde edilen İSA modelinde benzetim uygulamaları yapılmıştır. İSA modeli, popüler oyun geliştirme platformu Unity 3D'ye (Anonim, 2019) aktarılarak, 3 boyutlu ortamda verilen seyir senaryolarına yanıtı gözlemlenmiştir. Bu amaçla, öncelikle sualtı araçlarının dinamiğini etkileyen değişkenler verilmiştir. Ardından kullanılan Autodesk Maya® 2014 programında gerçekleştirilen modellemeler açıklanmıştır. Çizimlerin Unity 3D programına aktarılıp, test edilme aşamaları verilmiştir. Çalışmanın ikinci kısmında Autodesk Maya® ile yapılan temel çizimlerin şekillendirilmesi için gerekli noktalara verilen efektler ile çizimin gerçekçiliğinin artırılması üzerinde yapılan çalışmalar gösterilmiştir. Çalışmanın üçüncü kısmında Autodesk Maya® ile modellenmiş olan üç boyutlu çizime animasyon eklenmesi, hareketli noktalarının belirlenmesi ve Unity 3D programında bu modellerin kontrol edilmeleri gösterilmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

İSA'larına ait genel dinamik model, Autodesk Maya modellemesi ve Unity 3D uygulamaları 4 serbestlik dereceli Lucky Fin sualtı aracına göre bu bölümde verilmiştir.

### Dinamik Modelleme

İSA dinamiği Newton-Euler eşitliğinden türetilebilir (Dinç ve Hajiyeve., 2015).

$$\underline{M}\dot{\underline{v}}+\underline{C}(\underline{v})\underline{v}+\underline{D}(\underline{v})\underline{v}+\underline{g}(\underline{\eta})=\underline{\tau} \quad (1)$$

Burada  $\underline{M}=\underline{M}_{RB}+\underline{M}_A$ 'nın İSA gövde kütlesi ve ek kütesinin eylemsizlik matrisi,  $\underline{C}(v)=\underline{C}_{RB}(v)+\underline{C}_A(v)$ ; araç kütle ve ek kütesinin Coriolis ve merkezci matrisi (Chikovani ve ark., 2019),  $\underline{D}(v)=\underline{D}_q(v)+\underline{D}_l(v)$  ikinci dereceden ve doğrusal sürükleme matrisi,  $\underline{g}(\eta)$  yerçekimi ve kaldırma kuvveti matrisidir.  $\tau$  ise itici girişinin kuvvet/tork vektörüdür.

### Autodesk Maya ile Modelleme

Maya, Alias firmasının uzun yıllar çıkarıldıktan sonra 2006 yılında Alias firmasına ait diğer tüm yazılım ürünleriyle birlikte Autodesk firmasının satın alınan bir animasyon paket programıdır (Anonim, 2018). Autodesk Maya 3D Animasyon yazılımı; güçlü entegre animasyon, modelleme, benzetim, görüntü oluşturma, eşleştirme sağlar (Kumar ve ark., 2015). Tasarım ve görsel efekt işlemleriyle uğraşan uzmanların tercih ettiği bir yazılımdır. Genişletilmiş, entegre edilmiş modelleme araç seti, kolayca kullanılabilen Grease Pencil ve Boya Efektleri özellikleriyle hem üretkenliği arttırmaya hem de yaratıcılığı zenginleştirmeye yardımcı olur. İçerisinde barındırdığı farklı özelliklerle birçok ticari, sanatsal ve bilimsel projeye önemli katkılar sağlamaktadır. Bu özelliklerden biri de Motion Builder özelliğidir. Birçok animasyon tabanlı filme zemin hazırlamış olan bu özellik 2009 yılında oldukça yüksek bütçeyle çekilen Akademi (Oscar) Ödüllü Avatar filminde de kullanılmıştır.



Şekil.1: Motion Builder özelliği.

Lucky Fin otonom İSA'nın modellenmesinin aşamaları üç bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler;

- Gövde ve Ayaklıkların Modellenmesi
- Denge Tüpleri ve Fenerin Modellenmesi
- Pervanelerin ve Pervane Korumalarının Modellenmesi

Bu bölümler ayrı ayrı modellendikten sonra birleştirilerek insansız sualtı aracının 3 boyutlu modeli ortaya çıkarılmıştır.

### Tasarlanan Aracın Görev Denetim Blok Şemaları

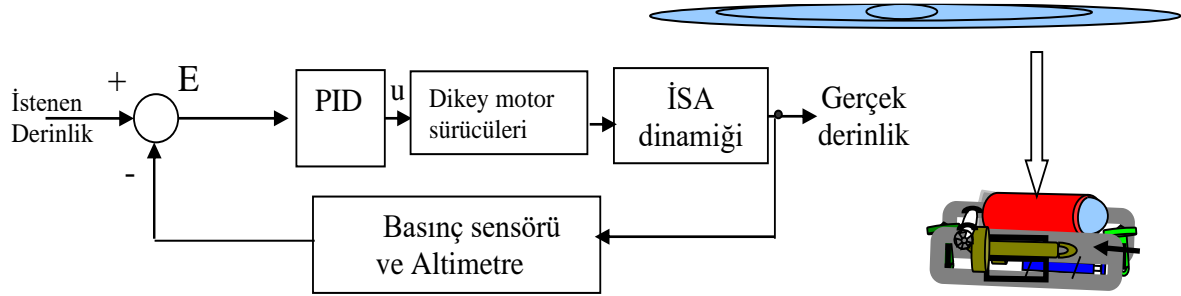
Sistemin konumuna ilişkin değişkenlerin denetimi, blok şemalar halinde verilmiştir. İleri yol üzerinde sırasıyla, denetleyici, kumanda elemanı ve denetlenen sistemin blok modelleri, geri yol üzerinde de denetleyiciye geribildirim sağlayan algılayıcılar bulunmaktadır (Dorf ve Bishop, 2015).

Derinlik denetiminde, istenen derinlik değeri ile gerçek derinlik arasındaki fark (Eşitlik 2.) PID denetleyici tarafından işlenerek dikey motorları sürece denetim işareti üretilir (Eşitlik 3.).

$$E = \text{İstenen Derinlik} - \text{Gerçek Derinlik} \quad (2)$$



$$u(t) = K_p E(t) + K_I \int E(t) dt + K_D \frac{dE(t)}{dt} \quad (3)$$



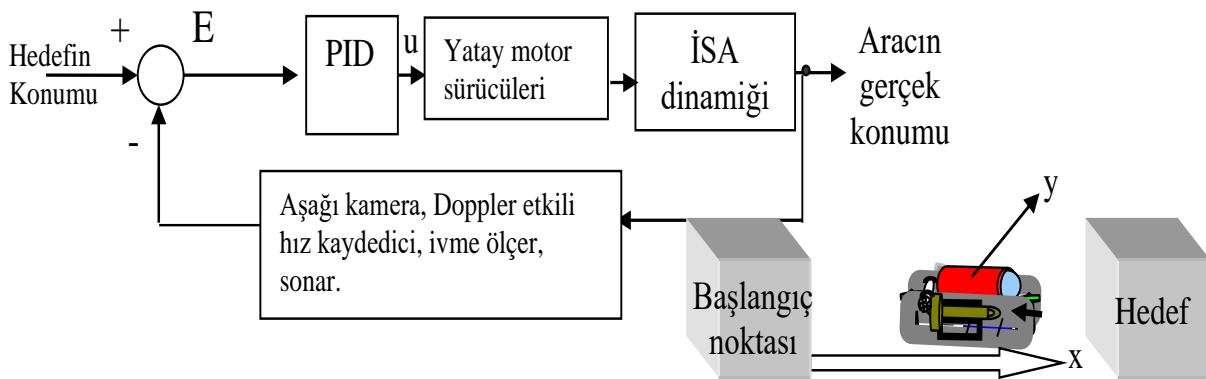
Şekil 2. Dikeyde konum denetimi.

$K_p$ ,  $K_I$  ve  $K_D$  sırasıyla, PID denetleyicinin oransal, integral ve türev katsayılarıdır (Dorf ve Bishop, 2015). Aracın derinlik bilgisi basınç sensöründen, deniz zemininden yüksekliği ise altimetre ile alınarak aracın konum denetimi yapılabilir (Şekil 2).

Benzer şekilde belirli bir derinlikteki hedefin yataydaki konumu, kamera, Doppler etkili hız kaydedici, ivme ölçer, sonar gibi algılayıcılar ile tespit edilip, İSA ile arasındaki mesafe (E) kapanacak şekilde yatay motorlar sürülür (Eşitlik 4.). Araç bir başlangıç noktasından hedefe doğru x ve y eksenlerinde hareket eder (Şekil 3).

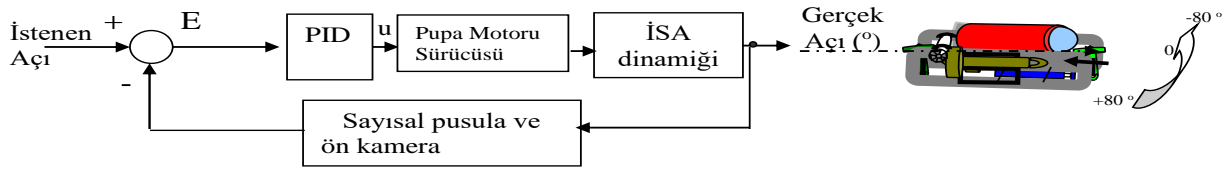
E= İstenen Konum-Gerçek Konum

(4)



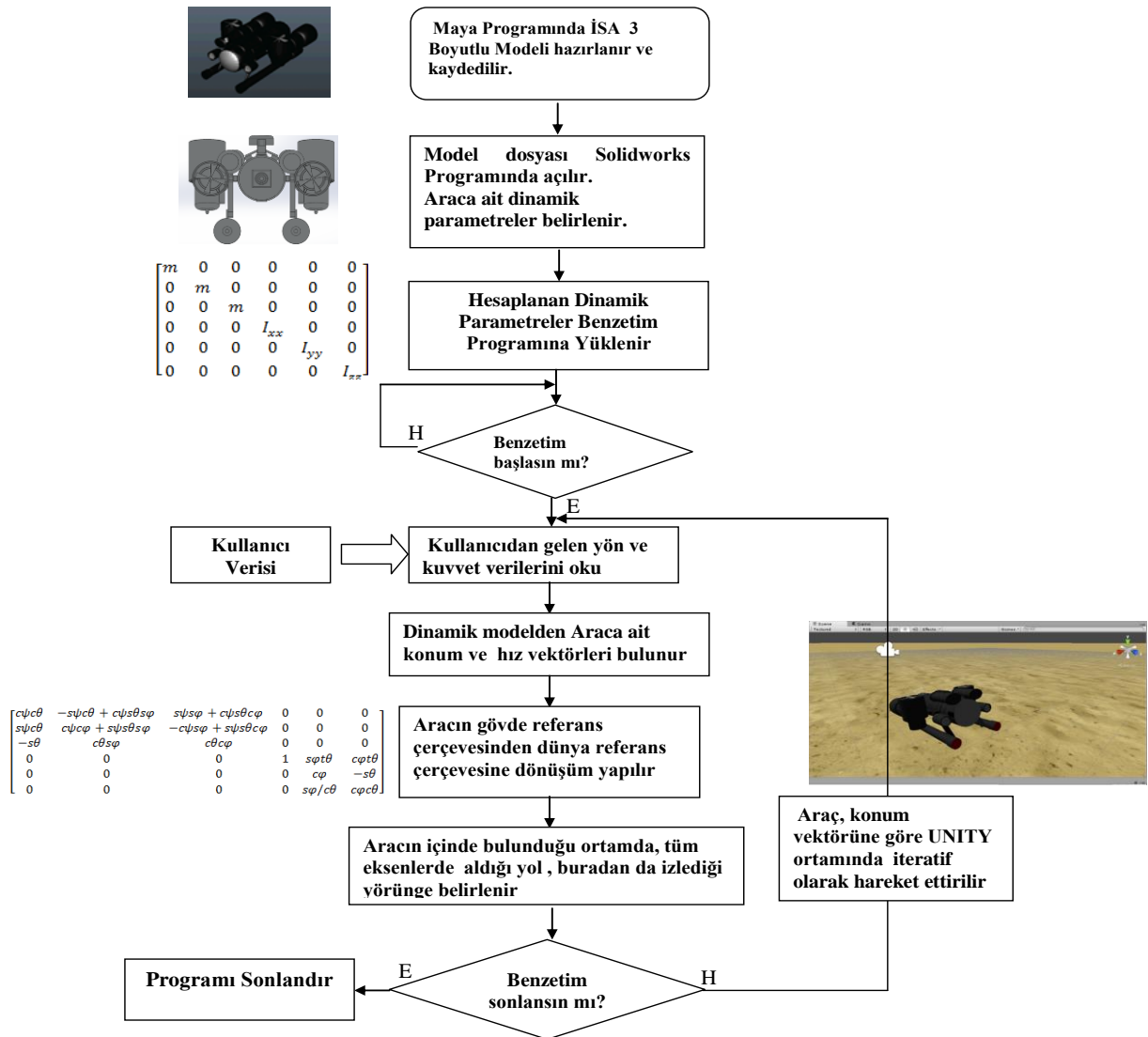
Şekil 3. Yatayda konum denetimi

Sayısal pusula ile İSA'na ait rota açısı (Şekil 4) istenen açı değeriyle karşılaştırılarak, aradaki hatayı düzeltecek şekilde PID denetimi yapılır. Denetleyici çıkışı yatay motorları uygun hızlarda çalıştırarak, aracı  $[-80^\circ, +80^\circ]$  aralığında istenen açıya ulaştırmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Yatayda normalden açısız (eksenel) yerdeğiştirme denetimi.

Geribildirim, kamera aracılığı ile de alınabilmektedir (Watanabe ve ark., 2019). Hedefin düşey ve yatay eksenlerdeki merkezi, görüntü işleme teknikleri ile belirlenir. Genellikle yuvarlak nesnelerin sınırlarını belirlemek, merkez ve çapını hesaplamak için Hough Algoritması kullanılmaktadır (Kavichai ve ark., 2019). Oluşturulacak 3 boyutlu model, benzetim programları ve oyun programları gibi farklı platformlarda istenen denetim algoritmalarını test etmek için kullanılabilir. İSA'na ait yapılan modelleme, parametre çıkarım, dönüşüm ve benzetim aşamaları Şekil 5'te betimlenmiştir.



Şekil 5. Lucky Fin İSA'na ait 3 boyutlu modelleme ve benzetim aşamalarını betimleyen akış şeması

## Gövde ve Ayakların Modellenmesi

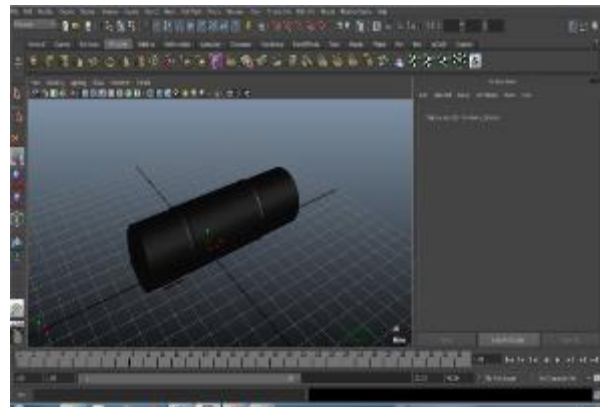
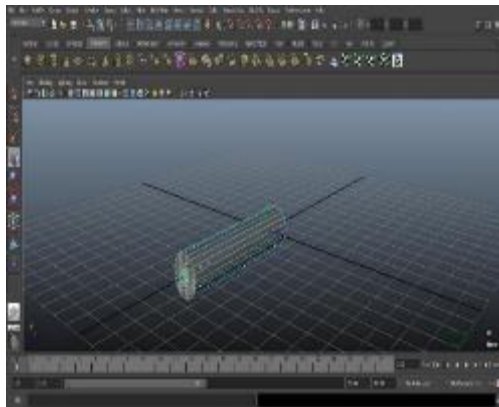
Kocaeli Üniversitesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü tarafından geliştirilen İSA'nın (Şekil 6) gövdesinin, ayaklarının ve eklemlerinin modellenmesi işlemi bu aşamada gerçekleştirilmiştir.

Aracın üç boyutlu modeli, Matlab gibi benzetim programlarında kullanılabilir. Model bir kez elde edildikten sonra üzerinde çeşitli kontrol yöntemlerinin denenebileceği görsel bir platform elde edilmiş olacaktır (DeBietto, 1995; Jooyoung ve ark., 2002; Tomotaka ve ark., 2010; Yılmaz ve ark., 2013).



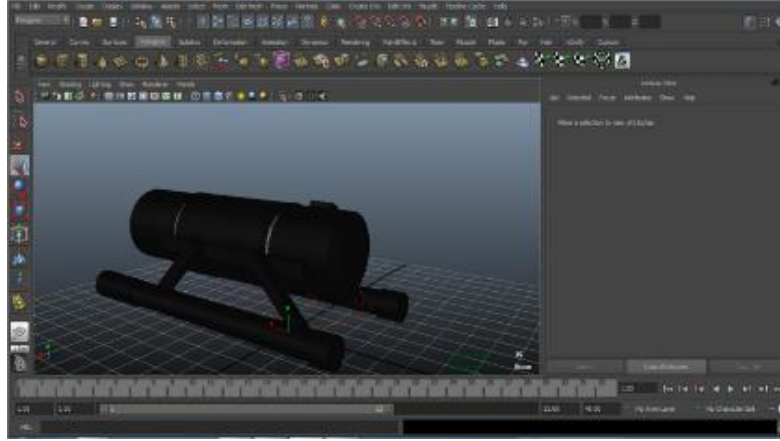
Şekil 6. Kocaeli Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Bölümü'nün geliştirdiği sualtı aracı (Yılmaz ve ark., 2013).

Maya programında; aracı oluşturan parçalara, şekil olarak en yakın geometrik şekillerin düzenlenmesiyle elde edilen gövde ve ayak modelleri şu şekilde birleştirilmiştir. Ekranı bir silindir eklenir ve "scale tool" seçeneğiyle yeterli genişliğe gelmesi sağlandıktan sonra ekranın sol kısmındaki "move tool" sekmesi ile yüzey seçilerek orta alanın yeterli uzunluğa ulaşması sağlanır. İlk olarak sadece üç boyutlu bir silindir olan nesne, uygulanan düzeltmeler sonucu gerçek İSA'na benzemiştir. Şekil 7'de eklentisiz üç boyutlu bir silindirden boğumlu bir gövde modelinin oluşturulduğu görülmektedir.



Şekil 7. Maya'daki silindir poligonundan İSA gövdesi oluşturulması.

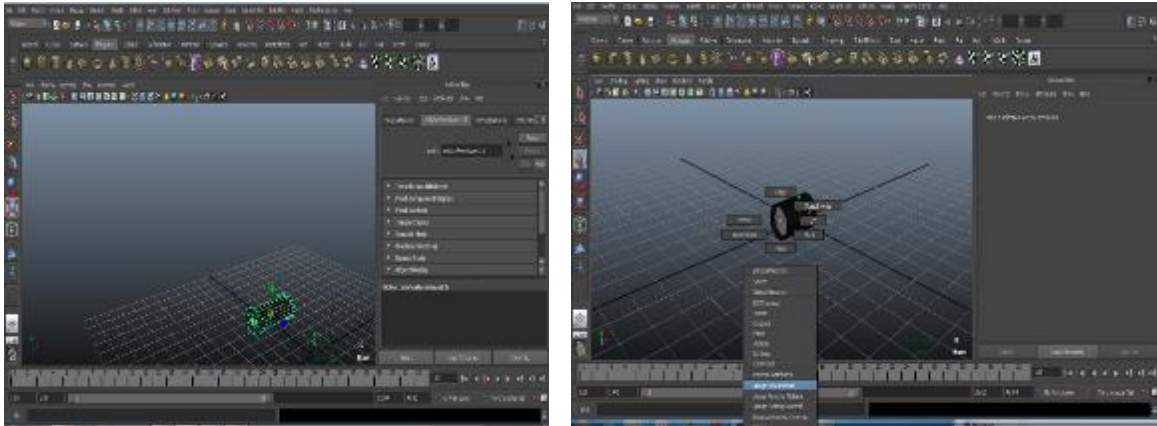
Aynı teknikle oluşturulan insansız sualtı aracının ayakları, gövde ile birleştirildiğinde Şekil 8'deki model ortaya çıkacaktır.



Şekil 8. Gövde ve eklemlerin ayaklıklar ile birleştirilmesi.

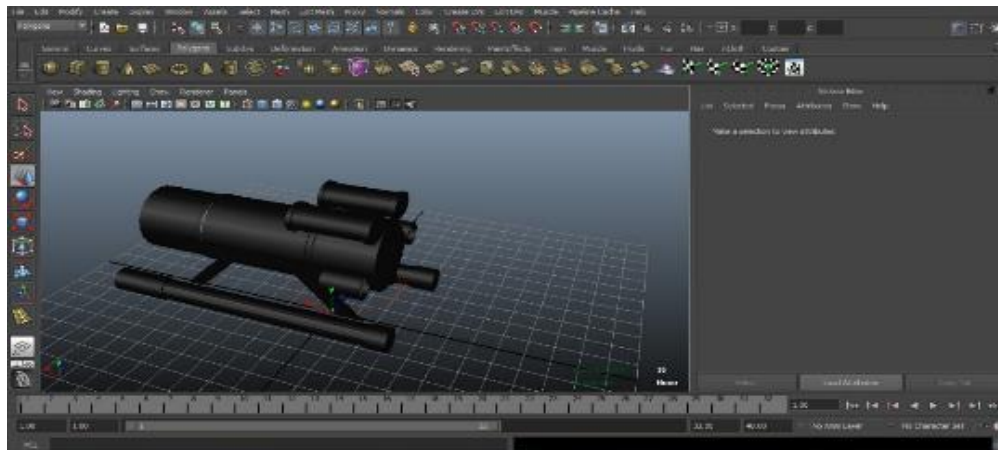
### Denge Tüplerinin ve Fenerin Modellenmesi

İSA'nın denge tüplerinin ve fenerinin modellenmesi işlemi bu aşamada gerçekleştirilmiştir. Gövde ve ayaklıklara benzer teknikler uygulanır.



Şekil 9. Denge tüplerinin ve fenerlerin modellenmesi.

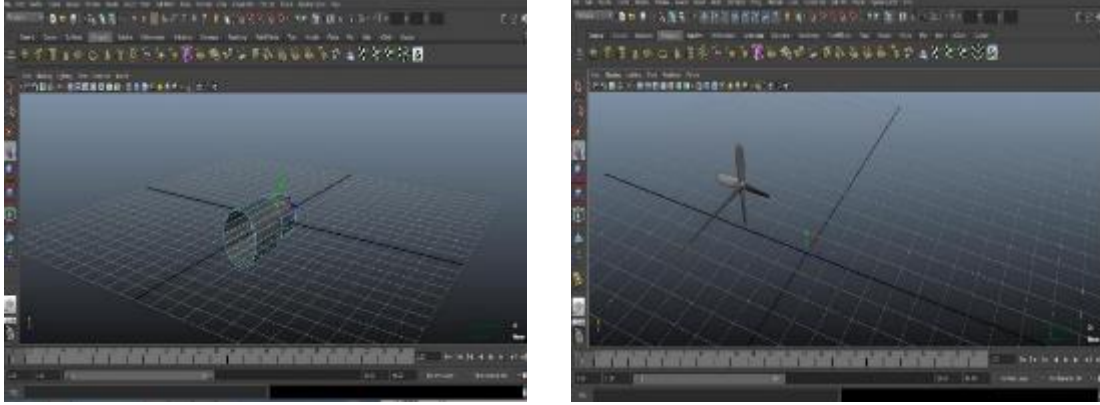
Parçanın yeterli büyüklüğe ulaşması sağlanır. Ardından ön yüzeyi seçilip “extrude” komutu uygulanır ve yüzey “scale tool” ile biraz büyütülür sonra tekrar “extrude” komutu uygulanarak “move tool” ile çıkıntının uzunluğu ayarlanır (Anonim, 2017). Böylece denge tüpleri ve fener gövde ve ayaklıklara eklenmeye hazır hale gelir. Şekil 9’da denge tüpünün, örgü ızgara (mesh grid) parçalardan oluşturulması ve birleştirilmesi ve aydınlatma fenerinin katmanlardan oluşturulması gösterilmiştir. İSA'nın daha önce hazırlanan gövdesi, diğer parçalarla birleştirilmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. Denge tüplerinin ve fenerlerin, gövde ve ayaklıklar ile birleştirilmesi

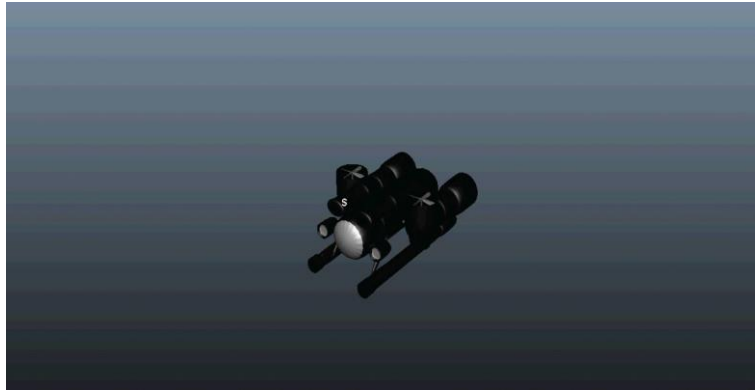
### Pervane ve Korumalarının Modellenmesi

İSA'ya ait pervane ve pervane korumalarının modellenmesi işlemi bu aşamada gerçekleştirilmiştir. Buradan iki dikey ve iki yatay olmak üzere 4 motor hazırlanmıştır (Şekil 11).



Şekil 11. Pervane ve korumalarının modellenmesi.

Modellenen tüm parçalar bir araya getirildiğinde parçalar birbirine eklenerek İSA'nın 3 Boyutlu modeli hazır hale getirilmiştir (Şekil 12). Maya'da hazırlanan 3 Boyutlu model, 3 eksenle doğrusal 3 eksenle açısal olarak hareket ettirilebilmektedir.



Şekil 12. İSA'nın birleştirilmiş modeli.

### Aracın Dinamik Parametreleri

Hazırlanan 3-Boyutlu İSA dosyası, Solidworks Programında (Li ve ark., 2017) açılarak parametre bilgileri elde edilmiştir (Çizelge 1). Düşük ilerleme hızına sahip (0,2 m/sn) modüler tip bir araçta Coriolis etkileri ve ek kütle matrisi ihmal edilebilir (Alamdari ve ark., 2019; Eng ve ark., 2014)

Çizelge 1. İSA için Solidworks programından elde edilen bazı parametreler

Parametreler	Lucky Fin
m [kg]	16.92
$I_x$ [kgm <sup>2</sup> ]	3.04
$I_y$ [kgm <sup>2</sup> ]	3.06
$I_z$ [kgm <sup>2</sup> ]	0.38

Atalet tensörü, aracın elde edilen hesaplamaları ve ihmallerine göre (Eşitlik 5.);



$$I = \begin{bmatrix} 3.04 & 0 & 0 \\ 0 & 3.06 & 0 \\ 0 & 0 & 0.38 \end{bmatrix} \quad (5)$$

olur. Benzer şekilde aracın kütle matrisi  $M_{RB}$  Eşitlik 6.'da verilmiştir.

$$M_{RB} = \begin{bmatrix} 16.92 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 16.92 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 16.92 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3.04 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 3.06 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.38 \end{bmatrix} \quad (6)$$

Benzer şekilde Unity ortamındaki İSA modelinin koordinat eksenleri ile oyun konsolunun koordinat eksenleri arasındaki açısal dönüşümler Jacobian Matrisi ile hesaplanmaktadır;

$$J = \begin{bmatrix} c\psi c\theta & -s\psi c\theta + c\psi s\theta s\varphi & s\psi s\varphi + c\psi s\theta c\varphi & 0 & 0 & 0 \\ s\psi c\theta & c\psi c\varphi + s\psi s\theta s\varphi & -c\psi s\varphi + s\psi s\theta c\varphi & 0 & 0 & 0 \\ -s\theta & c\theta s\varphi & c\theta c\varphi & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & s\varphi t\theta & c\varphi t\theta \\ 0 & 0 & 0 & 0 & c\varphi & -s\theta \\ 0 & 0 & 0 & 0 & s\varphi/c\theta & c\varphi c\theta \end{bmatrix} \quad (7)$$

Burada J; araçtan dünyaya doğrusal ve açısal hızlar arasında aksenal dönüşümünü sağlayan kinematik modeldir (Liu, 2019).

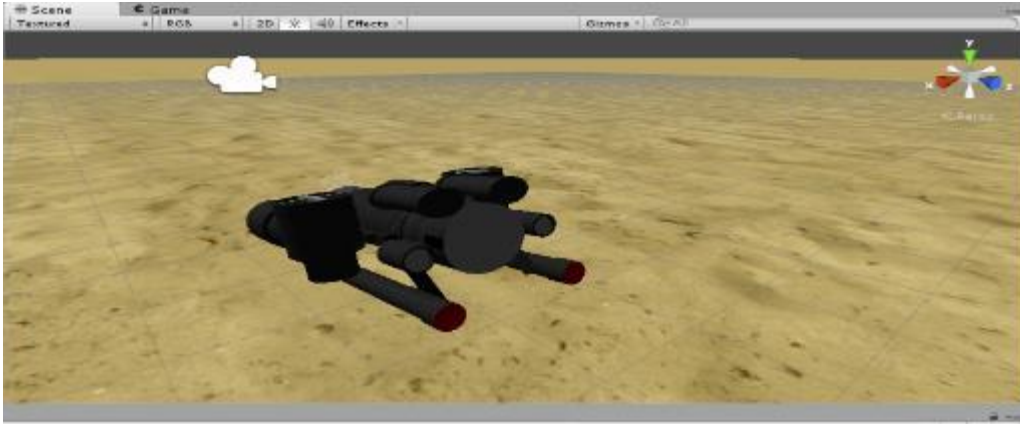
### Unity 3D

Unity 3D platformu, temelde oyun oluşturmak için kullanılan etkileşimli bir oyun motorudur. Güçlü grafik gösterimi, kütüphanesinde bulunan çok sayıda fiziksel eleman donatıları ve sezgisel geliştirme araçları sayesinde üzerinde gerçekçi, etkin ve kolay benzetim senaryoları geliştirmeye uygundur (Anonim, 2016).

PC, Mac ve Linux üzerinden erişim imkanına sahiptir. 2-D ve 3-D oyun tasarlayabilme seçenekleri sunar. Son dönemde mobil oyunların yaygınlaşmasıyla Unity programı ile senaryo geliştirmeye olan rağbet artmıştır.

### Unity 3D ile İSA Modelinin Birleştirilmesi

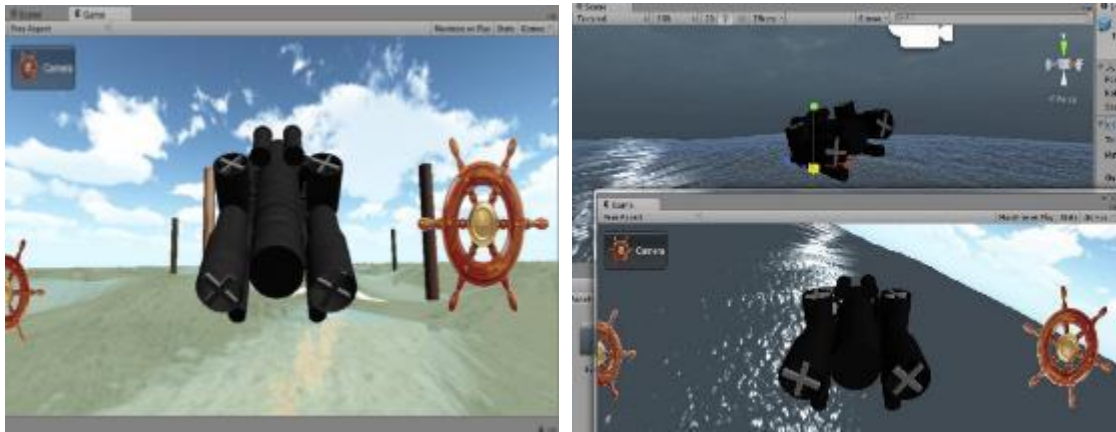
Unity 3D'yi kullanmak çeşitli görsel iyileştirmeler sağlar (Sung ve ark., 2014). Maya Platformu'nda tasarlanan ve Solidworks'te kütle matrisine ait parametreleri belirlenen 3D model FBX uzantılı olarak kaydedildikten sonra Unity'e eklenebilir. Model, bu uygulamadaki "script"ler ile istenen esnekliğe sahip bir akıllı nesneye dönüştürülür (Polančec ve Mekterović, 2017).



Şekil 13. İSA'nın Unity'ye aktarılmış hali

### Unity 3D ile Modelin Benzetimi

Gerçek araca uygun olarak tasarlanan, parametreleri Eşitlik 3.'de ve doğrusal hız dönüşüm matrisi Eşitlik 7.'de verilen İSA modelinin hareket kontrolü Unity 3D'ye esneklik sağlayan JavaScript kodları (Whang ve ark., 2010; Ghariri ve ark., 2018) ile sağlanmaktadır.



Şekil 14. İSA benzetimi

### SONUÇ

Oto-pilot simülatörleri ve sanal gerçeklik uygulamaları, iyi tasarlanmış matematiksel modeller ve güçlü grafiksel gösterim olanaklarıyla eğitim ve öğretim için yararlı bir kaynak oluşturmaktadır. 3 boyutlu benzetim uygulamaları, mühendislik, denizcilik ve havacılık gibi farklı disiplinlerde etkili eğitim araçları arasında yer almaktadır. Başarımı yüksek bir benzetim uygulamasının özelliklerinden biri, kavramları geliştirme ve kavramsallaştırma yeteneğidir. Düzgün tasarlanmış eğitim benzetimleri kullanıcıların ana kavramları daha iyi bir şekilde içselleştirmelerini sağlar. Benzetim uygulamaları kullanıcıların becerilerini gerçekçi bir ortamda uygulama olanağı sağlarlar.

Çalışmada, literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olarak, Kocaeli Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği'nde tasarlanan 4 serbestlik dereceli Lucky Fin İSA'nın modeli çıkarılmıştır. Elde edilen İSA modelinde benzetim uygulamaları yapılmıştır. 3 Boyutlu model MAYA programında, modele ait dinamik parametreler Solidworks bilgisayar destekli tasarım ve analiz programında çıkarılmıştır. Bu çalışmada kullanıcıların eğitimi için simülatör tasarlarken, güçlü grafik gösterimi ve kütüphaneleri olan Unity 3D platformu tercih edilmiştir.

Maya animasyon uygulaması, yüksek kalitede, gerçek zamanlı ve kullanıcı dostu arayüze sahip bir uygulamadır. Çeşitli sektörlerde yaygınlaşmakta olan İSA'nın kullanımında operatörlere tecrübe kazandırılması bu tür simülatörler sayesinde mümkün hale gelmektedir. Buna ek olarak, insansız araçlar üzerinde düşük maliyetle güvenli çalışmalar yapılmasına katkı sağlamaktadır.

Bu çalışmada; bir insansız sualtı aracının gövde, yüzdürme ve motor ekipmanları Autodesk Maya programı üzerinde 3D modellenmiş ve birleştirilmiştir. Solidworks programında açılarak model parametreleri hesaplanmıştır. Model; Matlab, Unity 3D gibi benzetim ortamlarında aracın dinamik yapısına uygun olarak kartezyen ve açısız hareketler yapabilmektedir. Model üzerinde dalış, ilerleme ve yüzeye çıkma gibi görev senaryolarına ait algoritmalar geliştirilecektir.

## TEŞEKKÜR

Yazarlar, çalışmaya katkılarından dolayı Törecan Çelik, Fethi Gezici ve Özkan Çokaçar'a teşekkürlerini sunar.

## KAYNAKLAR

- Alamdari S H, Karras G C, Marantos P, Kyriakopoulos K J, 2019. A Robust Predictive Control Approach for Underwater Robotic Vehicles, IEEE Transactions on Control Systems Technology, pp.1-11.
- Anonim, 2016. [http://unity3d.com/learn\\_](http://unity3d.com/learn_), ziyaret tarihi : Kasım 2019.
- Anonim, 2017. <http://knowledge.autodesk.com/support/maya/learn-explore.html> ziyaret tarihi: Aralık, 2017.
- Anonim, 2018. [https://tr.wikipedia.org/wiki/Autodesk\\_Maya](https://tr.wikipedia.org/wiki/Autodesk_Maya), ziyaret tarihi : Aralık, 2018.
- Anonim, 2019. Unity: The leading global game industry software", Aug. 2015, [online] Available: <http://unity3d.com/public-relations>, ziyaret tarihi: Aralık, 2019
- Antonelli G . August 21 ,2013. Underwater Robots, Motion and Force Control of Vehicle-Manipulator Systems, 3rd Edition, Springer Publishing, New York.
- Bian X, Mou C, 2011. Identification of non-linear dynamic model of UUV based on ESN neural network, Proceedings of the 30th Chinese Control Conference, pp.1432-1437, Yantai, China
- Chikovani, V. V., Sushchenko, O. A., Petrenko, O. V., Yehorov, S. H., 2019. Features of Design of Coriolis Vibratory Gyroscopes Assigned for Unmanned Aerial Vehicles, IEEE 5th International Conference Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments (APUAVD), pp.194-198, Kiev.
- DeBitetto P A, July 1995. Fuzzy Logic for Depth Control of Unmanned Undersea Vehicles, IEEE JOURNAL OF OCEANIC ENGINEERING, VOL. 20, NO. 3.
- Dinç M., Hajiyev C, 2015. Integration of Navigation Systems for Autonomous Underwater Vehicles. Journal of Marine Engineering & Technology, Department of Aeronautical Engineering, Istanbul Technical University, İstanbul, Turkey, DOI:10.1080/20464177.2015.1022382.
- Dorf R C, Bishop R H, 2005. Modern Control Systems, Tenth Edition, Pearson Prentice Hall.
- Eng Y H, Lau M W, Chin C S, 2014. Added Mass Computation for Control of An Open-Frame Remotely-Operated Vehicle: Application Using WAMIT and MATLAB, Journal of Marine Science and Technology, pp. 405 – 416.
- Joonyoung K, Kihun K, Hang S C, Woojae S, Kyu-Yeul L, 2002. Depth and Heading Control for Autonomous Underwater Vehicle Using Estimated Hydrodynamic Coefficients, Department of Naval Architecture & Ocean Engineering, Seoul National University, Seoul 151-742, Kore.
- Ghraiiri N, Kpodjedo S, Barrak A, Petrillo F, Khomh F, 2018. The State of Practice on Virtual Reality (VR) Applications: An Exploratory Study on Github and Stack Overflow, 2018 IEEE International Conference on Software Quality, Reliability and Security (QRS), pp.356-366, Lisbon.
- Kavichai, E, Huang, R, Woo S W, 2019. Quadcopter Movement Control Using Image Processing Techniques, 16th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), pp.939-942, Pattaya.

- Kumar B S, Jayasimman L, Jebaseeli N, 2015. UID Comparison of Multimedia Software international Journal of Advanced Research in Computer Science and Software E 2277-6451.
- Li C ,Yin C, Lu J , 2009. Automatic 3D scene generation based on Maya, IEEE 10th International Conference on Computer-Aided Industrial Design & Conceptual Design, 981-985.
- Li Y L, Wang L, Song Y, Zhao P, 2017. Rigid Body Dynamics Analysis in Design of Cantilever Beam of Entertainment Equipment Based on Solidworks-Motion, 8th International Conference on Mechanical and Intelligent Manufacturing Technologies (ICMIMT), pp.69-73, Cape Town.
- Liu S, Zhao W, 2019. Design and Kinematics Analysis of UPR-UPU-UR Parallel Vector Propulsion Mechanism for Underwater Vehicles, IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO),pp.846-851, Dali.
- Moore C., McKibbin P., 2015. Artemis AUV Payload Development, OCEANS 2015 - MTS/IEEE pp.1-3, Washington
- Polančec D, Mekterović I, 2017. Developing MOBA games using the Unity game engine, MIPRO 2017, pp.1510-1515, Opatija.
- Sung L K, Hae J S, Jeong H K, ; Jun M J, Teemu H L, Joonas W, 2014. Using Unity 3D to facilitate mobile augmented reality game development, 2014 IEEE World Forum Conference, 21-26.
- Tomotaka I, Koji S, Akinori N, 2010. Underwater Robot with a Buoyancy Control System Based on the Spermacti Oil Hypothesis - Development of the Depth Control System ,The 2010 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, October 18-22, Taipei, Taiwan,
- Vervoort J.H.A.M., 2009. Modeling and Control of an Unmanned Underwater Vehicle .2009. Master Traineeship Report, Sending University: University of technology Eindhoven, Host University: University of Canterbury
- Yan Z, Xu D, Chen, T, Zhou ,J, Wei, S, Wang Y, 2017. Modeling, Strategy and Control of UUV for Autonomous Underwater Docking Recovery to Moving Platform, Proceedings of the 36th Chinese Control Conference, pp. 4807-4812, Dalian, China
- Yılmaz S, İnce S, Yakut M, 2013. Derinlik Ve Yön Kontrol Uygulamaları İçin Deney Platformu Tasarımı, Tübitak Araştırma Projesi Final Raporu, Proje No:111E294.
- Wang X, Tan, C P, Zhou D, 2019. Dynamic Output Feedback Fault Tolerant Control for Unmanned Underwater Vehicles, pp.1-8.
- Wood A, 15 october 2014. Behind the Scenes: A Study of Autodesk Maya. animation: an interdisciplinary journal , Vol. 9(3) 317–332.
- Wang S, Mao Z, Zeng C, Gong H, Li,S., Chen B, 2010. A New Method of Virtual Reality Based on Unity3D, 18th International Conference on Geoinformatics, pp.1-5, Beijing.
- Watanabe, K, Sugano S, Nagai, I, 2019. A Method of Recognizing Obstacles for a Small-sized Autonomous Underwater Vehicle X4-AUV, 2019 IEEE International Conference on Advanced Robotics and its Social Impacts (ARSO), pp.310-316, November, Beijing, China.

## PID ve Bulanık Mantık Tabanlı DC Motorun Gerçek Zamanlı Konum Kontrolü

Kaplan KAPLAN<sup>1</sup>, Melih KUNCAN<sup>2\*</sup>, Halit POLAT<sup>1</sup>, Burak TEPE<sup>1</sup>, Hüseyin Metin ERTUNÇ<sup>1</sup>

**ÖZET:** Son yıllarda güç elektroniği ve mikro elektronik teknolojisinin hızlı gelişimi ile birlikte fırçasız DC motor kullanım alanı oldukça genişlemiştir. Fırçasız DC motor küçük hacim, hafiflik, yüksek verimlilik, enerji tasarrufu, kolay hız ayarı, basit yapı, güvenilir çalışma ve kolay bakım gibi birçok avantaja sahiptir. Günümüzde endüstriyel kontrol proseslerinde fırçasız DC motor yaygın olarak kullanıldığından dolayı DC motor kontrolü önemli bir problem haline gelmiştir. Bu amaçla bu çalışmada, DC motorun pozisyon kontrolü için PID ve Bulanık Mantık kontrolörleri kullanılmıştır. DC Motorun dokümanından gerekli parametreler alınarak DC Motorun dinamik denklemleri ve transfer fonksiyonu çıkarılmıştır. Transfer fonksiyonu üzerinde simülasyon çalışmaları yapılarak PID ve Bulanık Mantık katsayıları hesaplanmıştır. Hesaplanan katsayılar ile gerekli blok diyagramları Matlab Simulink ortamında Waijung bloklarıyla oluşturulup Code-Generation aracı ile STM32F4 mikrodenetleyici kitine gömülmüştür. PID ve Bulanık Mantık kontrolör yapıları Mikrodenetleyici içerisine gömülerek DC Motorun pozisyon kontrolü üzerine başarılı deneyler gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Bulanık Mantık, PID, DC Motor, Pozisyon Kontrol, STM32F4,

### Real Time Position Control of PID and Fuzzy Logic Based DC Motor

**ABSTRACT:** In recent years, with the rapid development of power electronics and micro-electronics technology, the use of brushless DC motors has expanded considerably. Brushless DC motor has many advantages such as small volume, light weight, high efficiency, energy saving, easy speed adjustment, simple structure, reliable operation and easy maintenance. Today, DC motor control has become an important problem since brushless DC motor is widely used in industrial control processes. For this aim, PID and Fuzzy Logic controllers are used for position control of DC motor in this study. DC Motor's dynamic equations and transfer function are obtained by taking necessary parameters from the document of DC Motor. PID and Fuzzy Logic coefficients were calculated by making simulation studies on transfer function. Calculated coefficients and required block diagrams were created with Waijung blocks in Matlab Simulink environment and embedded in STM32F4 microcontroller kit with Code-Generation tool. PID and Fuzzy Logic controller structures are embedded in microcontroller and successful experiments on DC motor position control have been performed.

**Keywords:** Fuzzy Logic, PID, DC Motor, Position Control, STM32F4,

<sup>1</sup> Kaplan KAPLAN (Orcid ID: 0000-0001-8036-1145), Halit POLAT (Orcid ID: 0000-0002-4627-6892), Burak TEPE (Orcid ID: 0000-0002-4639-6499), Hüseyin Metin ERTUNÇ (Orcid ID: 0000-0003-1874-3104), Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, 41380, İzmit/Kocaeli

<sup>2</sup> Melih KUNCAN (Orcid ID: 0000-0002-9749-0418), Siirt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 56100, Merkez/SİİRT

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Melih KUNCAN, e-mail: melihkuncan@siirt.edu.tr

Geliş tarihi / Received: 18-09-2019  
Kabul tarihi / Accepted: 14-12-2019



## GİRİŞ

Elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren ve doğru akım (DC) ile çalışan elektrik makinalarına doğru akım (DC) motor denmektedir. Endüstriyel, robotik, proses otomasyonu ve bilgisayar çevresel birimleri uygulamalarında en çok tercih edilen motor tipi DC motorlardır. DC motorlar AC motorlara göre daha ucuz, verimli, küçük ve etkilidir. Boyut, şekil ve güç bakımından çok çeşitli olmaları da DC motorların sık kullanılmalarının bir diğer sebebidir. DC motorun yüksek verimliliği, kontrolünün basit ve momentin sürekli olması bu tip motorları ön plana çıkarmaktadır. Bu nedenle, DC motorların hız ve pozisyon kontrolü üzerine yapılan çalışmalar önemlidir (Ahmed ve Rajoriya, 2017).

PID (oransal-integral-türev) kontrolör yapısı endüstriyel, robotik, proses otomasyonu ve benzeri sistemlerde en çok kullanılan kontrolör yapısıdır. PID kontrolör yapısının basit, kararlı ve sağlam olması avantajları arasında yer almaktadır. Dezavantajları ise; matematiksel modele ihtiyaç duyması ve doğrusal olmayan sistemlerde yetersiz kalmasıdır. Dinamik sistemler çoğunlukla PID yöntemi ile kontrol edilmektedir. PID kontrolör yapısı matematiksel modele ihtiyaç duyması, doğrusal olmayan sistemlerde yetersiz kalması vb. dezavantajlarından dolayı, alternatif olarak Bulanık Mantık tabanlı kontrol sistemleri gibi kontrolör yöntemleri tercih edilmeye başlanmıştır (Paz, 2001; Yedamale, 2003; Ibrahim, 2004; Coskun ve Terzioğlu, 2009; Oguntoyinbo, 2009; Malhotra ve ark., 2011; Anonim, 2019).

Bulanık mantık, insan ve makinenin etkileşimi sonucu ortaya çıkan mantıksal operatörleri kullanan ve matematiksel fonksiyonlara dönüştüren bir tekniktir. Bu yaklaşım sayesinde insan deneyimleri ve verileri kullanılmaya müsait bir şekilde makinelere aktarılmaktadır. Bulanık mantık, matematik, yapay zekâ, mekatronik, fen bilimleri ve robot teknolojileri vb. geniş bir alanda kullanılmaktadır. Bulanık mantık temel olarak Aristo (klasik) mantığa dayalı olmayıp, bulanık kümeleri ifade eden matematiksel fonksiyonlardan yararlanmaktadır. Klasik (Aristo) mantığı, 0-1, evet-hayır gibi net sonuçlar ile ifade edilir fakat klasik mantık birçok sorunun cevabını tam olarak verememektedir. Çünkü gündelik hayatımız kesin sonuçlardan ibaret değildir. Bulanık mantık kesin sonuçlar ile ifade edilmez ara değerlere sahiptir. Örneğin; normal, az-çok, kısa-uzun, biraz ve 0-1 yerine 0.6 gibi ara değerler bulanık mantık yönteminde kullanılmaktadır. Bulanık mantık teorisi matematiksel model olmadan, doğrusal veya doğrusal olmayan sistemleri kontrol etmede kolay uygulanabilir bir yöntem olmakta ve insan düşünme sistemini model olarak sunmaktadır. Bu gibi avantajlarına rağmen, kuralları ve üyelik fonksiyonlarının tanımlanma zorluğu, kararlılık, gözetlenebilirlik ve denetlenebilirlik analizlerinin yapılamaması en büyük dezavantajları arasında yer almaktadır. Bulanık mantık, gelecekte uygulama sahaları daha çok genişleyecek ve birçok sektörde kullanılmaya başlanacaktır (Çıra ve Gümüş, 2011; Köse ve ark. 2013; Doğan ve ark., 2015; Karakoç ve ark., 2015; Anonim, 2019; Kızır ve ark., 2019). Son yıllarda DC motor hız veya pozisyon kontrolü birçok araştırmacı tarafından çalışılmış ve bulanık mantık ve PID kontrolcülerini ile başarılı çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Sathishkumar ve ark., 2017; El-Samahy ve ark., 2018; Goswami ve ark., 2018; Parikh ve ark. 2018; Somwanshia ve ark., 2019).

Bu çalışmada, DC motor pozisyon kontrolünde STM32F4 Discovery kartı ile LMD18200 motor sürücü kullanılmaktadır. Sistemimiz Li-Po pil ile beslenmektedir. Matlab Simulink ortamında Wajung blok setleri ile oluşturulan kapalı çevrim algoritması mikro denetleyiciye gömülmektedir. Motor enkoderinden okunan pozisyon verileri haberleşme ile Matlab ortamına aktarılmaktadır. Matlab ortamına aktarılan verilerin bu ortamda grafiksel olarak gösterilmesi sağlanmaktadır.

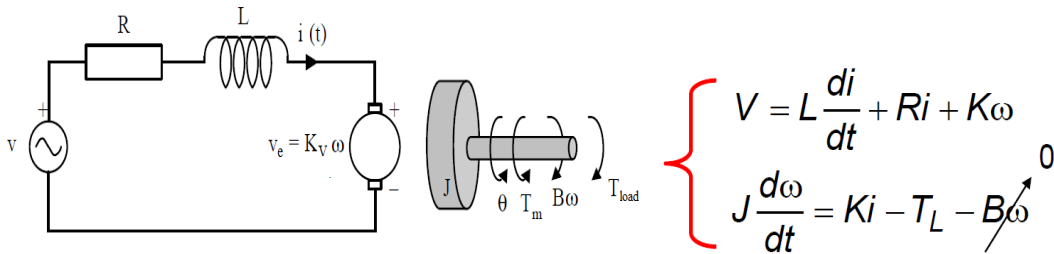
Bu çalışmada aşağıdaki bölümler anlatılacaktır:

2. bölümde DC motor dinamik modeli ve transfer fonksiyonu,
3. bölümde DC motor PID ve Bulanık Mantık ile pozisyon kontrol simülasyonu,
4. bölümde test düzeneği,
5. bölümde PID ile DC motorun gerçek zamanda pozisyon kontrolü,
6. bölümde Bulanık Mantık ile DC motorun gerçek zamanda pozisyon kontrolü,
7. bölümde ise sonuç kısmı yer almaktadır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### DC Motor Dinamik Modeli Ve Transfer Fonksiyonu

DC motorun dinamik denklemleri Eşitlik 1. de görülmektedir. Zaman uzayındaki dinamik denklemleri, frekans uzayına (Eşitlik 2. de görülmektedir) dönüştürülmektedir.

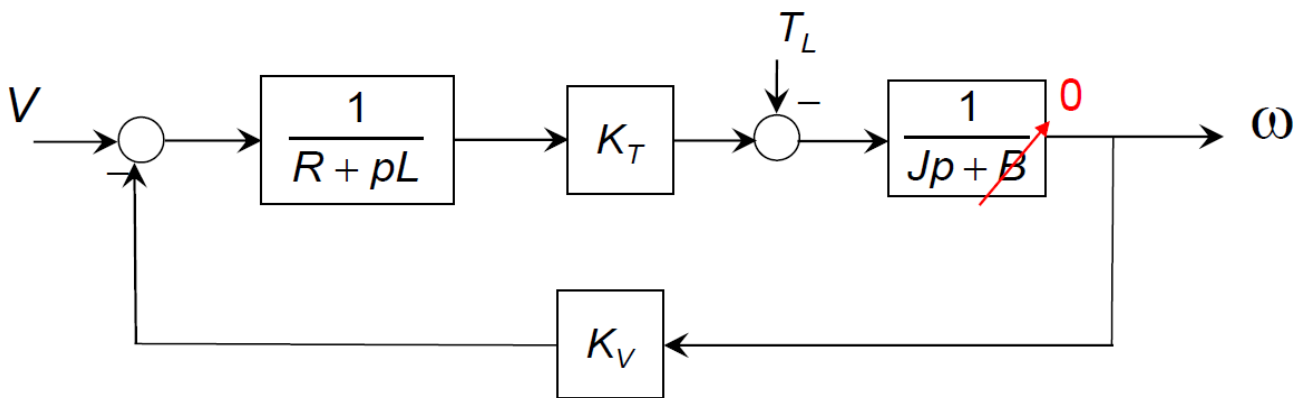


Şekil 1. DC Motor Elektrik Devresi

$$V = LpI + RI + K\omega \quad (1)$$

$$Jp\omega = KI - T_L \quad (2)$$

Eşitlik 2. nin blok diyagramları ile gösterimi Şekil 2'deki gibidir.



Şekil 2. Transfer Fonksiyonu Blok Diyagramı

DC Motorumuzun Parametrik Transfer Fonksiyonu Eşitlik 3. de verilmiştir.

$$\frac{\omega}{V} = \frac{K_T}{JLp^2 + RJp + K_T K_V} \quad (3)$$

DC Motorun parametre değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. DC Motor Parametreleri

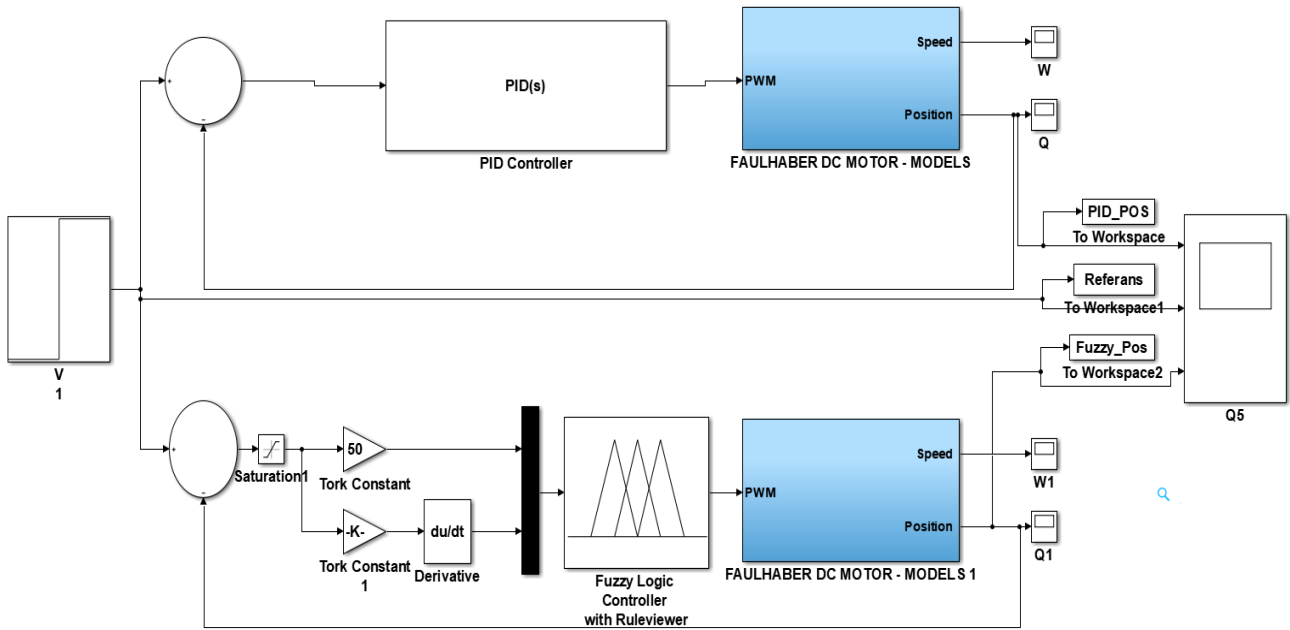
Sembol	Tanım	Değer
J	Rotor Atalet Momenti	5.7e-7
B	Viskoz Sönümlleme	0
K (Kv = KT)	Elektriksel ve Tork Sabiti	13.4e-3
R	Rotor Direnci	1.9
L	Rotor Endüktansı	65e-6

DC motor transfer fonksiyonu Eşitlik 4. te verilmiştir.

$$\frac{\omega}{V} = \frac{13.4 \times 10^{-3}}{3.7 \times 10^{-11} p^2 + 1.083 \times 10^{-6} p + 1.796 \times 10^{-4}} \quad (4)$$

### DC Motor PID ve Bulanık Mantık ile Pozisyon Kontrol Simülasyonu

Matlab Simulink ortamında DC motor transfer fonksiyonu bloklar ile eklenmiştir. PID ve Bulanık mantık yöntemleriyle DC motorumuzun simülasyon ortamında pozisyon kontrolü sağlanmaktadır.



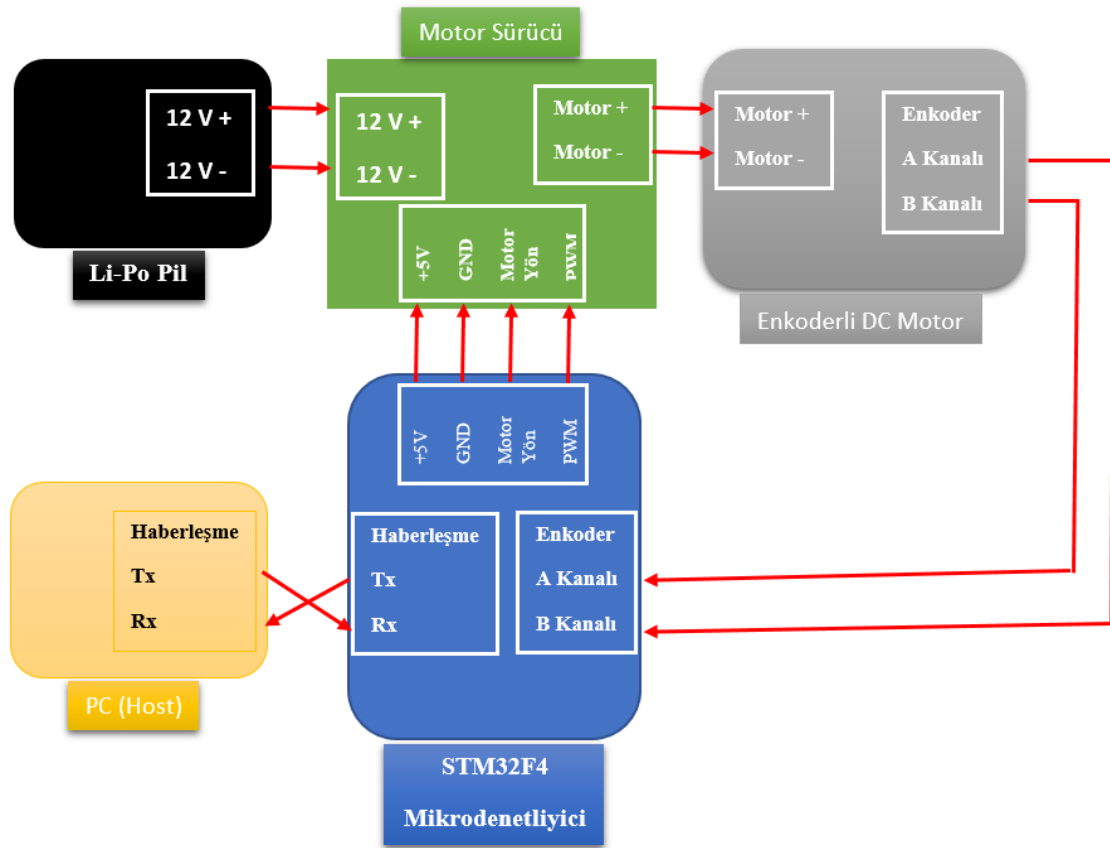
Şekil 3. Matlab Simulink ortamında DC motor simülasyonu

### Test Düzeneği

Bulanık mantık ve PID kontrolör blokları Waijung blokları ile Matlab ortamında oluşturulmuş, daha sonra Code-Generation aracı ile test düzeneği üzerinde bulunan STM32F4 kitine her iki kontrolör bloğu da gömülmüştür. Test düzeneği üzerinde bulunan malzemeler;

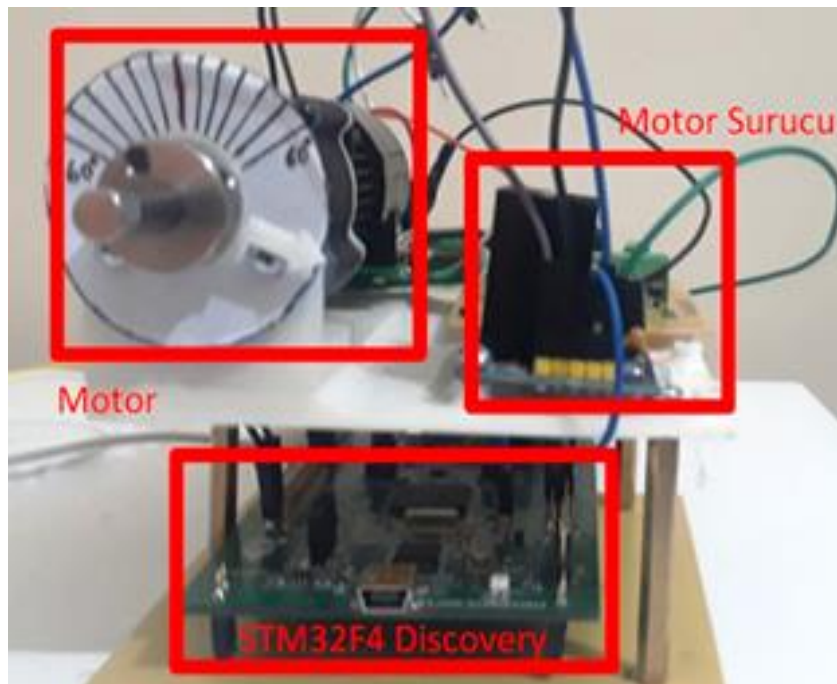
1. STM32F4 Mikro denetleyici
2. LMD18200 Motor Sürücü
3. FAULHABER Motor 2342L012CR
4. Li-Po Pil

Test düzeneği blok şeması Şekil 4'te görülmektedir.

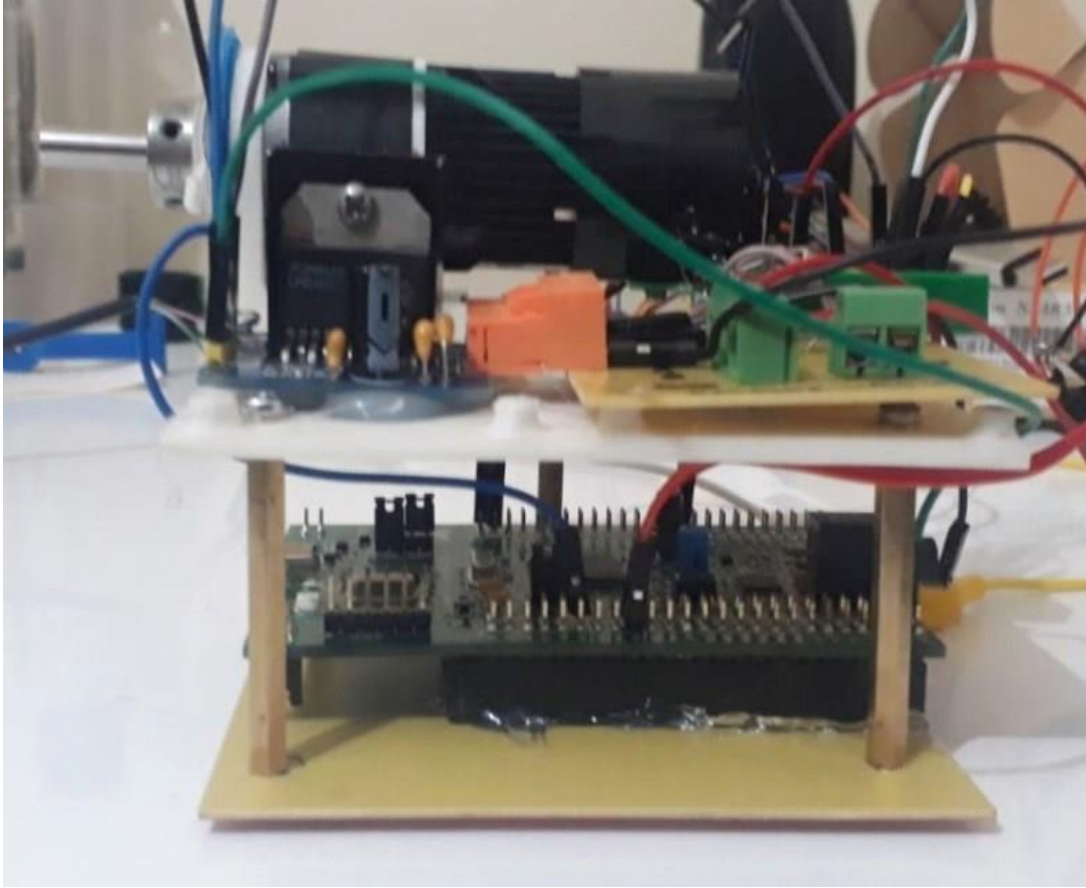


Şekil 4. Çalışma Blok Şeması

Motor test düzeneği Şekil 5 ve Şekil 6’da görülmektedir.



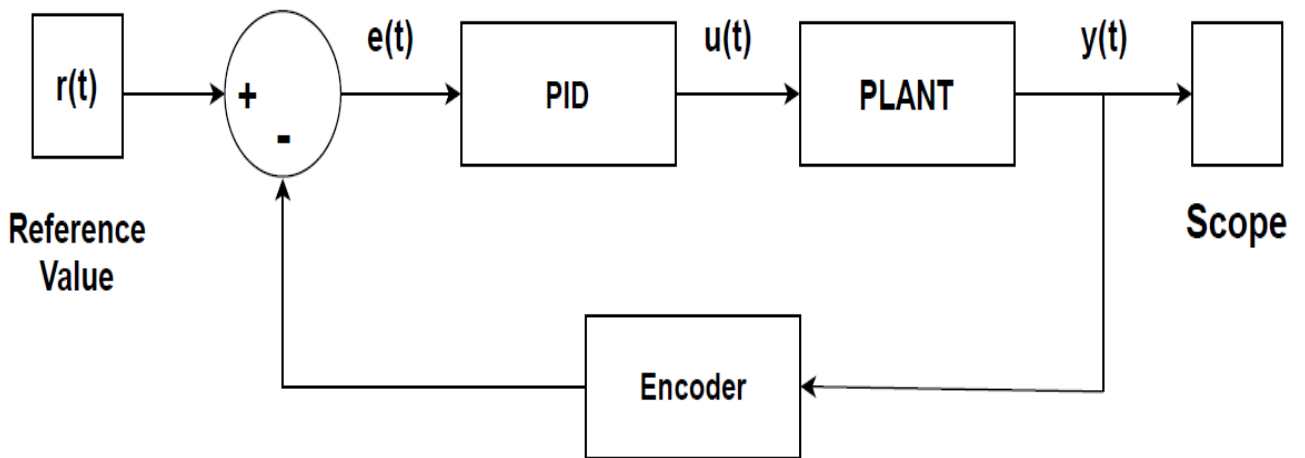
Şekil 5. Motor Test Düzeneği Ön Taraftan Görünüşü



Şekil 6. Motor Test Düzenegi Yan Görünüşü

### PID ile DC Motorun Gerçek Zamanda Pozisyon Kontrolü

PID (oransal-integral-türev) kontrolör yapısı basit, kararlı ve sağlam bir yapıya sahip olduğundan dolayı endüstriyel, robotik, proses otomasyonu ve benzeri sistemlerde en çok kullanılan kontrolör yapısıdır. PID kontrol yöntemi blok diyagramı Şekil 7'deki gibi oluşturulmuştur (Paz, 2001).



Şekil 7. PID Kontrol Yöntemi Blok Diyagramı



Şekil 7'deki  $u(t)$  ifadesi kontrol sinyalini,  $y(t)$  ifadesi çıkış sinyalini,  $r(t)$  ifadesi referans sinyalini ve  $e(t)$  ifadesi ise hata sinyalini temsil etmektedir.  $u(t)$  çıkış sinyali Eşitlik 5. Ve Eşitlik 6. kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (5)$$

$$e(t) = r(t) - y(t) \quad (6)$$

İstenilen referans sinyalini çıkış sinyalinin takip edebilmesi için Eşitlik 4. deki  $K_p$ ,  $K_i$  ve  $K_d$  parametrelerinin sistem için en optimum şekilde ayarlanması gerekmektedir.  $K_p$  oransal parametresi  $e(t)$  hata sinyali ile çarpılmasıyla,  $K_i$  integral parametresi hata sinyallerinin toplanıp  $e(t)$  hata sinyali ile çarpılmasıyla,  $K_d$  türev parametre ise hata sinyalinin değişiminin  $e(t)$  hata sinyali ile çarpılmasıyla ve son olarak hepsinin toplanması ile  $u(t)$  PID kontrolör çıkış değeri elde edilmektedir. Bu 3 farklı PID parametresi sistemdeki çalışma performansına olan etkisi farklılık göstermektedir. Bu yüzden sistemin en iyi şekilde kontrol etmek için Çizelge 2'deki özellikler dikkat alınarak PID kontrolör parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir.

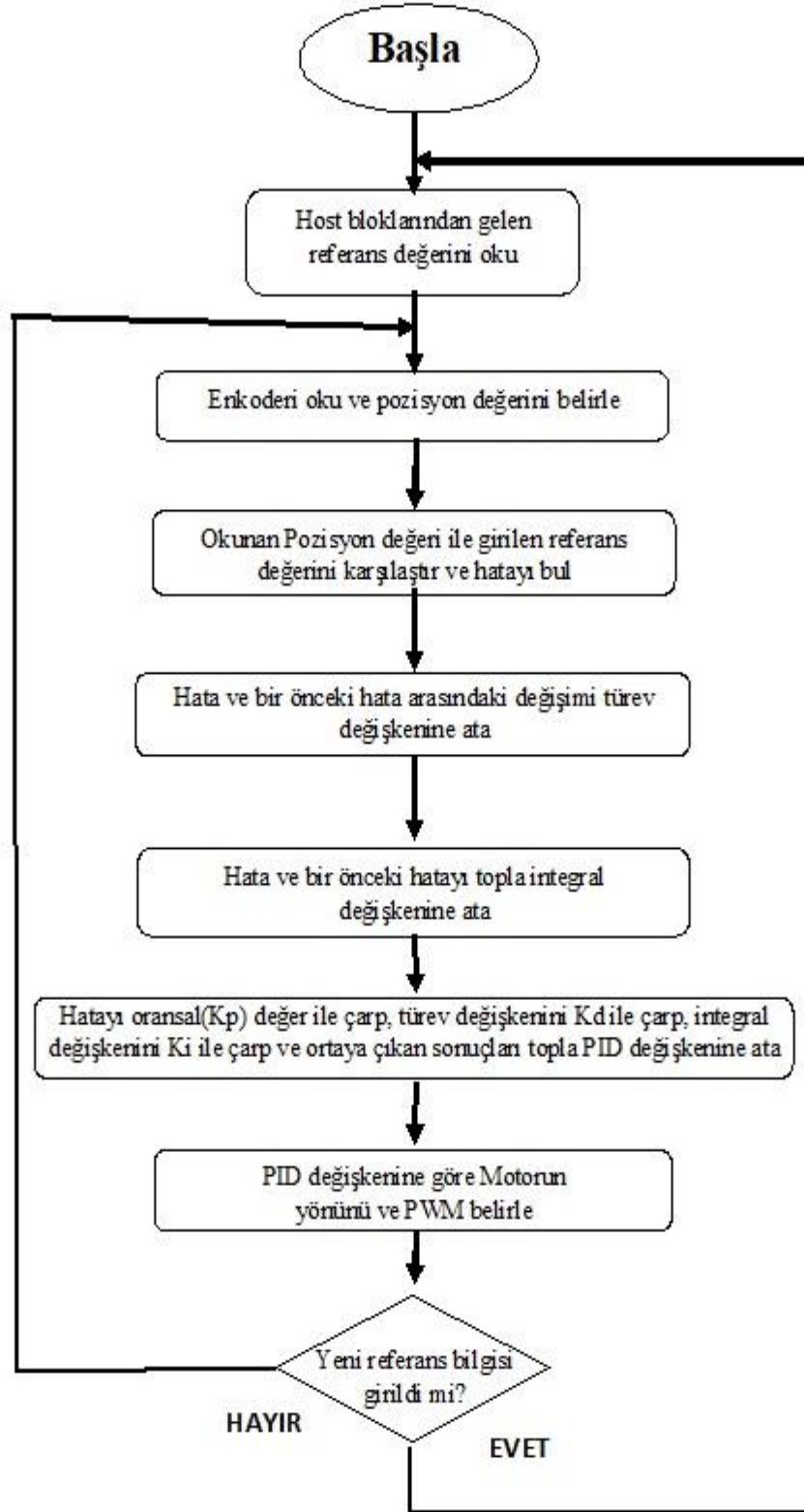
**Çizelge 2.** PID Parametrelerinin Özellikleri

	<b>Yükselme Zamanı</b>	<b>Aşım</b>	<b>Oturma Zamanı</b>	<b>Kalıcı Durum Hatası</b>
<b>K<sub>p</sub></b>	Azaltır	Artırır	Az Değişim	Azaltır
<b>K<sub>d</sub></b>	Azaltır	Artırır	Artırır	Az Değişim
<b>K<sub>i</sub></b>	Az Değişim	Azaltır	Azaltır	Yok eder

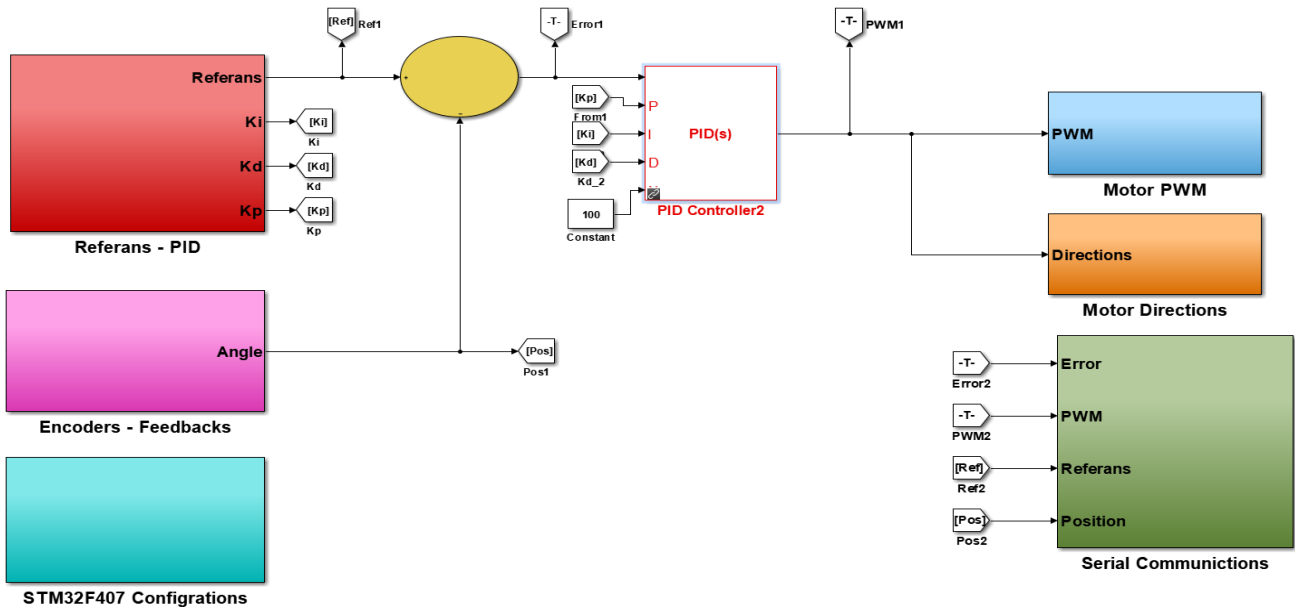
Bu çalışmada, 2. ve 3. bölümlerde DC motorun transfer fonksiyonu çıkartılıp daha sonra simülasyonu yapılmıştır. Matlab Simulink ortamında simülasyonu yapılan transfer fonksiyonun PID kontrol bloğu ile PID parametreleri ( $K_p$ ,  $K_i$  ve  $K_d$ ) hesaplanmıştır. PID parametreleri olan  $K_p$ ,  $K_i$  ve  $K_d$  sırasıyla 1.93, 100 ve 0 olarak belirlenmiştir. Bu parametreler ile sistem çıkışının referans sinyalini bire bir yakaladığı gözlemlenmiştir. Şekil 8'de mikro denetleyici içerisine gömülmüş PID kodlarının genel akış diyagramı verilmiştir.

Şekil 8'de verilen akış diyagramında ise verilen referans sinyaline göre motor pozisyonu bilgisi enkoderden alınarak referans sinyaline olan benzerliği kontrol edilmiştir ve hata payına göre belli motora uygulanması muhtemel PWM sinyali yeniden belirlenmiştir. Tekrardan referans sinyali girildiği zamanda PID kontrolörünün hata, hatanın toplamı ve hatanın değişimini temsil eden değişkenler yeniden belirlenerek motora uygulanacak PWM sinyali de belirlenmiştir.

Gerçek zamanlı kontrol için Matlab Simulink ve Waijung blok setlerinden yararlanılmıştır. Host ekranında verdiğimiz referans değer ile enkoder bloğundan gelen pozisyon bilgisinden çıkartılarak hata değeri elde edilmektedir. Daha sonra hata değerine göre PID kontrol işleminden geçtikten sonra motorun yönü ve doluluk oranı ayarlanmaktadır. Şekil 9'da Matlab Simulink PID ve Waijung blok setleri gösterilmektedir.



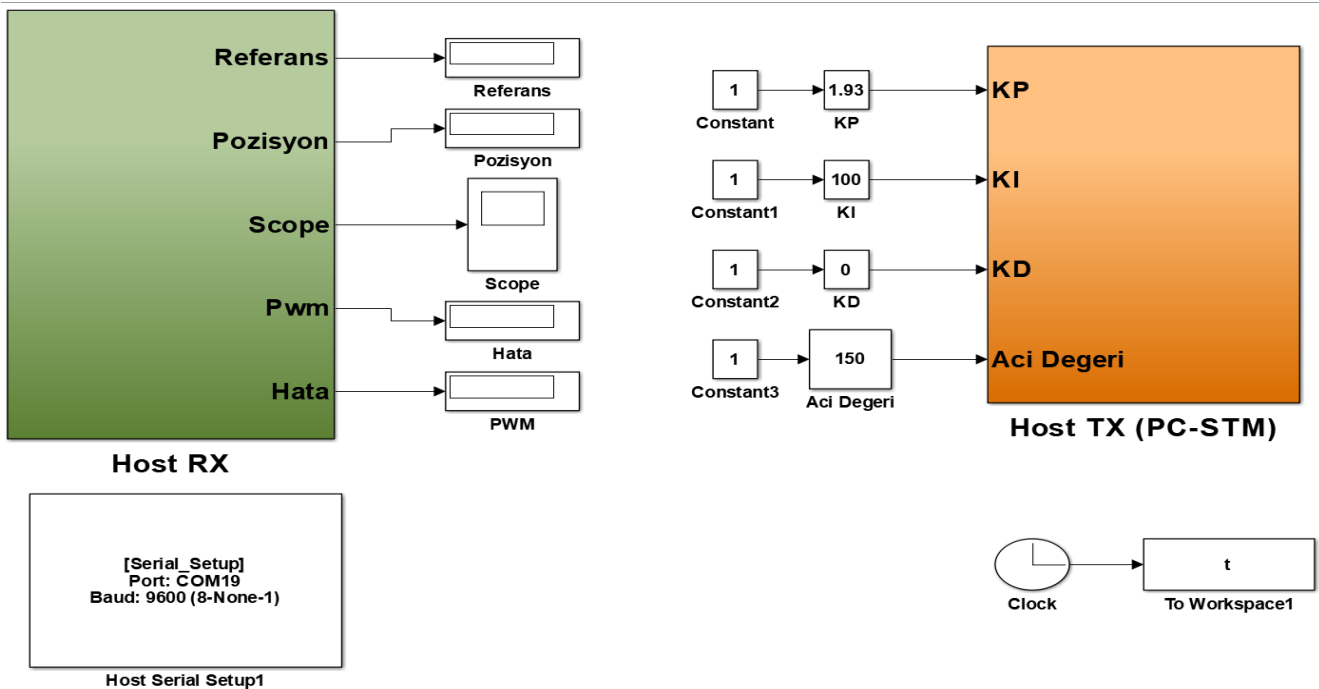
Şekil 8. Akış Diyagramı



Şekil 9. Matlab Simulink PID ve Waijung Blok Setleri

Host blokları ile motorun anlık grafiklerini referans değeri ve PID katsayıları ayarlanabilmektedir. Şekil 10'da Matlab Simulink PID Kontrolör ve Waijung Host Blok Setleri gösterilmektedir. Bu çalışmada, PID parametreleri olan  $K_p$ ,  $K_i$  ve  $K_d$  şu yöntem ile bulunmuştur:

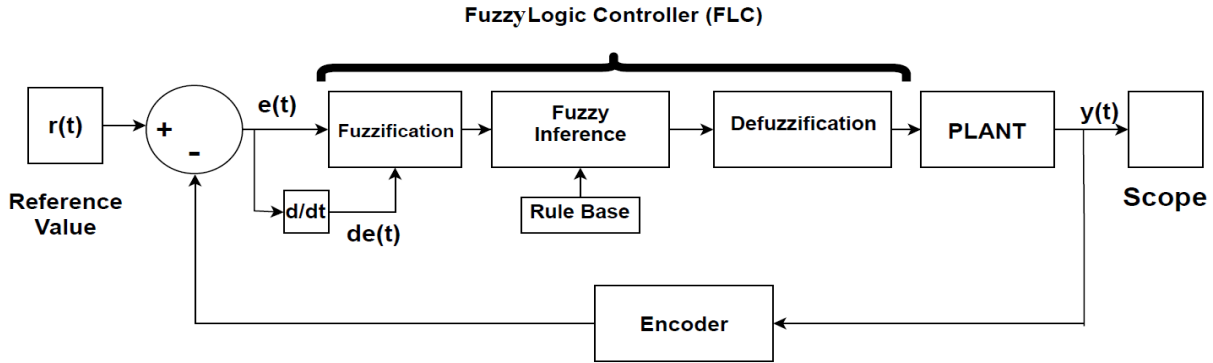
DC motor dokümanından gerekli parametreler alınarak motorun transfer fonksiyonu oluşturulmuştur ve daha sonra Matlab Simulink ortamında PID bloğu kullanılarak kontrol edilmiştir. Burada PID katsayılarını PID tuning ile bulunmuştur ve bu katsayılar gerçek zamanda oluşturulan sistemde başarılı bir şekilde çalıştığı görülmüştür. Yani sistemin transfer fonksiyonu gerçek sistemimizi %90 oranında temsil ettiği tespit edilmiştir. Bulunan katsayılar  $K_p$ ,  $K_i$  ve  $K_d$  sırası ile 1.93, 100, 0'dır.



Şekil 10. Matlab Simulink PID Kontrolör ve Waijung Host Blok Setleri

### Bulanık Mantık ile DC Motorun Gerçek Zamanda Pozisyon Kontrolü

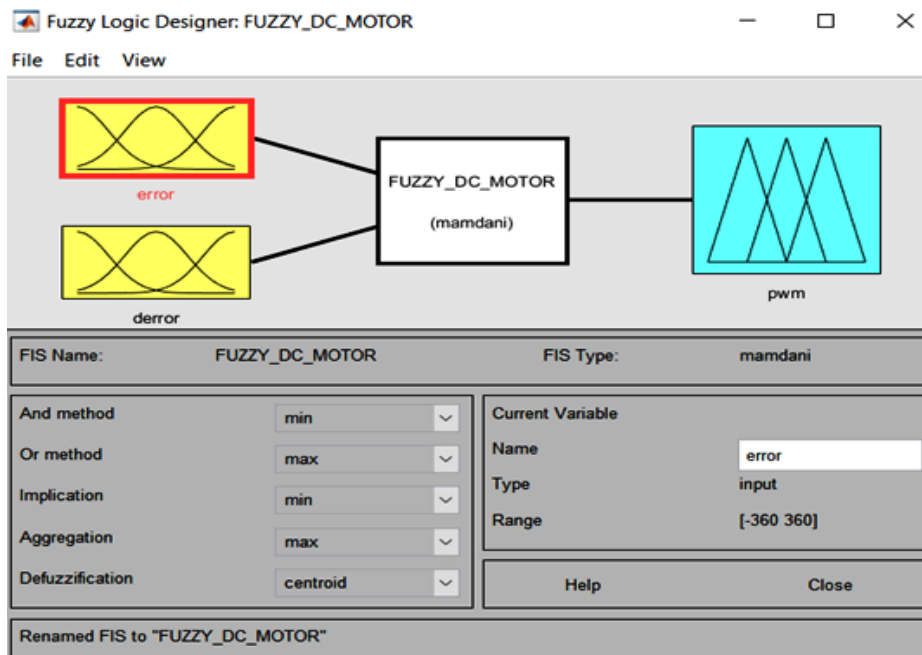
Bulanık mantık, insan ve makine etkileşimi sonucu ortaya çıkan, mantık operatörleri kullanan ve bunları basit matematiksel ifadeler ile gerçekleştiren bir kontrol yöntemidir. Bulanık mantık teorisi Aristo (klasik) mantığa dayalı olmayıp, bulanık kümeleri ifade eden matematiksel ifadelerden yararlanmaktadır (Ergün, 2019). Şekil 11'de Bulanık Mantık Kontrolör Blok Diyagramı gösterilmektedir.



Şekil 11. Bulanık Mantık Kontrolör Blok Diyagramı

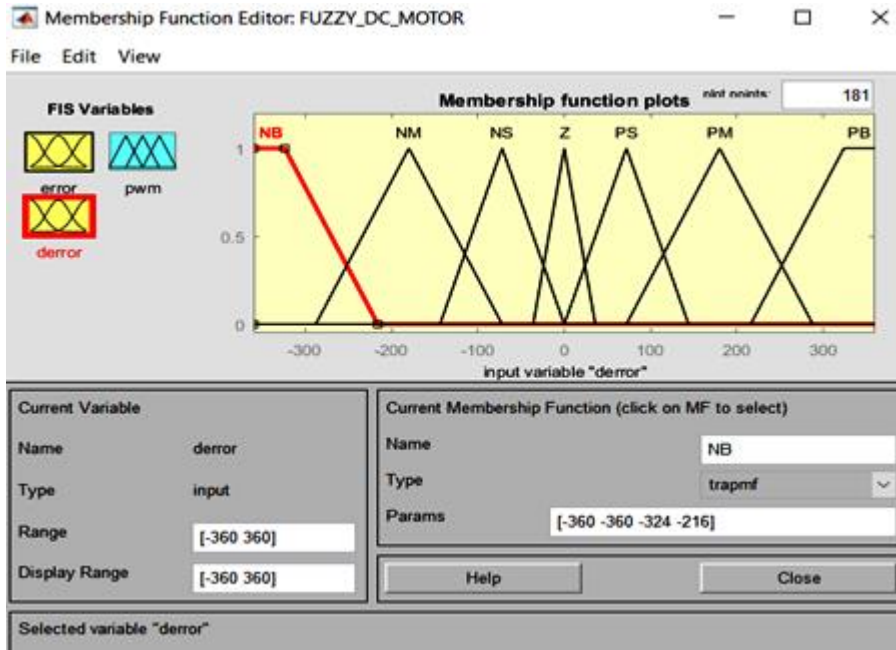
Hata ( $e(t)$ ) ve hatanın değişimi ( $de(t)$ ) bulanık mantık ile kontrol gerçekleştirebilmek için giriş olarak kullanılır. Referans değeri ile enkoderden okunan pozisyon bilgisinin farkı hatayı ( $e(t)$ ) hesaplar. Hatanın bir önceki değeri ile farkı hatanın değişimini ( $de(t)$ ) hesaplamaktadır. Hesaplanan hata ve hatanın değişimi bulandırma işleminden geçirilmektedir. Bulandırma işleminin ardından kural tablosu işleminden geçirilmektedir. Son olarak kural tablosu işleminden sonra durulama işlemi gerçekleşmektedir. Durulama işlemi sonucu motora uygulanacak sinyaller (Motor yön ve PWM) elde edilmektedir.

Şekil 12'de bulanık mantık ara yüzü görülmektedir. Referans değerden ve geri beslemenin farkından oluşan hata ve hatanın değişiminden oluşan iki giriş mevcuttur. Çıkışta, motorun doluluk oranının ayarlanması için PWM kümeleri bulunmaktadır. Durulandırma yöntemi olarak Centroid yöntemi kullanılmaktadır.

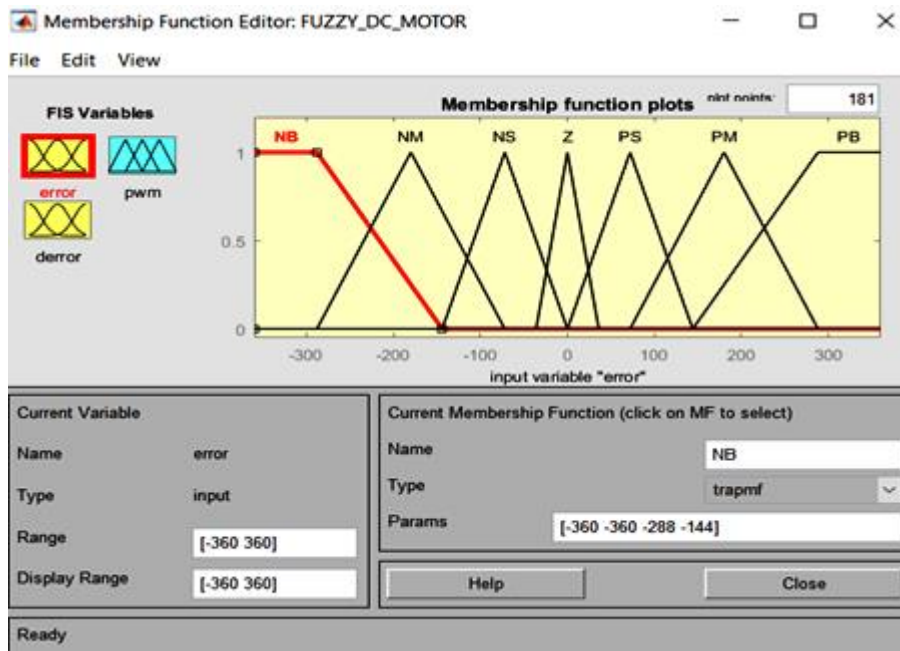


Şekil 12. Matlab – Bulanık Mantık Ara yüzü

Çalışma kapsamında, DC motorun pozisyon kontrolünde bulunan hata ve hatanın değişim miktarları değerleri ile oluşturulan bulanık üyelik fonksiyonları Şekil 13 ve Şekil 14'teki gibi belirlenmiştir.



Şekil 13. Matlab – Hatanın Değişimi Üyelik Fonksiyonları

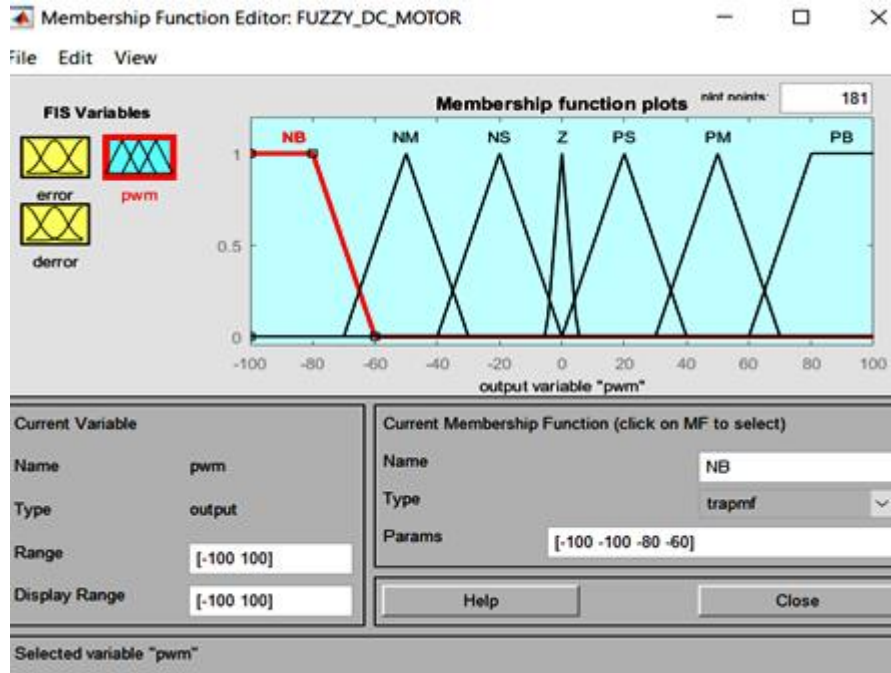


Şekil 14. Matlab – Hatanın Üyelik Fonksiyonları

Şekil 13 ve 14'de görüldüğü üzere üçgen ve yamuk fonksiyonları tercih edilmiştir. Motor tam bir turu olan 0 ile 360 dereceler arasında çalışması istenmektedir. Bundan dolayı hata ve hata değişimi üyelik fonksiyonlarındaki sınır değerleri  $-360^\circ$  ve  $360^\circ$  olarak belirlenmiştir. Bulanık üyelik fonksiyonları olarak NB (Negatif Büyük), NM (Negatif Normal), NS (Negatif Küçük), Z (Sıfır), PS (Pozitif Küçük), PM (Pozitif Normal), PB (Pozitif Büyük) sembolik değerleri kullanılmıştır (Köse ve ark., 2013).



Çıkış olarak istenilen PWM sinyalinin üyelik fonksiyonu Şekil 15’deki gibi belirlenmiştir. PWM sinyalinin doluluk oranı 0-100 arasında değiştiği için çıkış PWM sinyalinin sınır doluluk oranı -100 ve 100 olarak üyelik fonksiyonlarında belirlenmiştir.



Şekil 15. Matlab – Çıkış (PWM) Üyelik Fonksiyonları

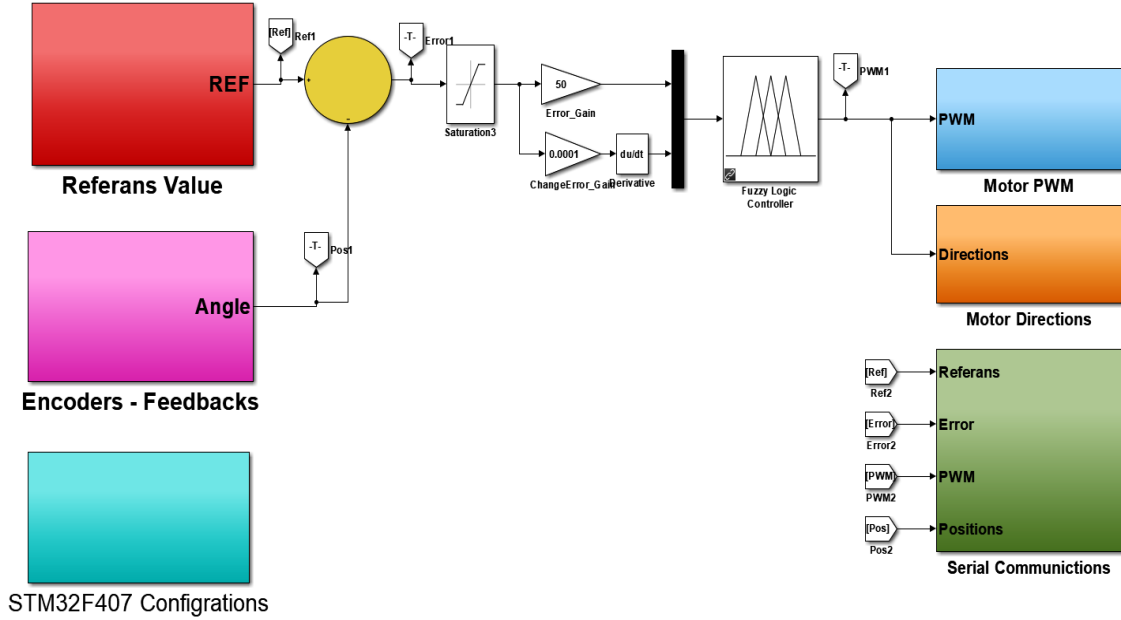
Çizelge 3’teki kural tablosu bulandırılan hata ve hatanın değişim değerlerini üyelik fonksiyonlarını içermektedir. Şekil 15’ ise PWM üyelik fonksiyonlarından uygun çıkışı elde edilmesini sağlayan gerekli üyelik fonksiyonlarını göstermektedir. Kural tablosunda “*e*” parametresi hatayı, “*de*” parametresi ise hatanın değişimini temsil etmektedir. Hesaplama maliyetini en aza indirmek için çıkış en fazla (max-min) yöntemi kullanılarak belirlenmiş, durulama işlemi için ise Centroid yöntemi tercih edilmiştir (Kızır ve ark., 2019).

Çizelge 3. Bulanık Mantık Kural Tablosu

e/de	NB	NM	NS	Z	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NB	NM	NM	NS	Z
NM	NB	NB	NB	NM	NS	Z	PS
NS	NB	NM	NM	NS	Z	PS	PM
Z	NB	NS	NS	Z	PS	PM	PB
PS	NM	NS	Z	PS	PM	PB	PB
PM	NS	Z	PS	PM	PB	PB	PB
PB	Z	PS	PM	PM	PB	PB	PB

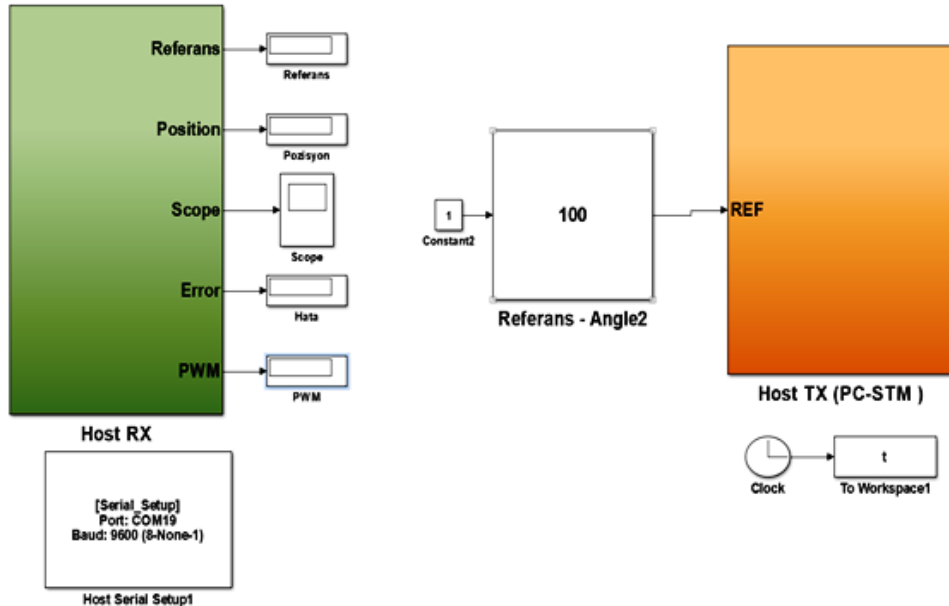
Şekil 16’da bulanık mantık kontrol ve Waijung blok diyagramları görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi hata ve hatanın değişimi giriş değerleri olarak kullanılmıştır. Encoder sensöründen alınan güncel pozisyon bilgisi ve referans pozisyon bilgisi karşılaştırılarak hata değeri elde edilir, hatanın

değişimi ise hata ile hatanın bir önceki değeri arasındaki fark alınarak elde edilir. Daha sonra bu girişler üyelik fonksiyonları ile bulandırma işlemine tabi tutulur. Kural tablosu ile çıkarım gerçekleştirilir ve en sonunda durulama işlemiyle nihai kontrol sinyali elde edilir.



Şekil 16. Matlab Simulink Bulanık Mantık ve Waijung Blok Setleri

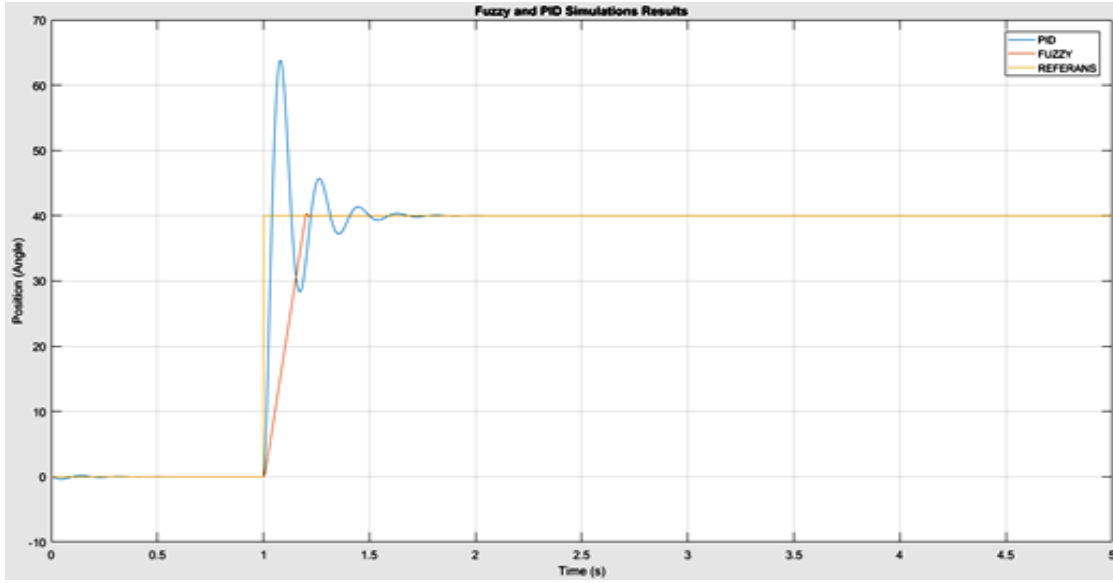
Host Blokları ile motorun anlık grafiklerini görülmekte ve referans değeri ayarlanmaktadır.



Şekil 17. Matlab Simulink Bulanık Mantık ve Waijung Host Blok Setleri

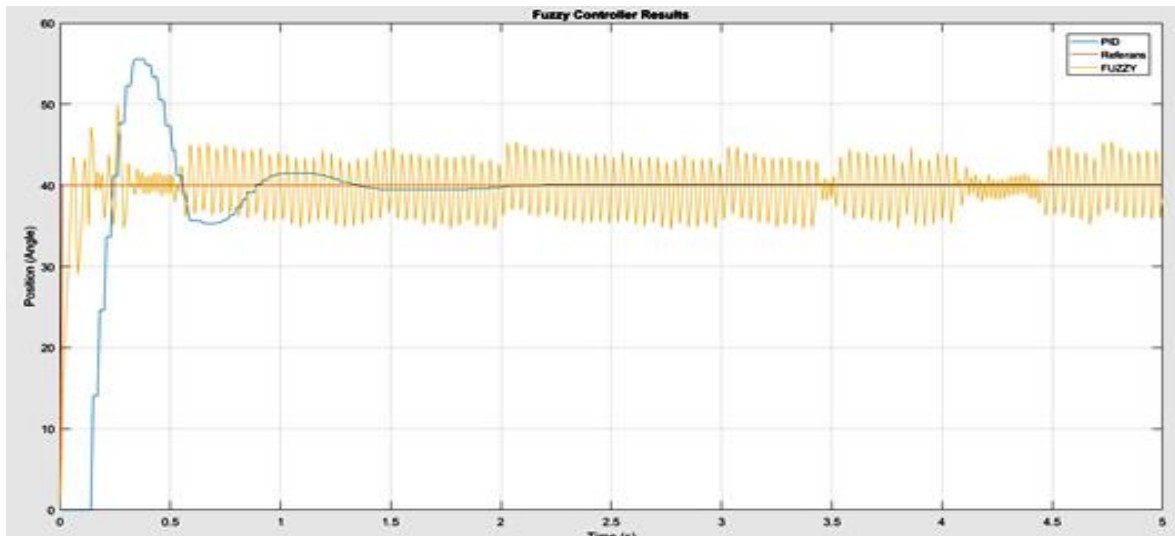
## BULGULAR VE TARTIŞMA

3. bölümde simülasyonu yapılan transfer fonksiyonu ile aynı referans sinyalleri kullanarak PID ve bulanık mantık kontrolörleri karşılaştırılmıştır. Örnek olarak giriş pozisyonu referans değeri olarak motorun  $40^\circ$  gitmesi istenmiştir. Verilen  $40^\circ$  giriş sinyaline kontrolörlerin cevabı Şekil 18’de verilmiştir.



Şekil 18. PID ve Bulanık Mantık Simülasyon Sonucu

5. ve 6. bölümlerde gerçek zamanlı olarak deneyler gerçekleştirilmiştir. Giriş değeri olarak motorun  $40^\circ$  gitmesi istenmiştir. Verilen  $40^\circ$  giriş sinyaline kontrolörlerin cevabı Şekil 19'da verilmiştir.



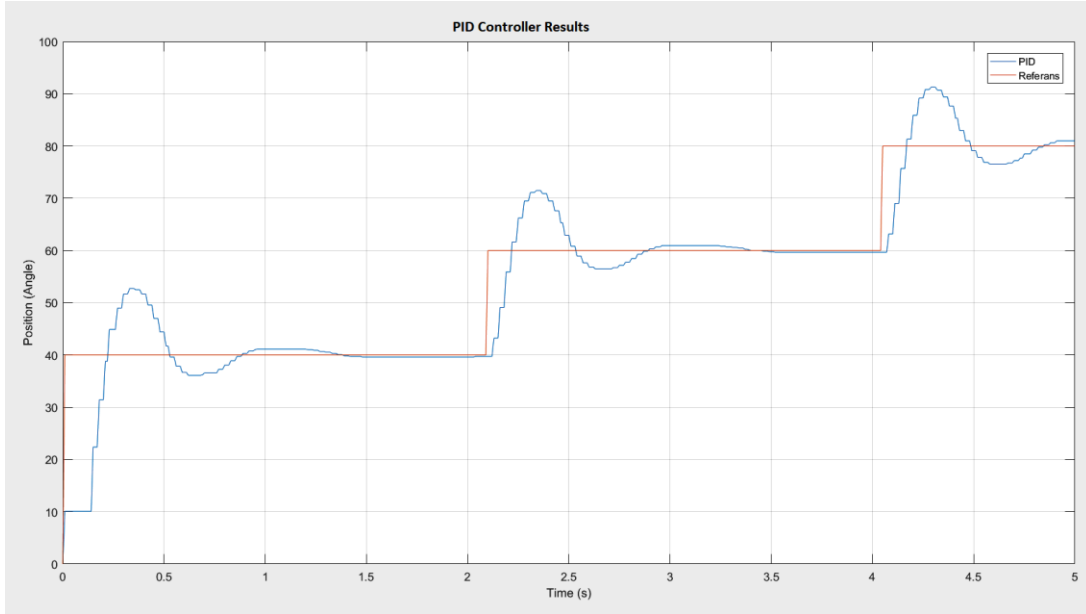
Şekil 19. PID ve Bulanık Mantık Gerçek Zamanlı Test Sonucu

Kontrolcülerin performans kriterleri açısından karşılaştırılması Çizelge 4'te sunulmuştur. Grafikten ve tablodan görüldüğü üzere PID kontrolörde fazla aşım bulanık mantık kontrolöre göre daha büyük olduğu görülmektedir. Bulanık kontrolörün yükselme zamanının ise daha az olduğu görülmüştür. Ayrıca PID kontrolörün daha kısa sürede referans sinyale ulaşarak daha az bir oturma süresine sahip olduğu görülmektedir. PID kontrol integral etkisi ile kalıcı durum hatasını bu referans değeri için daha aza indirdiği görülmektedir.

Çizelge 4. Bulanık Mantık ve PID Grafik Değerlerinin Karşılaştırılması

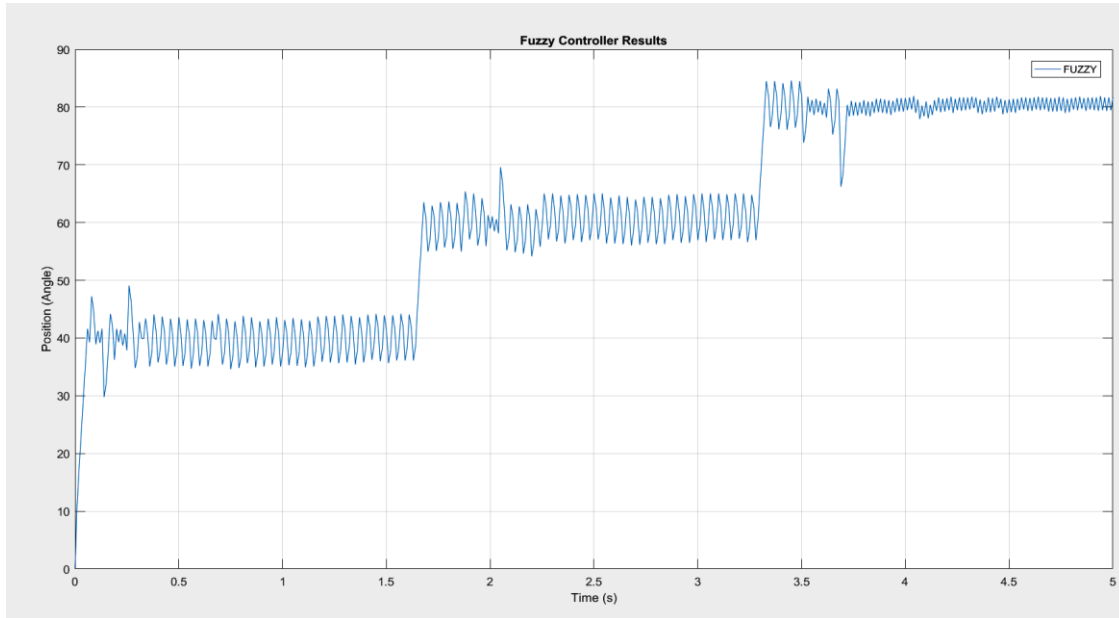
	Bulanık M. Kontrol	PID Kontrol
Aşırı Aşım	% 10.1	% 30.3
Yükselme Zamanı	0.01s	0.2s
Oturma Zamanı	-	1.6s
Kalıcı Durum Hatası	-	0.1

Diğer bir deneyde değişen referans sinyallerine karşı kontrolcülerin performansları test edilmiştir. Referans sinyal olarak sırasıyla  $40^\circ$ ,  $60^\circ$  ve  $80^\circ$  uygulanmıştır. Değişken referans sinyaline PID kontrolörün verdiği cevap Şekil 20’de gösterilmiştir.



Şekil 20. Referans sinyalinin değişimi ve sistemin PID cevabı

Şekil 21’de ise referans sinyallerin değişimine bulanık kontrol sisteminin cevabı gösterilmiştir.



Şekil 21. Değişen referans sinyali ve Bulanık mantık sistem cevabı

## SONUÇ

Gelişen teknolojik yenilikler ve yeni çalışmalar neticesinde DC motor kullanım alanı hızlı bir şekilde artış göstermiştir. Fırçasız DC motorun avantajlarından dolayı günümüz endüstriyel kontrolün neredeyse tüm alanlarında yaygın olarak kullanım alanı bulmaktadır. Yapılan literatür çalışmaları

sonucunda hem akademik hem de endüstriyel olarak bir çok alanda, fırçasız DC motorun yoğun kullanımı ile DC motor kontrolü önemli bir problem haline gelmiştir.

Bu çalışmada, DC motorun pozisyon kontrolü için PID ve Bulanık Mantık yaklaşımları kullanılmıştır. DC motorun karakteristik özellikleri kullanılarak gerekli parametreler belirlenmiş ve daha sonra DC motorun dinamik denklemleri belirlenerek transfer fonksiyonu çıkarılmıştır. Elde edilen transfer fonksiyonu üzerinde simülasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen simülasyonlar sonucunda PID ve Bulanık Mantık kontrolcü katsayıları hesaplanmıştır. Hesaplanan katsayılar ile gerekli blok diyagramları Matlab Simulink ortamında Waijung bloklarıyla oluşturulmuş ve Code-Generation aracı ile STM32F4 mikro denetleyici kitine gömülmüştür. Mikro denetleyici içerisine gömülmüş PID ve Bulanık Mantık kontrolör yapıları ile gerçek zamanlı olarak DC motorun pozisyon kontrolü üzerinde farklı deneyler gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneyler sayesinde DC motorun referans pozisyonuna göre pozisyon kontrolünün başarılı bir şekilde gerçekleştirildiği gözlenmiştir. Bu çalışma sayesinde hem akademik hem de uygulama olarak gerçek zamanlı bir deney düzeneği üzerinde birçok test işlemi başarıyla gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu çalışma farklı motor tiplerine uyarlanarak endüstri uygulamaları başta olmak üzere birçok farklı alanda kullanılacağı öngörülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Ahmed H, Rajoriya A, 2017. A hybrid of sliding mode control and fuzzy logic control using a fuzzy supervisory switched system for DC motor speed control. *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, 25(3):1993-2004.
- Anonim, 2014. STM32F4 Discovery ve LMD18200 ile DC Motor Hız Kontrolü, <http://www.mcu-turkey.com/stm32f4-discovery-ve-lmd18200-ile-dc-motor-hiz-kontrolu/> (Erişim Tarihi: 09.09.2019).
- Anonim, 2019. Kadriye Ergün Ders Notları, [http://kergun.baun.edu.tr/20172018Guz/YZ\\_Sunumlar/Bulanik\\_Mantik\\_Busra\\_Mavis.pdf](http://kergun.baun.edu.tr/20172018Guz/YZ_Sunumlar/Bulanik_Mantik_Busra_Mavis.pdf), (Erişim Tarihi: 09.09.2019).
- Çıra F, Gümüş B, 2011. Sürekli Mıknatıslı Senkron Motorun Klasik Denetleyici (PI) ve Bulanık Mantık Denetleyici Kullanılarak Hız Kontrolünün Yapılması Ve Birbiriyle Karşılaştırılması. *Engineering Sciences*, 6(1): 170-181.
- Coşkun İ, Terzioğlu H, 2009. Gerçek Zamanda Değişken Parametrelili PID Hız Kontrolü, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), 13-15 Mayıs 2009, Karabük.
- Çubukçu A, Öztürk S, Kuncan M, 2014. DC Motor Hız Kontrolünün Görüntü İşleme ve OPC Kullanarak S7-1200'de Gerçeklenmesi, Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı (TOK'2014), 11-13 Eylül 2014, Kocaeli.
- Doğan H, Kaplan K, Kuncan M, Ertunç, HM, 2015. PID and Fuzzy Logic Approach to Vehicle Suspension System Control, Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı (TOK'2015), 10-12 Eylül 2015, Denizli.
- El-Samahy AA, Shamseldin MA, 2018. Brushless DC motor tracking control using self-tuning fuzzy PID control and model reference adaptive control. *Ain Shams Engineering Journal*, 9(3): 341-352.
- Goswami R, Joshi D, 2018. Performance review of fuzzy logic based controllers employed in brushless DC motor. *Procedia computer science*, 132: 623-631.
- Ibrahim A, 2004. Fuzzy logic for embedded systems applications. Newnes publication, Burlington, USA.



- Karakoç H, Erin K, Çağırın R, Subaşı A, Kuncan M, Kaplan K, Ertunç HM, 2015. The Performance Comparison of PD Controller and Fuzzy Logic Controller for the Aircraft Height Control (TOK'2015), 10-12 Eylül 2015, Denizli.
- Kizir S, Yaren T, Kelekci E, 2019. Gerçek Zamanlı Kontrol, Seckin Yayınları Ders Kitabı, Kocaeli, Türkiye
- Köse F, Kaplan K, Ertunç HM, 2013. PID ve Bulanık Mantık ile DC Motorun Gerçek Zamanda STM32F407 Tabanlı Hız Kontrolü, Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı (TOK'2013), 26-28 Eylül 2013, Malatya.
- Oguntoyinbo O, 2009. PID control of brushless DC motor and robot trajectory planning simulation with MATLAB/SIMULINK.
- Parihk P, Sheth S, Vasani R, Gohil JK, 2018. Implementing Fuzzy Logic Controller and PID Controller to a DC Encoder Motor—"A case of an Automated Guided Vehicle". *Procedia Manufacturing*, 20: 219-226.
- Paz RA, 2001. The design of the PID controller. Klipsch school of Electrical and Computer engineering.
- Sathishkumar H, Parthasarathy SS, 2017. A novel fuzzy logic controller for vector controlled induction motor drive. *Energy Procedia*, 138: 686-691.
- Shakya R, Rajanwal K, Patel S, Dinkar S, 2014. Design and simulation of PD, PID and fuzzy logic controller for industrial application. *International Journal of Information and Computation Technology*, 4(4): 363-368.
- Somwanshia D, Bundeleb M, Kumarc G, Parashard G, 2019. Comparison of Fuzzy-PID and PID Controller for Speed Control of DC Motor using LabVIEW. *Procedia Computer Science*, 152: 252-260.
- Yedamale P, 2003. Brushless DC (BLDC) motor fundamentals. *Microchip Technology Inc*, 20, 3-15.

## An Application of Cloud Computing Based Industrial Internet of Things for Generator System

Batın DEMİRCAN<sup>1\*</sup>, Ersin AKYÜZ<sup>2</sup>

**ABSTRACT:** With the transformation of Industry 4.0, the current understanding of production in the industry is being reshaped together with information technologies. Internet of things and cloud computing are the most important components of this transformation. In this study, the generator system producing electricity as a simulation of an industrial system was used as the main system. 3-phase driven by an internal combustion engine, AC alternator voltage, current, frequency, alternator temperature and so on, and for the internal combustion engine that provides mechanical drive, oil / water pressure, oil / water temperature, fuel level, etc. The electrical and physical quantities are measured by means of PLC and sensors. It is provided to monitor this measurement data of the generator system both locally via HMI screen and computer screen and as a remote point in Web-based format. RS485 standard has been used together with MQTT protocol which is becoming more and more widespread nowadays and Modbus protocol which is used frequently in industrial systems in both physical and electrical measurements for user viewing and transfer to cloud information system. The measurement data were recorded in the Azure cloud computing system for the performance evaluation of the diesel fuel generator. Firstly, user interface was developed in Node-Red software running on Raspberry Pi. And as a second method, the same application structure is provided with a user interface created on Labview software running on Windows based operating system. In addition, real-time measurement analysis is provided by monitoring data remotely via the PowerBI internet platform.

**Keywords:** Internet of Things, Cloud Computing, Industry 4.0, Labview, Generator.

### Jeneratör Sistemi için Bulut Bilişim Tabanlı Endüstriyel Nesnelerin İnterneti Uygulaması

**ÖZET:** Endüstri 4.0 dönüşümü ile sanayideki mevcut üretim anlayışı, bilişim teknolojileri ile birlikte yeniden şekillenmektedir. Nesnelerin interneti ve bulut bilişim bu dönüşümün en önemli bileşenleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada, endüstriyel bir sistemin benzetimi olarak elektrik üretimi yapan jeneratör sistemi ana sistem olarak kullanılmıştır. İçten yanmalı bir motor ile tahrik edilen 3 fazlı, AC alternatör için gerilim, akım, frekans, alternatör sıcaklığı vb. ve mekanik tahrik sağlayan içten yanmalı motor için ise yağ/su basıncı, yağ/su sıcaklığı, yakıt seviyesi vb. elektriksel ve fiziksel büyüklükler PLC ve sensörler aracılığı ölçümlenmiştir. Jeneratör sistemine ait bu ölçüm verilerinin hem bölgesel olarak HMI ekran ile bilgisayar ekranı üzerinden hem de uzak bir nokta olarak Web tabanlı biçimde izlenmesi sağlanmıştır. Fiziksel ve elektriksel ölçümlerin gerek kullanıcı için görüntülenmesinde gerekse bulut bilişim sistemine aktarılmasında; günümüzde gittikçe yaygınlaşan ve yeni bir protokol olan MQTT haberleşme protokolü ve endüstriyel sistemlerde sıkça kullanılan Modbus protokolü ile birlikte RS485 haberleşme standardı kullanılmıştır. Ölçüm verileri, dizel yakıt ile çalışan jeneratörün performans değerlendirmesinde kullanılmak üzere Microsoft Azure bulut bilişim sisteminde kayıt altına alınmıştır. Bunu sağlamak için ilk olarak Raspberry Pi üzerinde çalışan Node-Red yazılımı kullanılmıştır. İkinci olarak ise aynı uygulama yapısı Windows tabanlı işletim sistemi üzerinde çalışan Labview yazılımı üzerinde oluşturulan bir kullanıcı arayüzü ile sağlanmıştır. Ayrıca Microsoft PowerBI internet platformu ile verilerin internet üzerinden uzaktan izlenmesi ile anlık olarak canlı ölçüm analizlerinin yapılması sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Nesnelerin İnterneti, Bulut Bilişim, Endüstri 4.0, Labview, Jeneratör.

<sup>1</sup> Batın DEMİRCAN (Orcid ID: 0000-0002-0765-458X), İŞBİR Elektrik San. A.Ş., Ar-Ge Merkezi, Balıkesir, Türkiye

<sup>2</sup> Ersin AKYÜZ (Orcid ID: 0000-0001-9786-3221), Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir Meslek Yüksekokulu, Elektronik ve Otomasyon Bölümü/Kontrol ve Otomasyon Teknolojisi Pr., Balıkesir, Türkiye

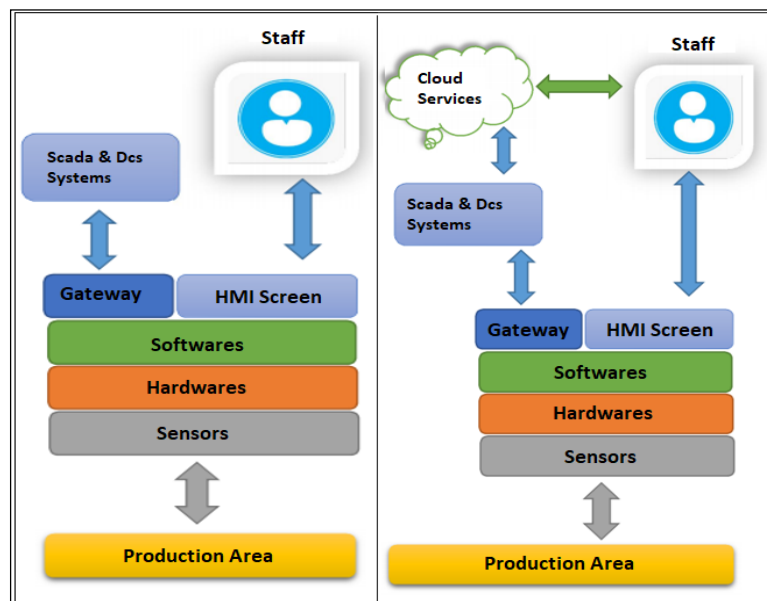
\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Batın DEMİRCAN, e-mail: batindemircan@gmail.com

## INTRODUCTION

Today, Industry 4.0 transformation is seen as an important opportunity to gain competitive advantage in industrial production. With this transition, a great transformation will be achieved in production with the use of structures such as internet of things (IoT), cloud computing, big data and cyber-physical systems in integrated and fully automated systems in industry (Numanoğlu and İnce, 2017). In addition to the flexible production structure that will be provided as a result of this transformation, leading countries in industrial production such as Germany foresee to reduce their costs by 20% (Numanoğlu et al., 2016).

IoT emerged as a concept by Kevin Ashton in 1999 and is seen as the most important component of the Industrial 4.0 revolution. In its broadest definition, it is defined as a world-wide network of uniquely addressable objects and the communication of objects in this system with a communication protocol (Gündüz and Daş, 2017). Today, the IoT is developing along with the basic issues of reliability, performance, security and privacy. It is estimated that the number of interconnected objects in the world will increase rapidly, surpassing the world population in 2011 and this number will be over 13 billion in 2020 (Botta et al., 2016; Fioccola et al., 2016).

Sensor that communicates with the sensors wired connection in industrial production systems, solenoid valves, programmable logic controllers (PLC) and is widely used architecture employing embedded SCADA system. SCADA as shown in Figure 1 architecture in industrial monitoring and data collection points and local networks are generally limited to use with the data recording facility. With the Industry 4.0 transformation, today's industrial automation systems are entering a new transition and this structure together with sensor networks connected to the internet network, develops applications including cloud systems and creates a smart production structure. This rapidly developing concept is called the "Industrial Internet of Things" (IIoT) (Lin et al., 2016; Brette et al., 2014).



**Figure 1.** SCADA production architecture and cloud compute-based SCADA production architecture.

SCADA structures are being used in industry together with the rapidly expanding cloud technologies to store and analyze large amounts of data generated by IoT devices. It is clear that the technologies which bring cloud technologies and IoT systems together will affect the internet structure. The new structure created by using the above mentioned IoT and cloud concept is defined as Cloud-IoT (Ficcola et al., 2016).

The advantages gained by a generator with traditional control structure and the designed cloud-based IoT structure are given in Table 1 in terms of functionality, remote access, integration, maintenance and performance.

**Table 1.** The comparison for the generator control system

Feature	Standard Control Panel Structure	IoT System Structure Comprising Node-Red and Labview
Functionality	Product capabilities are limited to those specified in the product datasheet, functionality can be provided to a certain extent if additional modules are provided to the user.	Product capabilities are entirely left to the designer, and the capabilities are limited to hardware constraints and the system designer.
Remote Access	It is possible with remote control modules added to control panels.	The system structure is based on remote access.
Entegration	It is mandatory to use the software provided by the company that produces the control panel.	Since the software platform is independent, it can be integrated into any software system.
Maintenance	There are warnings for standard maintenance operations with parameters set in the panel. Fault prediction is not possible.	In addition to the competencies in the control panel, it is possible to apply predictive maintenance techniques.
Performance	Product performance is not subject to evaluation, no data is recorded.	The system can be monitored continuously for error / malfunction prevention measures and the manufacturer can be contacted. All data in the system can be recorded and evaluated retrospectively and used for new product development.

When the literature is examined, it is seen that the applications are generally on small scale environmental measurements and building automation systems. In addition to this, different applications for medical sector, agriculture sector, transportation sector and other sectors are available in the literature (Çakmak and Mercan, 2017; Sazak and Albayrak, 2017; Pereiraa et al., 2018; Fioccola et al., 2016; Eryılmaz et al., 2016). Integrated prototype applications have been developed in the structures that generally use micro-controllers with 8-bit architecture and limited memory capacity. In these applications, pressure, temperature, humidity, current, voltage, etc. measured by sensors are used with the help of a gateway of physical quantities, real-time monitoring and control structure over the web. In addition, there are fewer studies using cloud services for storage and real-time monitoring to overcome the limited data storage problem (Yılmaz and Acar, 2017).

Smart watches, implants and wearable technologies that make your life easier with daily watches have been examined by Çakır ve ark. The big data problem consisting of data security and continuous data storage has been evaluated with IoT structure (Çakır et al., 2018). The advantages of real-time data monitoring, retrospective data analysis and predictive maintenance of cloud-based structures and the IoT used in applications such as renewable energy and smart grids have come to the fore (Çağlayan, 2016).

Pereiraa et al. addressed the problem of real-time remote monitoring and storage of large amounts of data for IoT and cloud-based systems for distributed structures with multiple stations, such as a photovoltaic power plant (Pereiraa et al., 2018).

In a successful prototype application for the measurement and remote monitoring of air pollution, different communication protocols (REST API and MQTT) were examined in terms of latency of data

transmission (Fioccola et al., 2016). In another application, Azure cloud platform was compared with different cloud platforms. Advantages of cloud platforms compared to each other were evaluated.

At this point, cloud server selection in cloud-based applications varies according to the needs of the system designer and server services. Cloud servers and visualization-reporting services can work together, support for different operating systems such as Linux, Windows, IOS, features such as updating software and services play an active role in system design. In another study, by comparing the cloud performance, it was determined that the system response was below 1150 ms with 600 data update rate in 1 s over 1500 sensors. If the number of sensors is below 500, it is determined to be less than 0.1ms (Forsström and Jennehag, 2017; Çağlayan, 2016).

In addition to communication protocols, data security is very important for this new concept. In IoT applications, starting from the sender side, the content of the message, the environment in which the message is broadcast and the message recipient must be secured. The sent messages and data must be encrypted so that they cannot be accessed by others, and it must be checked whether the message has been changed from the moment it reaches the recipient (Görmüş et al., 2017). Microsoft, for security reasons, the preferred Microsoft Azure platform provides data transmission between IoT devices with a key of 88 ASCII characters and over the “HTTPS” protocol (Microsoft, 2017).

Real-time remote monitoring and performance evaluation is very important for generator systems that vary in nature by location, especially in harsh operating conditions and remote locations. Real-time monitoring, which is usually provided with existing control panels, has problems such as inflexible and limited access structure with the interface software provided by the control panel manufacturers.

In this study, a real - time performance analysis of a widely used generator system in the industry was performed using cloud - based IoT. In the performed application, the measurements provided by using the sensors connected to the generator are displayed on site with HMI display. The critical data of the system was firstly sent to the cloud platform via Node-RED software with the help of Raspberry Pi and it was ensured that it was monitored on the web with the help of Power BI. All data recorded on the cloud were used for performance evaluation. In addition, cloud-based IoT application is provided as OPC based with the control structure developed with Labview software as a second method.

## MATERIALS AND METHODS

In this study, internet of cloud computing based objects has been implemented on generator system. The system is an industrial IoT and a cloud-based application and contains the two most important structures of the Industry 4.0 transformation components. The preferred generator in the system has a 3-phase, 1500 rpm synchronous alternator driven by an internal combustion engine and has a standby power of 30 kVA. In generator control system, voltage, current, frequency, alternator and oil temperature etc. sensors are available where measurements are provided. Figure 2 gives an overview of the diesel generator structure and control system.

Programmable logic controller (PLC) was used to monitor the generator system. The PLC used has a total of 28 digital inputs / outputs and measurements were taken by adding temperature and analogue measurement modules. Temperature measurement with DVP 04TC thermocouple module and analog signal measurement with DVP 06AD extension module. An HMI display was used for local monitoring and control. The HMI display has a resolution of 800x480 and supports RS232 / RS422 / RS485 communications. In addition, fault and alarm conditions are defined on the HMI display.

Microsoft Azure platform, which is widely used as a cloud service provider and has many different services, was preferred in the study. The Azure cloud platform is highly scalable, provides



server support in different geographic regions, offers web-based optimization for mobile devices, and supports machine learning.

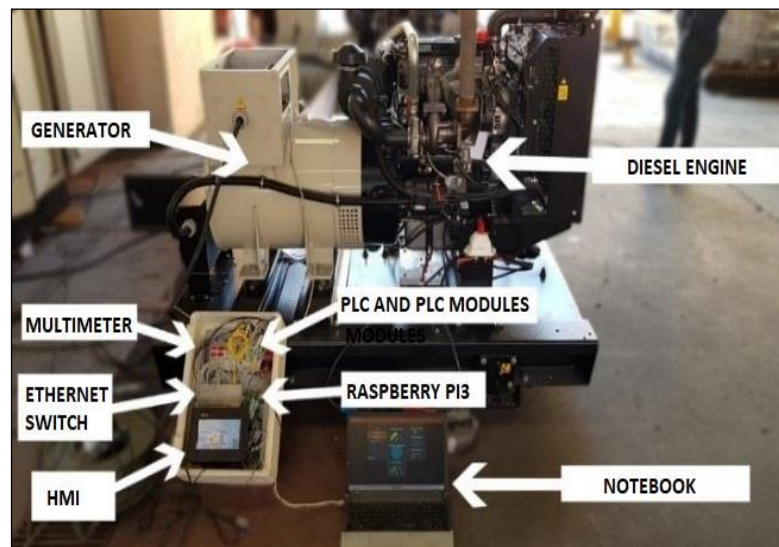


Figure 2. Experimental setup for diesel generator.

### Application Structure

Two different methods are used to send the data to the cloud system and to store and monitor it on the web.

#### a) Application structure with Node-RED software

In the first method, the hardware structure of Raspberry Pi3 was used as the main controller and gateway. Node-RED is the software that runs on Raspberry Pi3. With Node.js based Node-RED, data on PLC measurement system was obtained by using Modbus protocol with Rs-485 standard and sent to Microsoft Azure cloud platform. Interface design for the user is provided with the help of Node-RED and the cloud platform application (PowerBI). All data were monitored over the internet using different hardware platforms (mobile phone and mobile computer). Figure 3 shows the structure of the system.

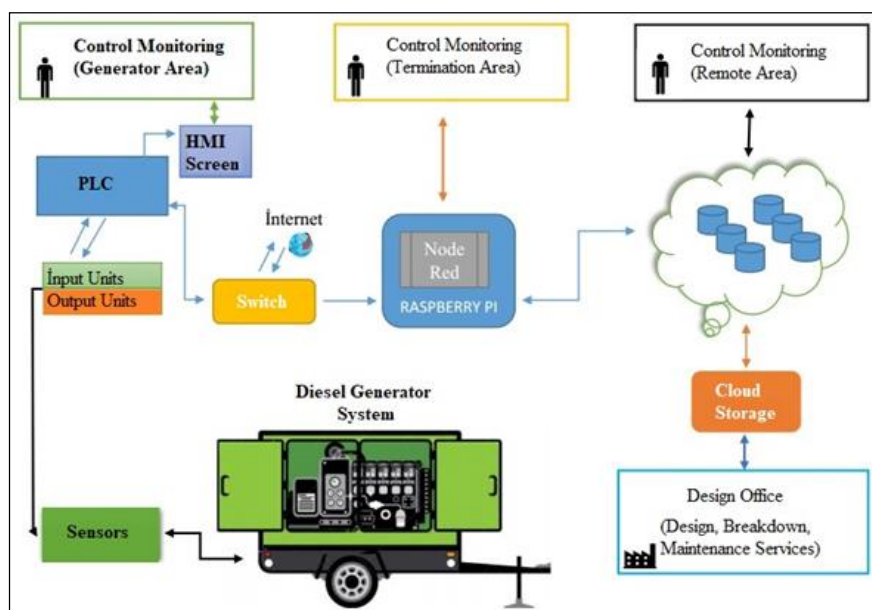


Figure 3. Structure of the system designed for the first method.

In the first method, the sensor data in the generator system was read from the modbus registers of the PLC via Modbus TCP / IP communication by means of Node-RED software. In addition to the use of predefined nodes and libraries in the Node-RED software, the functionality of the program is provided with JavaScript code. Figure 4 shows the diagram of the program created in Node-Red software. In the diagram given, communication nodes are used for taking measurements from PLC, indicator nodes for visualizing measurement data on the user side, and cloud nodes for sending data to the cloud platform via MQTT protocol.

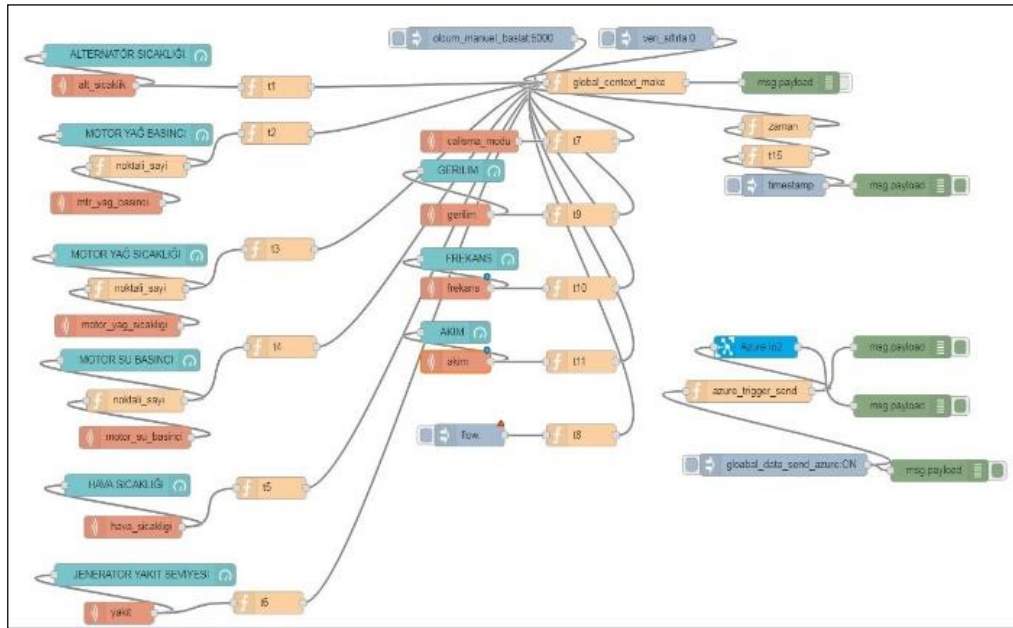


Figure 4. Node-Red software nodes.

Communication between cloud and Raspberry Pi3 gateway is provided by MQTT protocol. The MQTT protocol is a communication protocol based on the logic of broadcasting and subscribing to published messages. It is widely used in a secure manner since a desired device can subscribe to published messages (MQTT Community, 2019).

The first part of the data sent from the Raspberry Pi3 to the cloud platform is the Azure IoT Hub service. Data from IoT Hub service is stored in the Blob Storage area in the cloud. An interface design was carried out with Microsoft PowerBI software for visualization of all data in real time. PowerBI is a set of services that enable both instant analysis and visualization of data instantly and efficiently over desktop and web (Microsoft, 2019).

## b) Labview Application

In the second method, a laptop was used as gateway and master controller and Labview was used as software. Measurement, transfer of measurement data to the cloud and interface design are made with this program. Labview software has been preferred due to the limitations of Power BI and Node-RED software in interface development and also Labview has a powerful analysis, calculation and reporting libraries.

With Labview, sending data to the cloud platform, uploading data from the cloud platform, and querying data were performed through a single software structure. Figure 5 shows the Labview software-based system structure.

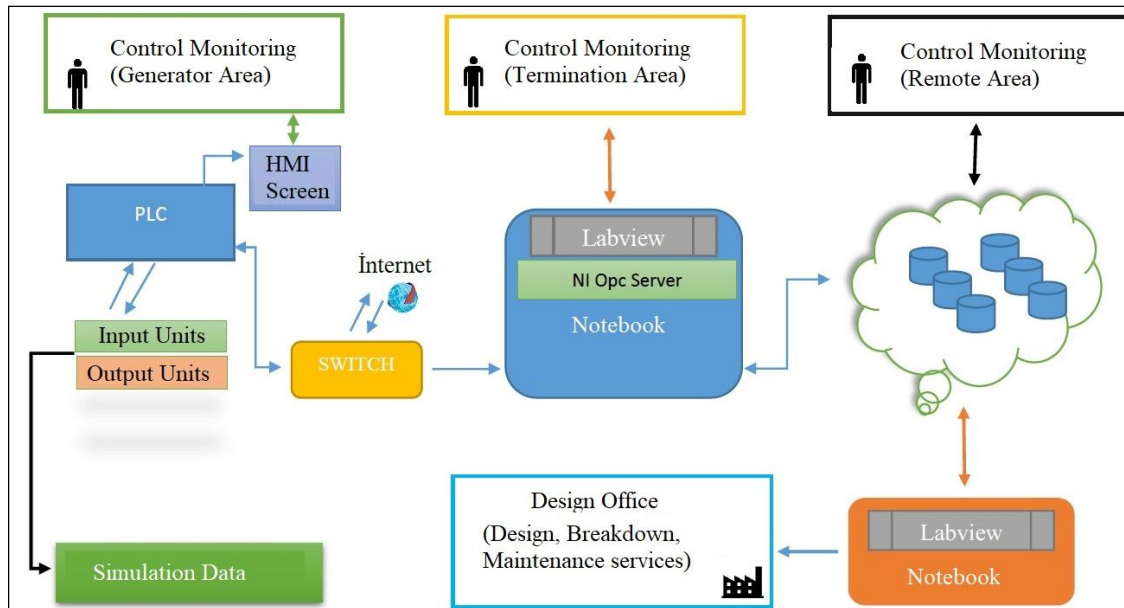


Figure 5. System model used in the second method.

In the second method, the measurement data obtained from the generator system was read from the PLC registers by using Modbus TCP / IP communication using OPC software. Figure 6 shows the addressing structure created with OPC software. In this way, data can be read from PLC addresses and transferred to Labview software.

Item ID	Data Type	Value
Channel_delta_12se.Device1.akim	Word	30
Channel_delta_12se.Device1.alternatorsicakligi	Word	90
Channel_delta_12se.Device1.calismasaati	Word	7
Channel_delta_12se.Device1.frekans	Word	52
Channel_delta_12se.Device1.gerilim	Word	220
Channel_delta_12se.Device1.havasicakligi	Word	28
Channel_delta_12se.Device1.motorsubasinci	Word	2
Channel_delta_12se.Device1.motoryagbasinci	Word	2
Channel_delta_12se.Device1.motoryagsicakligi	Word	110
Channel_delta_12se.Device1.yakitseviyesi	Word	80

Figure 6. Reading data from PLC with modbus TCP / IP using OPC Software.

For each measurement variable (Current, Voltage, Frequency, etc.) created in OPC software, global variables were created in Labview software and the measurement data were transferred to Labview software with the help of Modbus TCP / IP. In this way, data is visualized on the interface screen designed for the user with Labview software. In addition, this data is sent to Azure platform simultaneously with the help of Azure toolkit module.

For sending data from Labview software to Azure cloud system, “Storage Account Name” and “Access Key” information, which is provided to the user by Microsoft and has a unique identity, is defined in the program. The measurement data is stored at regular intervals within the Queue fields. Figure 7 shows the structure of the program instead of the functions mentioned below.

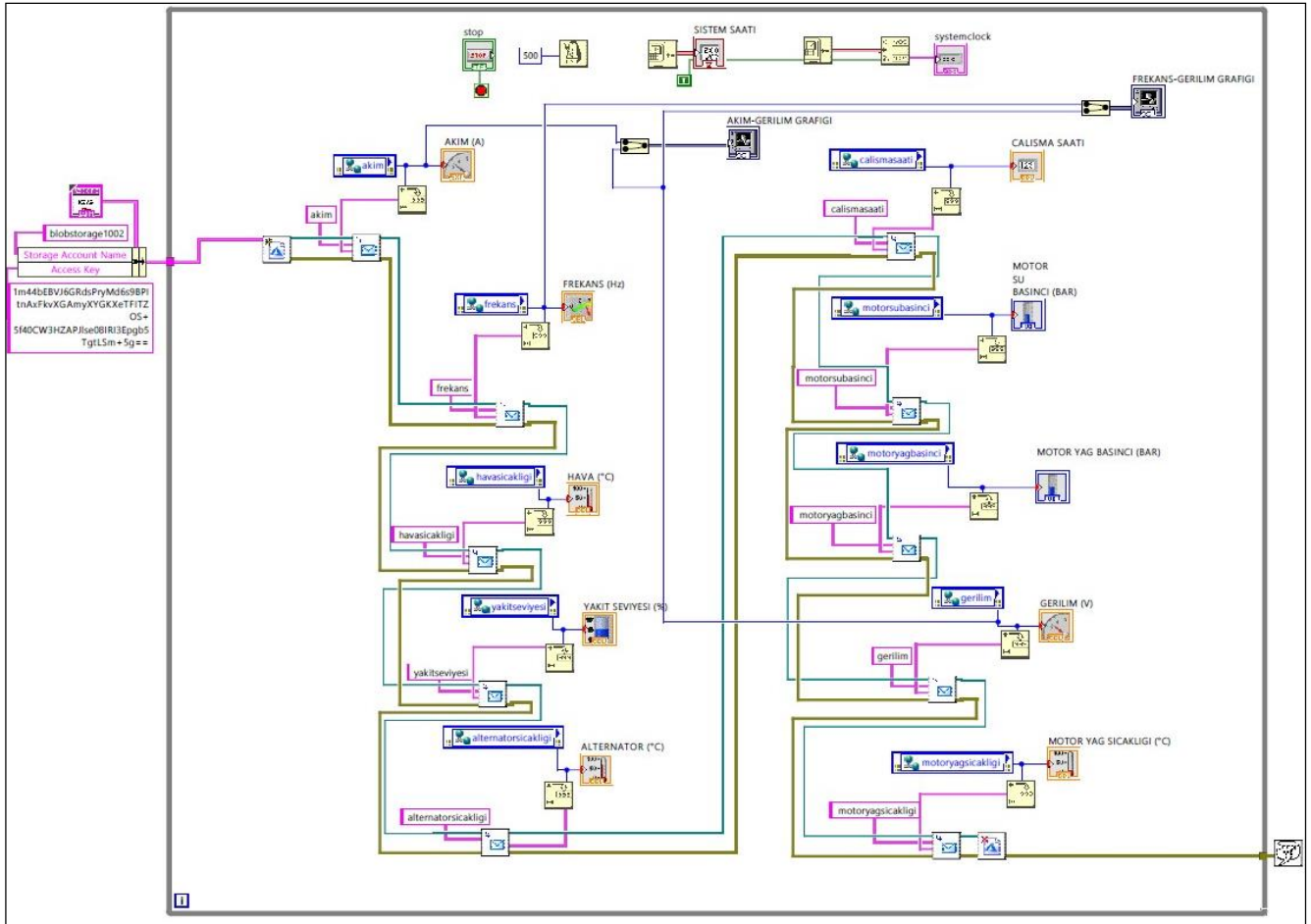


Figure 7. Send data to Azure Queue in Labview.

With the other interface created in Labview software, the data stored on the cloud platform is downloaded and transferred to the user computer. As in the process of sending data, “Account Name” and “Access Key” were used. The program part required for reading the data from the Queue field is given in Figure 8. At the same time, global variables were defined and visualization of the data was made for the graphs of each data to be monitored.

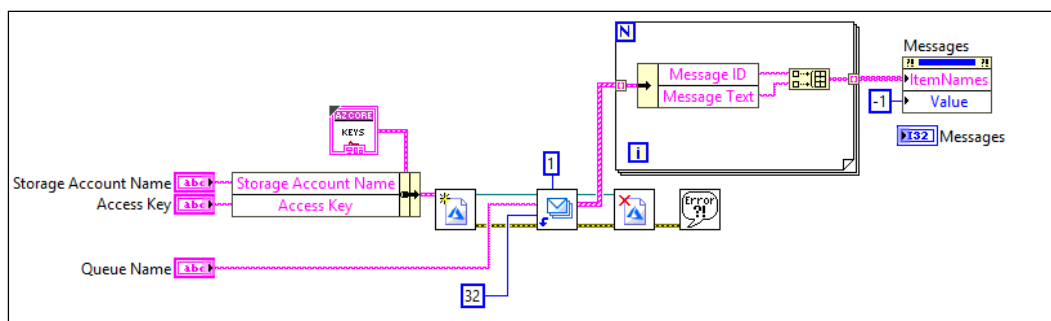


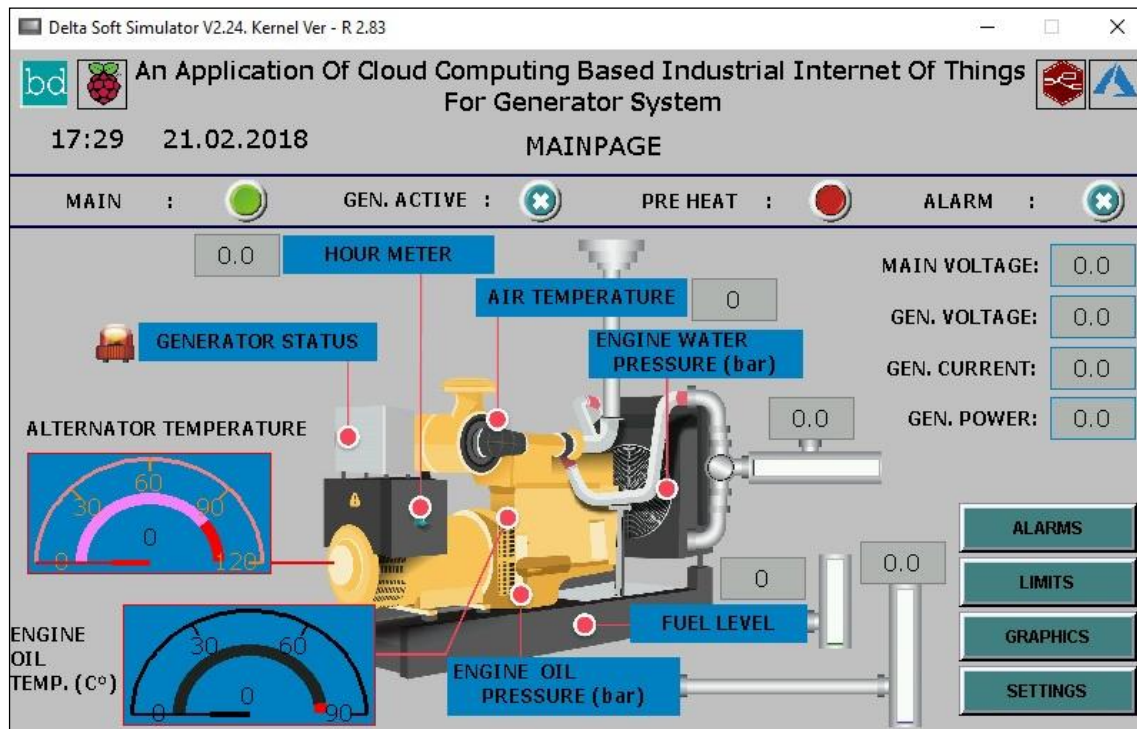
Figure 8. List of posts in Labview, Queue.

## RESULTS AND DISCUSSION

Generators main or backup power support system are widely used in many applications. Monitoring of the generator system on site is important in order to provide a quick and easy solution for possible failures. We designed HMI screen for this propose is given in Figure 9. Generated voltage, current, frequency of critical data such as monitoring on-site, user-friendly screen structure is provided.



At the same time, the defined warning and alarm structures provided technical support personnel the opportunity to develop easy and fast solutions for fault monitoring.



**Figure 9.** User Interface of HMI display for generator.

High-low oil pressure, high water temperature, high water pressure warnings are defined on the side of the diesel engine that provides mechanical drive as well as electrical data such as high-low voltage and high current for the alternator in the generator. These fault descriptions provide information for the purpose of retrospective inspection and improvement of the generator's frequency, fault cause and time of occurrence.

In the first method, the interface for monitoring data was designed with Node-RED. This interface provides web access via the IP address of Raspberry Pi3. The interface developed for performing this function is given in Figure 10. HMI display allows user access to the measured data displayed on the web via this interface.

Node-RED software includes a section that allows automatic or manual control of the generator system, a section where generator parameters and internal combustion engine parameters are measured, and a section where generator operating hours are displayed.

The advantages of Node-Red software; it can be used as open source software in Linux and Microsoft operating system, working on different platforms such as desktops, notebooks and mobile phones. However, it is not flexible in terms of data analysis, visualization and reporting. It does not have an integrated database, especially for database applications. The database structure needs to be integrated into the software separately. Ip routing is also required to access the interface designed in Node-RED software.



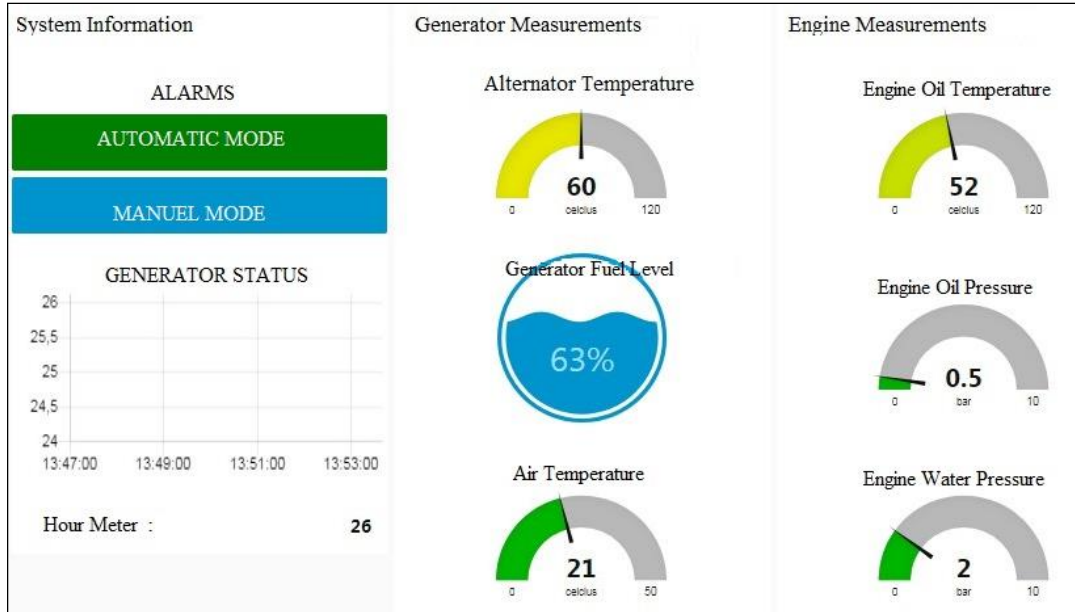


Figure 10. User interface created in Node-Red software.

Microsoft PowerBI software which has advantages such as data analysis and structure which does not require any port forwarding, has been used to visualize and monitor data in real time. The interface prepared in the software hosting the paid services is given in Figure 11. Using this interface, it is possible to check whether the system meets the required performance criteria by using the user interface and the recorded data over the internet, without the need for customer participation in the field tests. In addition, it was ensured that the data obtained previously through observation in the system were transferred to the digital media and saved automatically by saving personnel and time.

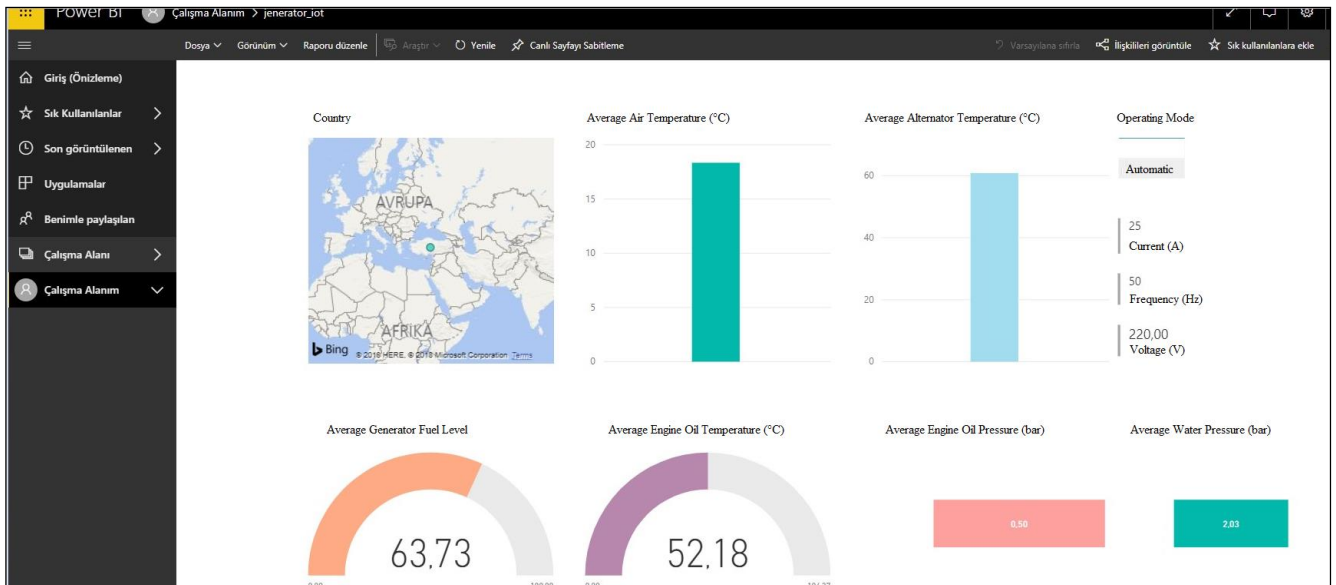


Figure 11. User-interface prepared in PowerBI platform.

Two different software such as Node-RED and Power BI were used for measuring, visualizing, sending to the cloud platform, uploading from the cloud platform and visualizing the data received from the cloud in real time. Labview software has been used to overcome the limitations of Node-RED software in interface design and the inflexible software structure of Power BI. At this point, Labview is

used as software and two different interface designs are carried out. With the interface given in Figure 12, measurements can be displayed and sent to the cloud platform.

With the first interface carried out in Labview software, it is provided to display the data of the generator system, while the second interface enables downloading and viewing the data stored on the cloud platform.

The monitoring of Labview interface screen over the web was performed with the full structure of REST with Labview Web Service.

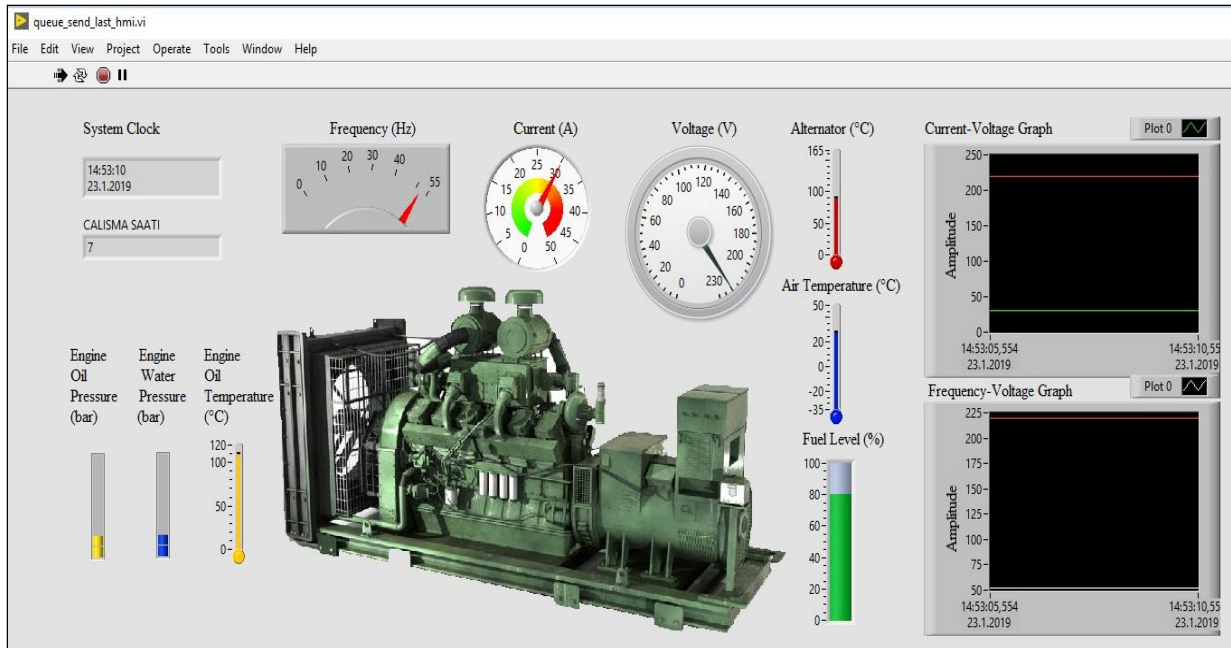


Figure 12. Screenshot of Labview user interface.

Figure 13 shows the interface for downloading and simultaneously viewing data on the cloud platform for the user.

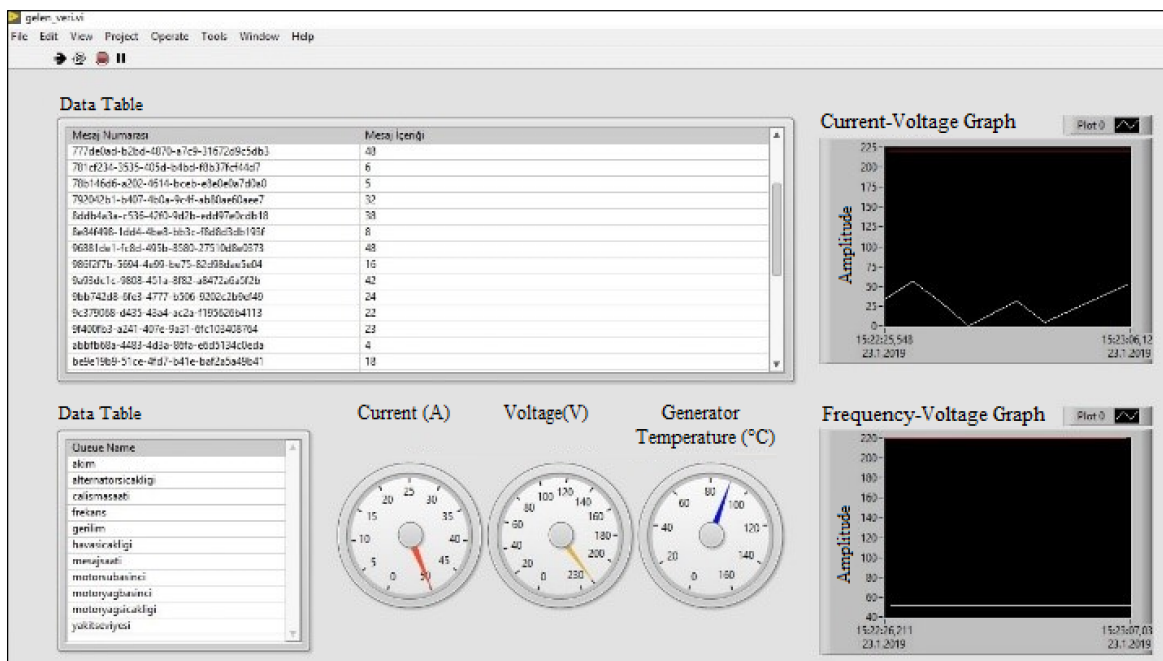
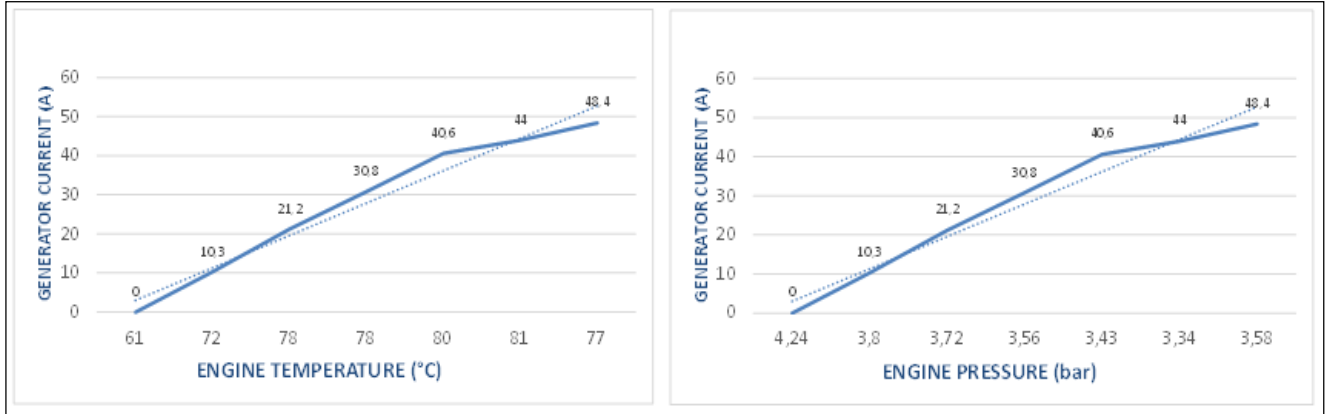


Figure 13. Labview interface for monitoring the data.

The data recorded in the cloud can be used in the analysis process for the performance evaluation of the generator system. The engine temperature and pressure of the generator in the system designed for this purpose are made by transferring the data of the current to the Microsoft Excel software. The performance graph is given in Figure 14.



**Figure 14.** Generator system, performance measurements.

## CONCLUSION

In this study, cloud based IoT structure is used for remote monitoring of a generator. With the help of the realized system, the limitation of the electronic control panel in the generator structure has been exceeded. The remote control and performance evaluation of the generator has been made over the internet with the help of developed interfaces. Node-Red, PowerBI and Labview platforms have different interface designs and data visualization and reporting processes have been provided. A comparison was made for each interface.

All data were recorded on the cloud and analyzed retrospectively. Thanks to Power BI mobile application support, it is possible to monitor the system by designing the interface for mobile devices with Android operating system. HMI interfaces can be used for on-site monitoring, control and fault monitoring of the system. With these designs, critical data, alarm conditions and errors in the diesel generator are displayed.

Thanks to this developed system, customers can carry out performance and inspection tests online via remote access provided over the internet without being in the factory acceptance tests. In this way, serious gains can be achieved in terms of time and costs.

## ACKNOWLEDGMENT

We would like to thank İŞBİR Elektrik San. A.Ş. AR-GE Merkezi for their contribution to the study.

## REFERENCES

- Botta A, Donato W, Persico V, Pescape A, 2016. Integration of Cloud Computing and Internet of Things: A Survey. *Future Generation Computer Systems*, 684-700.
- Brette M, Friederichsen M, Keller M, Rosenberg M, 2014. How Virtualization, Decentralization, And Network Building Change The Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective. *Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, 37-44.
- Çağlayan Ş, 2016. Enerji Sektöründe Endüstriyel IOT Uygulamaları. [https://www.slideshare.net/ideaport\\_tr/enerji-sektrnde-endstriyel-iot-uygulamalar-ahin-alayan](https://www.slideshare.net/ideaport_tr/enerji-sektrnde-endstriyel-iot-uygulamalar-ahin-alayan), (Date of access: 11 July 2019).

- Çakır FS, Aytakin A, Tümiçin F, 2018. Internet Of Things And Wearable Technologies. Journal Of Social Research and Behavioral Sciences, 4, 5, 84-95.
- Çakmak B, Mercan E, 2017. Example of IoT application in agricultural production and the traceability of elderly agricultural workers. Elderly Issues Research Journal, 10, 1, 29-42.
- Eryılmaz Ö, Kahraman İ, Şahin M, 2016. Cloud-Computing Based Early Warning System For Cardiac Emergencies. Çanakkale Onsekiz Mart University, Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences, 01-19.
- Fioccola GB, Sommese R, Tufano I, Canonico R, Ventre G, 2016. Polluino: An Efficient Cloud-based Management of IoT Devices for Air Quality Monitoring. Control, Instrumentation, Energy & Communication (CIEC).
- Fioccola GB, Tufano I, Canonico R, Ventre G, 2016. An Efficient Cloud-Based Management of Iot Devices for Air Quality Monitoring. IEEE 2nd International Forum On Research and Technologies for Society and Industry Leveraging a Better Tomorrow, Italy.
- Forsström S, Jennehag U, 2017. A Performance and Cost Evaluation of Combining OPC-UA and Microsoft Azure IoT Hub into an Industrial Internet-of-Things System. 2017 Global Internet of Things Summit (GloTS), Switzerland.
- Görmüş S, Aydın H, Ulutaş G, 2017. Security for the internet of things: a survey of existing mechanisms, protocols and open research issues. Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 18-1.
- Gündüz M, Daş R, 2017. Internet of things (IoT): Evolution, components and applications fields. Pamukkale University Journal of Engineering Sciences, 327-335.
- Lin K, Wang W, Bi Y, Qiu M, Hassan MM, 2016. Human Localization Based On Inertial Sensors and Fingerprints in The Industrial Internet of Things. Computer Networks: The International Journal of Computer and Telecommunications Networking, 113-126.
- Microsoft, 2017. Paylaşım erişim imzaları (SAS) kullanma, <https://docs.microsoft.com/tr-tr/azure/storage/common/storage-dotnet-shared-access-signature-part-1?toc=%2fazure%2fstorage%2ffiles%2ftoc.json>, (Date of access: 12 June 2019).
- Microsoft, 2019. Power BI nedir?, <https://docs.microsoft.com/tr-tr/power-bi/power-bi-overview>, (Date of access: 21 June 2019).
- MQTT Community, 2019. What is MQTT, <http://mqtt.org/faq>, (Date of access: 12 June 2019).
- Numanoğlu N, İnce F, 2017. Türkiyenin Sanayide Dijital Dönüşüm Yetkinliği. TÜSİAD, 12-589.
- Numanoğlu N, Eynehan G, Morkoç G, Aksoy E, 2016. Industry 4.0 in Turkey as an Imperative for Global Competitiveness. Turkish Industry and Business Association (TÜSİAD), 03-576.
- Pereira RIS, Duponta MI, Carvalhoa PCM, Jucáb SCS, 2018. Iot Embedded Linux System Based On Raspberry Pi Applied to Real-Time Cloud Monitoring of a Decentralized Photovoltaic Plant. Measurement, 286-297.
- Sazak T, Albayrak Y, 2017. Nesnelerin İnterneti (IoT) Üzerine Ortam Verilerini Toplayan ve Uzaktan Takibini Sağlayan Bir Sistem Tasarımı. 19. Akademik Bilişim Konferansı, Aksaray, Türkiye.
- Yılmaz AK, Acar DB, 2017. Real Time and Scalable Big Data Architecture for IoT Data. Proceedings of the 11th Turkish National Software Engineering Symposium, Alanya, Turkey.



## Vücut Yağ Miktarı / Yüzdesi Hesaplama Yöntemleri: Sistemik Derleme

Muhammed Kürşad UÇAR<sup>1\*</sup>, Zeliha UÇAR<sup>2</sup>

**ÖZET:** Obezite tedavisinde hedef yağ kütlelerinin azaltılması amaçlanır. Bu yüzden, vücut yağ yüzdesinin hesaplanması önemlidir. Bu çalışma, vücut yağ yüzdesinin hesabı için literatürdeki makalelerin sistemik bir derleme şeklinde sunulmasını amaçlar. Makale taraması için Sakarya Üniversitesi "Akademik Arama – EDS" platformu kullanılmıştır. Arama için "Body Fat Percentage Calculation", "Body Fat Percentage Estimation", "Body Fat Percentage Equations" ve "Body Fat Percentage Prediction" anahtar kelimeleri kullanılmıştır. Anahtar kelimeler literatürde son yıllarda vücut yağ yüzdesi hesaplaması üzerine yapılan çalışmalarda kullanılan anahtar kelimelerdir. Diğer arama kriterleri şunlardır. Dil: İngilizce, Yayın Tarihi: 2000-2019. Yayınlar sadece hakemli dergilerden elde edilmiştir. Toplam 234 makale elde edilmiştir. Dahil edilme kriterlerine göre 234 makaleden 31 makale sistemik derleme kapsamında değerlendirilmiştir. Türkiye içerisinde yapılmış çalışmalar da araştırılmış olup Türkçe veya İngilizce herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Elde edilen bulgulara göre, vücut yağ yüzdesi hesaplaması için sıklıkla antropometrik ölçümler kullanılmıştır. Eşitlik çıkarmak için istatistiksel temelli klasik yöntemler tercih edilmiştir. Eşitlik korelasyon değerleri  $0.42 < R < 0.99$  arasında değişkenlik göstermektedir. Eşitliklerin performansını belirleyen en önemli faktörler yaş, cinsiyet, etnik köken ve antropometrik ölçümler olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak vücut yağ yüzdesi hesabı için yaş etnik yapı ve diğer parametreler göz önüne alınarak erkek ve kadınlar için ayrı eşitliklerin geliştirilebilir ve kullanılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Vücut kompozisyonu, vücut yağ yüzdesi hesaplama, sistemik derleme, vücut yağ yüzdesi eşitlikleri, vücut yağ yüzdesi tahmini

### Body Fat Amount / Percentage Calculation Methods: Systematic Review

**ABSTRACT:** Obesity treatment aims to reduce the target of fat mass. Therefore, it is vital to calculate the percentage of body fat. This study aims to present the articles in the literature in the form of a systematic review for the calculation of body fat percentage. Sakarya University's "Academic Search - EDS" platform was used for article search. The keywords "Body Fat Percentage Calculation", "Body Fat Percentage Estimation", "Body Fat Percentage Equations" and "Body Fat Percentage Prediction" were used for the search. Keywords have been obtained from recent studies on the calculation of body fat percentage in the literature. Other search criteria are as follows. Language: English, Publication Date: 2000-2019. Publications were obtained only from peer-reviewed journals. Two hundred thirty-four articles were obtained. According to the inclusion criteria, 31 articles from 234 articles were evaluated within the scope of the systematic review. In studies conducted in Turkey, it has been investigated but did not reveal any studies in English or Turkish. According to the findings obtained, anthropometric measurements were frequently used for body fat percentage calculation. To extract the equation, classical methods based on statistics were preferred. Equations correlation value varies between  $0.42 < R < 0.99$ . The most critical factors determining the performance of the equations were age, gender, ethnicity, and anthropometric measurements. As a result, different equations can be developed and used for men and women for the calculation of body fat percentage, taking into account age, ethnicity, and other parameters.

**Keywords:** Body composition, body fat percentage calculation, systematic review, body fat percentage equations, body fat percentage prediction

<sup>1</sup> Muhammed Kürşad UÇAR (Orcid ID: 0000-0002-0636-8645), Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Serdivan, Sakarya, Türkiye

<sup>2</sup> Zeliha UÇAR (Orcid ID: 0000-0002-6100-1934), Okan Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Mecidiyeköy, İstanbul, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Muhammed Kürşad UÇAR, e-mail: mucar@sakarya.edu.tr



## GİRİŞ

İnsan vücudu hücre dışı sıvı, kemik, yağ ve kas hücrelerinden meydana gelir. Bu dört grubun mükemmel oranda bir araya gelmesi ile vücut kompozisyonu mükemmel bir dengeye ulaşır. Yağ dokusu beyaz ve kahverengi yağ dokusu olmak üzere ikiye ayrılır (Sümer 2014). Kahverengi yağ dokusu daha çok yeni doğan bebeklerde ısı üretimi yapan bir dokudur. Beyaz yağ dokusu ise en büyük enerji deposudur. Fazla enerjinin depolanmasında ve ihtiyaç anında kullanılmasında beyaz yağ dokusu görev alır (Sümer 2014). Yağ dokusu temelde adipositler denilen yağ hücreleri başta olmak üzere, fibroblastlar, preadipositler, makrofajlar adlı hücrelerden oluşur (Sümer 2014).

Beyaz yağ dokusu vücudun %15-20'sini oluşturur (Polat 2017). Deri altında ve iç organların çevresinde olmak üzere iki farklı yerde bulunur. Kahverengi yağ dokusu yeni doğan vücut ağırlığının %4'ü kadardır (Polat 2017). Yağ dokusu, bilinen ısı ve enerji düzenleme işlevlerinin yanı sıra salgı özelliği ile endokrin bir organ kabul edilir (Sümer 2014).

Yağ dokusu adiposin, asilation-stimüle edici protein (ASP), insülin benzeri büyüme faktörü (IGF-1), interlökin-6 (IL-6), leptin, MIF, plazminojen aktivatör inhibitör-1 (PAI-1), prostaglandin- I2 (PGI2) – prostaglandin-2 $\alpha$  (PG2 $\alpha$ ), Rezistin, transforming büyüme faktörü- $\alpha$  (TGF- $\alpha$ ), tümör nekrozis faktör- $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ) gibi sitokin üretir. Bu sitokin ürünleri vücudun pek çok noktasında önemli görevlere sahiptir (Sümer 2014). Bu görevlerden bazıları şunlardır. IL-6 vücut bağışıklığında görev alır, Rezistin, TNF- $\alpha$ , ve Adiponektin insülin direncinin azalmasına neden olur. TNF- $\alpha$ , obezlerde insülin direncine sebep olur, ki bu durum tedavi edilmez ise şeker hastalığına sebep olur (Sümer 2014).

Obezite, beden yağ kütlelerinin yağsız kütleye oranla aşırı atması, yaşam kalitesini düşüren, diyabet ve kardiyovasküler hastalıklara sebep olan bir hastalıktır (Sümer 2014). Ayrıca, obezite yaşam süresi ve kalitesini olumsuz etiketleyerek psikolojik rahatsızlıklara sebebiyet verebilir (Akgül 2016). Kas-iskelet, solunum ve sindirim problemlerinin oluşumunda da obezitenin etkili olduğu bilinmektedir (Akgül 2016).

Obezlerde, tedavinin en önemli safhası fazla yağ dokusunun azaltılmasıdır. İnsülin direncinin en büyük sebebi birikmiş yağlardır. Yağlar sadece enerji deposu değildir (Polat 2017). Salgıladıkları hormon bazı bileşenler ile insülin, yük kan basıncı, tip 2 diyabet, dengesiz kolesterol, kardiyovasküler hastalıklar gibi problemlere neden olur (Polat 2017). Bu nedenle, vücut yağ oranının belirli bir dengede tutulması sağlıklı bir yaşam için elzemdir.

Obezite'de vücut kompozisyonunun değerlendirilmesi en önemli safhadır. Vücut kompozisyonu vücut yağ kütlesi ve yağsız vücut kütlelerinden (kemikler, kas ve vücut suyu) oluşur. Vücut kompozisyonunun değerlendirmesi başta obezite olmak üzere spor bilimleri, halk sağlığı ile ilgili alanlar, kardiyoloji, nefroloji gibi alanlarda kullanılır (Akgül 2016; Polat 2017; Sümer 2014).

Bu sistematik derlemenin amacı, vücut kompozisyonunun en önemli bileşeni olan vücut yağ kütlelerinin hesaplanmasında kullanılan yöntemlerin etkinliğini bağımsız olarak incelemektir. Çalışmada, vücut yağ kütlesi hesaplamasında kullanılan parametreler ve bu parametrelerin etkinliği detaylı olarak incelenmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEMLER

Bu derleme "Sağlık hizmeti müdahalelerini değerlendiren çalışmaların sistematik gözden geçirmelerini ve meta analizlerini bildirmek için PRISMA bildirişi: Açıklama ve Detaylandırma" çalışmasına uygun bir şekilde hazırlanmıştır (Liberati et al. 2009). PRISMA yayını çerçevesinde, ilk olarak dahil etme kriterleri belirlenmiş ve literatür taraması yapılmıştır. Daha sonra, dışlama kriterlerine göre çalışmalar toplanmış ve incelenmiştir.

### Dahil Etme Kriterleri

Çalışmaya, 18 yaş ve üzeri ve 71 yaş ve altı kadın ve erkek bireyler için vücut yağ kütlesi hesaplama yöntemlerinin geliştirildiği ve kullanıldığı çalışmalar dahil edilmiştir. Bireylerin elektronik (kalp pili) veya elektronik olmayan (bacak protezi vb) herhangi bir tıbbi implant kullanması, gebe olması, 18 yaş altı veya 71 yaş üstü olması durumunda çalışmalar bu derleme kapsamında kullanılmamıştır.

### Bilgi Kaynakları

Taranan makaleler Sakarya Üniversitesinin abone olduğu 98 kaynakta yapılmıştır. Ancak bazı veri tabanların da sonuç bulunmadığı için, sonuçların elde edildiği aktif veri tabanları Çizelge 1'de gösterilmiştir.

### Çizelge 1. Tarama yapılan veri tabanları

Veri Tabanı Adı	
Academic Search Complete	General OneFile
Academic OneFile	ScienceDirect
Scopus®	ERIC
MEDLINE Complete	Engineering Source
Directory of Open Access Journals	JSTOR Journals
Education Source	ASTM Compass
Expanded Academic ASAP	

### Tarama

Makale taraması için Sakarya Üniversitesi "Akademik Arama – EDS" platformu kullanılmıştır. Bu platform istenilen kriterlere göre arama sağlayabilmektedir. "Body Fat Percentage Calculation", "Body Fat Percentage Estimation", "Body Fat Percentage Equations" ve "Body Fat Percentage Prediction" anahtar kelimeleri "OR" ifadesi ile birleştirilerek kullanılmıştır. Anahtar kelimeler literatürde son yıllarda vücut yağ yüzdesi hesaplaması üzerine yapılan çalışmalarda kullanılan anahtar kelimelerdir. Diğer arama kriterleri şu şekildedir: yayın dilinin İngilizce olması ve yayın tarihinin 2000-2019 yılları arasında olması. Yalnızca hakemli dergilerde yayınlamış olan makaleler derlemeye dahil edilmiştir.

### Çalışma Seçimi

Literatür taraması yapıldığında, dahil etme kriterlerine göre toplam 234 makaleye ulaşılmıştır. Arama motoru kullanırken çalışmada verileri kullanılan bireylerin yaş aralığı yazılmadığı için, makaleler toplanıktan sonra tek tek incelenmiştir. Aynı makaleye iki defa ulaşılması durumunda biri çıkarılmıştır. Ulaşılan makalelerin öncelikle özet bölümleri incelenerek çalışmaya dahil edilip edilmeyeceğine karar verilmiştir. İncelemede, yaş aralığı 18-71 arası bireylerin bulunduğu çalışmalar dahil edilmiş, diğer çalışmalar değerlendirme dışı bırakılmıştır. Bunun amacı, sistematik derlemenin sadece yetişkinler için yapılıyor olmasıdır. Bunlara ek olarak, vücut yağ yüzdesi hesabı için yeni bir yöntemin veya eşitliğin hazırlandığı araştırma makaleleri dahil edilmiştir. Literatürde var olan yöntemlerin karşılaştırıldığı, güvenilirliğinin araştırıldığı çalışmalar dahil edilmemiştir. Sonuç olarak sistematik derlemeye 31 araştırma dahil edilmiştir.

### Veri Toplama Süreci

Bu çalışma kapsamında her bilimsel yayından aşağıdaki kriterler toplanmıştır.

1. Çalışmanın yayınlandığı yıl
2. Geliştirilen sistem tipi (cihaz / eşitlik)
3. Veri toplama süresi ve zamanı
4. Örneklem bilgisi

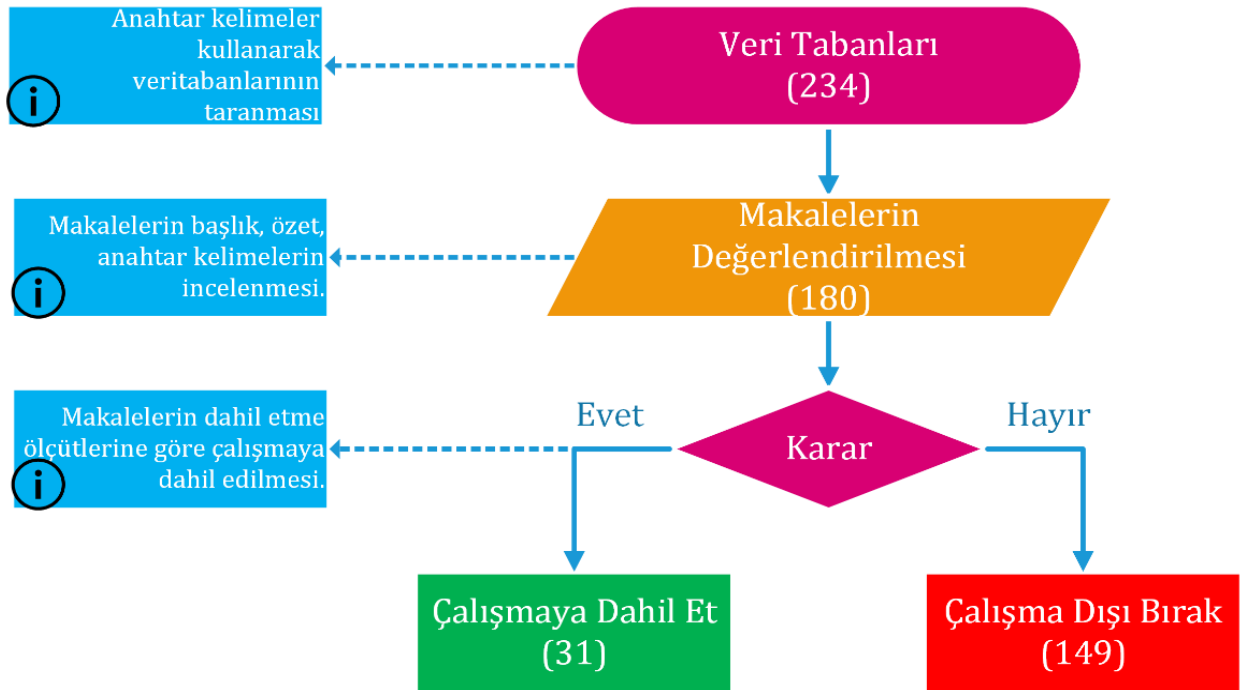
- i. Demografik Bilgiler (yaş, cinsiyet, beden kitle indeksi vb)
- ii. Örneklem büyüklüğü
5. Eşitlik isimleri
6. Performans Değerlendirme Kriterleri
  - i. Eşitlik korelasyon değerleri ( $R^2$ )
7. Ülke / bölge / etnik köken

### Bireysel Çalışmalarda Önyargı Riski

Bu çalışma kapsamında değerlendirilen çalışmalar nicel analiler kapsamında hazırlandığı için çalışmalar ile ilgili ön yargı riski oluşturabilecek herhangi bir durum yoktur.

### BULGULAR VE TARTIŞMA

Sistemik derleme çalışmasında Çizelge 1'de verilen veri tabanları taranmış ve 234 uygun bilimsel makale tespit edilmiştir. Bu makalelerin tamamı indirilmiştir. Mükerrer makalelerin silinmesi ile tekrarsız 180 makale kalmıştır. Uygunluk kriterlerine göre 180 makaleden 31 adet makale seçilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Bilimsel yayınların seçilme süreci

Çalışmada toplanan veriler Çizelge 2 ve 3'de özetlenmiştir. Çizelge 2'de çalışmalardan toplanan verilerin genel bilgileri mevcuttur. Bu tablo ile çalışmaların yapısı genel olarak değerlendirilebilir. Çizelge 3'de ise çalışmaların örnekleme hakkında detaylı bilgi ve çalışma sonuçlarının performans değerlerini içermektedir. Bu tablo ile çalışmaların ne kadar başarılı olduğu değerlendirilebilir.

Literatürde 2000 yılından bu yana vücut yağ yüzdesi hesaplaması üzerine yapılan yayınların yıllara göre dağılımı Şekil 2'de verilmiştir.

Çalışmalarda genellikle antropometrik ölçümler ve demografik bilgiler kullanılmıştır. Bu bilgiler tablo 4'deki gibi özetlenebilir.

Çizelge 2. Çalışma genel bilgileri

Ref	Yayın Yılı	Cihaz/ Eşitlik	Çalışma Tipi	Veri Toplama Zaman ve Süresi	Cinsiyet	Yöntem	Eşitlik Adı	Referans % BF	Eşitlik Parametreleri	Ülke / Bölge
(Fthenakis, Balaska, and Zafirooulos 2012)	2012	Cihaz / Eşitlik	Bilgi Yok	Bilgi Yok	E/K	İstatistiksel	Yaş 1. dereceden eşitlik	The Near Infra-Red (NIR)	Yaş	Bilgi Yok
							Yaş 2. dereceden eşitlik			
							Ağırlık 1. dereceden eşitlik			
							Ağırlık 2. dereceden eşitlik			
							Ağırlık 2. dereceden eşitlik, Ağırlık >120			
K	Boy 2. dereceden eşitlik	Boy								
(Henry et al. 2018)	2018	Eşitlik	Kesitsel Çalışma	Ocak 2013 - Ekim 2014	E	İstatistiksel	Sex-specific equations	Dual Enerji X-Ray Absorbsiyometri Ölçümü	Antropometrik Ölçümler Deri Kıvrım Kalınlığı	Asya / Çin
(Leahy et al. 2013)	2013	Eşitlik	Kesitsel Çalışma	Bilgi Yok	K	İstatistiksel	Kadınlar için eşitlik	Dual Enerji X-Ray Absorbsiyometri Ölçümü	Antropometrik Ölçümler	1128 Kafkas 8 Asya
					E	İstatistiksel	Erkekler için eşitlik			
(Stevens et al. 2016)	2016	Eşitlik	Online Veri	1999-2006	E/K	İstatistiksel	Yaş tabanlı eşitlik	Dual Enerji X-Ray Absorbsiyometri Ölçümü	Antropometrik Ölçümler	Beyaz Tenli Siya Tenli Meksikalı
(Salamunes, Stadnik, and Neves 2018)	2018	Eşitlik	Kesitsel Çalışma	Bilgi Yok	K	İstatistiksel	3 antropometrik ölçüm verisi	Dual Enerji X-Ray Absorbsiyometri Ölçümü	Antropometrik Ölçümler	Güney Brezilya
					K	İstatistiksel	6 antropometrik ölçüm verisi			
(Kagawa et al. 2007)	2007	Eşitlik	Kesitsel Çalışma	Bilgi Yok	K	İstatistiksel	Antropometrik ölçüm verisi	Dual Enerji X-Ray Absorbsiyometri Ölçümü	Antropometrik Ölçümler	Japon
(Kagawa, Kerr, and Binns 2006)	2006	Eşitlik	Kesitsel Çalışma	Bilgi Yok	E	İstatistiksel	Antropometrik ölçüm verisi	Dual Enerji X-Ray Absorbsiyometri Ölçümü	Antropometrik Ölçümler	Japon
(Petry et al. 2005)	2005	Eşitlik	Kesitsel Çalışma	Bilgi Yok	K	İstatistiksel	Antropometrik ölçüm verisi	Dual Enerji X-Ray Absorbsiyometri Ölçümü	Antropometrik Ölçümler	Siyah Tenli Amerikalı
(Stevens et al. 2017)	2017	Eşitlik	Online Veri	1999-2004	E	İstatistiksel	Antropometrik ölçüm verisi	Dual Enerji X-Ray Absorbsiyometri Ölçümü	Antropometrik Ölçümler	Amerikan
					K	İstatistiksel				
(Swainson et al. 2017)	2017	Eşitlik	Bilgi Yok	Bilgi Yok	K	İstatistiksel	Antropometrik ölçüm verisi	Dual Enerji X-Ray Absorbsiyometri Ölçümü	Antropometrik Ölçümler	Kafkas (%95) Hindistan / Pakistan (%5) Afrika / Karayipler (%1)

Çizelge 2. (Devamı) Çalışma genel bilgileri

Ref	Yayın Yılı	Cihaz/ Eşitlik	Çalışma Tipi	Veri Toplama Zaman ve Süresi	Cinsiyet	Yöntem	Eşitlik Adı	Referans % BF	Eşitlik Parametreleri	Ülke / Bölge
(Sung and Mun 2017)	2017	Eşitlik	Online Veri	2008-2011	E/K	İstatistiksel	Model 2	Dual Enerji X-Ray Absorbsiyometri Ölçümü	Yaş, VKİ, Cinsiyet	Kore
(Hastuti et al. 2018)	2018	Eşitlik	Kesitsel Çalışma	Bilgi Yok	E/K	İstatistiksel	Antropometrik ölçüm verisi	Dual Enerji X-Ray Absorbsiyometri Ölçümü	Antropometrik Ölçümler	Endonezya
(Novack et al. 2014)	2014	Eşitlik	Kesitsel Çalışma	Bilgi Yok	E	İstatistiksel	Antropometrik ölçüm verisi	Dual Enerji X-Ray Absorbsiyometri Ölçümü	Antropometrik Ölçümler	Güney Brezilya
(De Lorenzo et al. 2014)	2014	Eşitlik	Retrospektif Çalışma	Ocak 2009 - Aralık 2011	K	İstatistiksel	Antropometrik ölçüm verisi	Dual Enerji X-Ray Absorbsiyometri Ölçümü	Antropometrik Ölçümler	İtalya
(Aristizabal, Estrada Restrepo, and Giraldo Garcia 2018)	2018	Eşitlik	Kesitsel Çalışma	Bilgi Yok	K	İstatistiksel	Antropometrik ölçüm verisi	Dual Enerji X-Ray Absorbsiyometri Ölçümü	Antropometrik Ölçümler	Kolombiya
(Shao 2014)	2014	Hibrit Model	Kesitsel Çalışma	Bilgi Yok	Bilgi Yok	İstatistiksel / Yapay Zeka	Antropometrik ölçüm verisi	Siri Eşitlikleri	Antropometrik Ölçümler	Bilgi Yok
(Company and Ball 2010)	2010	Eşitlik	Bilgi Yok	Bilgi Yok	E	İstatistiksel	Antropometrik ölçüm verisi	Dual Enerji X-Ray Absorbsiyometri Ölçümü	Antropometrik Ölçümler	Bilgi Yok
(Minematsu et al. 2011)	2011	Eşitlik	Bilgi Yok	Bilgi Yok	E/K	İstatistiksel	Antropometrik ölçüm verisi	Su Altı Ağırılık Ölçümü	Antropometrik Ölçümler	Japon
(Houtkoop et al. 2001)	2001	Eşitlik	Kesitsel Çalışma	1990-1996	K	İstatistiksel	Antropometrik ölçüm verisi	Dual Enerji X-Ray Absorbsiyometri Ölçümü	Antropometrik Ölçümler	Amerikan
(van der Ploeg et al. 2003)	2003	Eşitlik	Bilgi Yok	Bilgi Yok	E	İstatistiksel	Antropometrik ölçüm verisi	Dual Enerji X-Ray Absorbsiyometri Ölçümü	Antropometrik Ölçümler	Amerikan
(Pongchaiyakul et al. 2005)	2005	Eşitlik	Bilgi Yok	Bilgi Yok	E K	İstatistiksel	Antropometrik ölçüm verisi	Dual Enerji X-Ray Absorbsiyometri Ölçümü	Antropometrik Ölçümler	Tayland
(Deurenberg et al. 2000)	2000	Eşitlik	Kesitsel Çalışma	1994-1995, 1998	E K	İstatistiksel	Antropometrik ölçüm verisi	Dual Enerji X-Ray Absorbsiyometri Ölçümü	Antropometrik Ölçümler	Çin Singapur
(Ferenci and Kovács 2018)	2018	Yapay Zeka Modeli	Online Veri	1999-2000	E/K	Yapay Zeka	Biyokimyasal Parametreler, Antropometrik ölçüm verisi, yaş, cinsiyet vs	Dual Enerji X-Ray Absorbsiyometri Ölçümü	Karma Veri	Bilgi Yok
(Frankenfeld et al. 2001)	2001	Eşitlik	Kesitsel Çalışma	Bilgi Yok	E K	İstatistiksel	Antropometrik ölçüm verisi	Biyoelektrik İmpedans Ölçümü	Antropometrik Ölçümler	Bilgi Yok



Çizelge 2. (Devamı) Çalışma genel bilgileri

Ref	Yayın Yılı	Cihaz/ Eşitlik	Çalışma Tipi	Veri Toplama Zamanı ve Süresi	Cinsiyet	Yöntem	Eşitlik Adı	Referans % BF	Eşitlik Parametreleri	Ülke / Bölge
(Gallagher et al. 2000)	2013	Eşitlik	Kesitsel Çalışma	Bilgi Yok	E/K	İstatistiksel	Antropometrik ölçüm verisi	Dual Enerji X-Ray Absorbsiyometri Ölçümü	VKI, yaş, cinsiyet, etnik köken	Afrikalı Amerikalı Asya Beyaz Tenli
(Bielemann et al. 2016)	2016	Eşitlik	Bilgi Yok	Bilgi Yok	E K	İstatistiksel	Antropometrik ölçüm verisi	Siri Eşitlikleri	Antropometrik Ölçümler	Brezilya
(Sandhu, Gupta, and Shenoy 2010)	2010	Eşitlik	Bilgi Yok	Bilgi Yok	E K	İstatistiksel	Antropometrik ölçüm verisi	Su Altı Ağırılık Ölçümü	Antropometrik Ölçümler	Hindistan
(O'Connor et al. 2010)	2010	Eşitlik	Tiger Çalışması	Bilgi Yok	E K	İstatistiksel	3S Model	Dual Enerji X-Ray Absorbsiyometri Ölçümü	Cinsiyet, etnik köken	İspanyol Olmayan Beyaz İspanyol Afrikalı Amerikalı
(Ball, Altna, and Swan 2004)	2004	Eşitlik	Kesitsel Çalışma	Bilgi Yok	E	İstatistiksel	Antropometrik ölçüm verisi	Dual Enerji X-Ray Absorbsiyometri Ölçümü	Antropometrik Ölçümler	Bilgi Yok
(Ramirez-Zea et al. 2006)	2006	Eşitlik	Kesitsel Çalışma	Bilgi Yok	E K	İstatistiksel	Antropometrik ölçüm verisi	Dual Enerji X-Ray Absorbsiyometri Ölçümü	Antropometrik Ölçümler	Amerika Avrupa
(Friedl et al. 2001)	2001	Eşitlik	Kesitsel Çalışma	Bilgi Yok	K	İstatistiksel	Antropometrik ölçüm verisi	Dual Enerji X-Ray Absorbsiyometri Ölçümü	Antropometrik Ölçümler	İspanyol Olmayan Beyaz İspanyol Afrikalı Amerikalı

31 çalışmanın 29'unda vücut yağ yüzdesi hesabı için istatistiksel tabanlı lineer ve non-lineer eşitlik yöntemleri seçilmiştir. Sadece 2 çalışmada yapay zeka yöntemi kullanılmıştır. Bunların birinde ise non-lineer regresyon yöntemi ile yapay zeka yöntemi hibrit bir çalışma gerçekleştirilmiştir (Ferenci and Kovács 2018; Shao 2014). 31 çalışmanın sadece birinde çıkarılan eşitlikler cihaza uygulaması mevcuttur. Diğer 30 çalışma sadece eşitliksel uygulamalar olarak değerlendirilebilir.

Çalışma tipleri değerlendirildiğinde, 16 çalışma kesitsel, dört çalışma açık kaynak veriler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Dokuz çalışmaya ait herhangi bir bilgi paylaşılmamıştır. Ayrıca, 1 çalışma Retrospektif, 1 çalışma Tiger çalışması olarak bildirilmiştir.

Verilerin toplama zamanı konusunda 23 makalede herhangi bir bilgiye yer verilmemiştir. Diğer 7 makalede çalışma verilerinin toplanma tarihlerine ait detaylı bilgi verilmiştir.

Çalışmalar cinsiyet ayrımı gözetilerek yapılmıştır. Erkek ve Kadınlar için ayrı eşitlikler üretilmiştir ve ayrı ayrı test edilmiştir. Ancak bazı durumlarda Erkek ve Kadınlar için tek bir eşitlik üretilmiştir. Çalışmalarda hem Erkek hem de Kadınlar için eşitlikler üretilmiştir. Erkekler için 17, Kadınlar için 19, hem Erkek hem de Kadınlar için 7 eşitlik üretilmiştir.

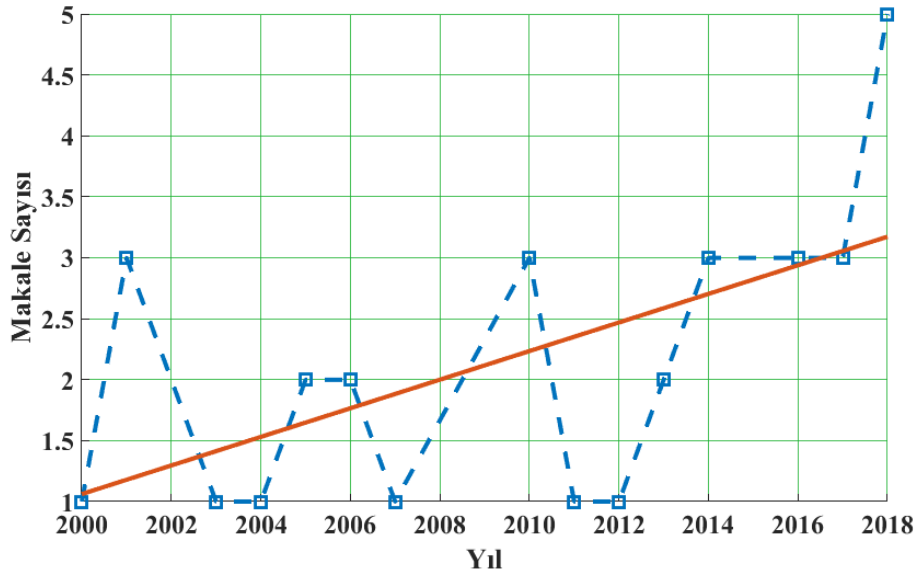
Çalışmalarda, vücut yağ yüzdesinin referans hesaplama yöntemi olarak Biyoelektrik İmpedans ölçümü (BIA), Bod Pod vücut kompozisyon testi, Dual Enerji X-Ray (DEXA), Absorbsiyometri ölçümü,

Siri eşitlikleri, Su Altı Ağırlık Ölçümü ve Near Infra-Red (NIR) olmak üzere 6 farklı yöntem kullanılmıştır. Her ölçümün kendine göre kolaylık ve zorlukları vardır. Vücut yağ yüzdesi hesabı için kullanılan eşitlik parametreleri Çizelge 4'te özetlenmiştir. Çalışmalarda kullanılan örneklemeler çalışmalara göre farklı gruplara ayrılmıştır. Bunlar tasarım ve kontrol grubudur. Her çalışmada tasarım grubu olmakla birlikte, geliştirilen eşitliklerin doğruluğunun test edildiği kontrol grubuna bazı çalışmalarda yer verilmiştir (Çizelge 3). Çizelgede kontrol grubu için verilen birey sayısı sıfır (0) ile gösterilmiş ise ilgili çalışmada kontrol grubu kullanılmamış demektir.

**Çizelge 3.** Çalışma genel bilgileri 2

Ref	Yayın Yılı	Örneklem Bilgisi									Yaş	Cinsiyet	R	R <sup>2</sup>	Standart Hata	RMS			
		Sayı			Tasarım Grubu			Kontrol Grubu									Toplam		
		Erkek	Kadın	Toplam	Erkek	Kadın	Toplam	Erkek	Kadın	Toplam							Erkek	Kadın	Toplam
(Fthenakis et al. 2012)	2012																		
												0.9947	0.9895						
												0.9993	0.9986						
												0.9989	0.9978	BY	BY				
												0.9990	0.9980						
												0.3220	0.1037						
												K	0.9985	0.9971					
(Henry et al. 2018)	2018	170	269	439	58	50	108	228	319	547	21-70	K	0.8497	0.7220	2.97				
												E	0.9028	0.8150	2.49				
(Leahy et al. 2013)	2013	518	618	1136	518	618	1136	518	618	2272	18-81	K	0.9300	0.8649	2.7				
												E	0.6300	0.3969	5.9				
(Stevens et al. 2016)	2016	1001	1052	2053	334	351	684	1335	1402	2737	20 üzeri	E/K	0.9061	0.8210	BY	2.49			
(Salamunes et al. 2018)	2018	0	130	130			BY	0	130	130	18-35	K	0.7443	0.5540	3.0935	BY			
													0.7688	0.5910	3.0002				
(Kagawa et al. 2007)	2007	0	139	139			BY	0	139	139	18-27	K	0.9354	0.8750	2.07	BY			
(Kagawa et al. 2007)	2006	45	0	45			BY	0	45	45	18-40	E	0.9274	0.8600	2.37	BY			
(Kagawa et al. 2006)	2005	0	55	55	0	17	17	0	72	72	41-80	K	0.9055	0.8200	1	BY			
(Petry et al. 2005)	2017	4221	0	2814	2111	0	2111	6332	0	6332	20-49	E	0.9327	0.8700	BY	2.11			
(Stevens et al. 2017)		0	3259	3259	0	1629	1629	0	4888	4888		K	0.9290	0.8630		2.54			
		41	0	41			BY	41	0	41	*40.5 (20)	E	0.8718	0.7600	4.1				
(Swainson et al. 2017)	2017	0	40	40			BY	0	40	40	*36.3 (14.5)	K	0.7746	0.6000	5	BY			
(Sung and Mun 2017)	2017	4554	6070	10624	3550	4741	8291		8104		10811	1 2 8 9 1 5	0. 8 5 7 9	E/ K	0.7360	3.965	BY		
(Sung and Mun 2017)	2018	146	154	300	146	154	300	292	308	600	18-65	E/K	0.8637	0.7460	4.69	BY			
(Hastuti et al. 2018)	2014	31	0	31			BY	31	0	31	18-25	E	0.9252	0.8560	1.689	BY			
(Novack et al. 2014)	2014	0	1031	1031	0	335	335	0	1366	1366	18-81	K	0.8706	0.7580	BY	BY			
(De Lorenzo et al. 2014)	2018	0	106	106	0	45	45	0	151	151	18-59	K	0.8485	0.7200	3.08	BY			
(Aristizabal et al. 2018)	2014		BY	252	0	0	0		BY	252	22-81			BY		4.63 84			
(Shao 2014)	2010	60	0	60	20	0	20	80	0	80	19-49	E	0.9990	0.9980	1.61	BY			
(Company and Ball 2010)	2011	283	527	810	0	0	0	283	527	810	18-59	E/K	0.8307	0.6900	4	BY			
(Minematsu et al. 2011)	2001	0	19	19	0	0	0	0	19	19	21-34	K	0.6481	0.4200	2.4	BY			
(Houtkoop et al. 2001)	2003	79	0	79	0	0	0	79	0	79	19-59	E	0.9695	0.9400	1.8	BY			
(van der Ploeg et al. 2003)	2005	98	0	98	83	0	83	181	0	181	20-84	E	0.8200	0.6724	BY	BY			
(Pongchaiyakul et al. 2005)		0	125	125	0	130	130	0	255	255		K	0.8200	0.6724					
(Deurenberg et al. 2000)	2000	154	0	154	0	0	0	154	0	154	18-68	E	0.7400	0.5476	BY	BY			
		0	199	199	0	0	0	0	199	199		K	-0.6300	0.3969					
(Ferenc and Kovács 2018)	2018						BY			862	18 üzeri	E/K	0.9915	0.9830	BY	0.09 88			
(Ferenc and Kovács 2018)	2001	53	0	53	0	0	0	53	0	53	18 üzeri	E	0.9960	0.9920	BY	BY			
(Frankenfield et al. 2001)		0	88	88	0	0	0	0	88	88		K	0.9985	0.9970					
(Gallagher et al. 2000)	2013	613	1013	1626	0	0	0	613	1013	1626	18 üzeri	E/K	0.9000	0.8100	4.31	BY			
(Gallagher et al. 2000)	2016	102	0	102	0	0	0	102	0	102	18 üzeri	E	0.8544	0.7300	BY	BY			
(Bielemann et al. 2016)		0	104	104	0	0	0	0	104	104		K	0.9006	0.8110	BY	BY			
(Sandhu et al. 2010)	2010	29	0	29	29	0	29	58	0	58	20-29	E	0.7280	0.5300	3.42	BY			
		0	30	30	0	30	30	0	60	60		K	0.8426	0.7100	3.01	BY			
(O'Connor et al. 2010)	2010	428	0	428	428	0	428	428	0	428	17-35	E	BY	BY	3.07	BY			
		0	428	428	0	428	428	0	428	428		K	BY	BY	3.64	BY			
(Ball et al. 2004)	2004	160	0	160	0	0	0	160	0	160	18-62	E	0.9434	0.8900	2.2	BY			
(Ball et al. 2004)	2006	80	0	80	34	0	34	114	0	114	18-56	E	0.9675	0.9360	BY	3.01			
(Ramirez-Zea et al. 2006)		86	0	86	0	37	37	0	123	123		K	0.9711	0.9430	BY	2.35			
(Friedl et al. 2001)	2001	0	150	150	0	0	0	0	150	150	17-33	K			Duyarlılık: 0.49, Özgüllük: 0.79				

\* Ortalama (Standart Sapma), R Korelasyon Katsayısı, R2 açıklayıcılık katsayısı, RMS Root Mean Square, BY Bilgi Yok



Şekil 2. Yıllara göre konu ile ilgili yayın sayısı

Çizelge 4. Çalışmalarda kullanılan antropometrik ölçümler ve demografik bilgiler

Antropometrik Ölçümler					
1	Abaküler Cilt Kıvrım Kalınlığı	13	Gluteal çevresi	25	Su Altı Ağırlık
2	Abartılı cilt kıvrımı	14	Iliac kret deri kıvrımı	26	Supraspinale deri kıvrım
3	Baldır Çevresi	15	Kalça Çevresi	27	Triceps Deri Kalınlığı
4	Bacak Çevresi	16	Karın derisi	28	Triceps deri kıvrımı
5	Bel / Boy Oranı	17	Kemik Yoğunluğu	29	Uyluk Çevresi
6	Bel / Kalça Oranı	18	Kilo	30	Üst Bacak Uzunluğu
7	Bel Çevresi	19	Kol (esnek ve gerilmiş)	31	Üst Kol Uzunluğu
8	Bel çevresi	20	Kol (rahat)	32	Vücut Direnci
9	Bilek Kalınlığı	21	Karın Çevresi	33	Vücut Kitle İndeksi
10	Boy	22	Medial buzağı derisi	34	Göğüs Çevresi
11	Dirsek	23	Ön uyluk derisi		
12	Diz	24	Pazı derisi kıvrımlı		
Demografik Bilgiler					
1	Cinsiyet				
2	Ülk / Bölge / Etnik Yapı				
3	Yaş				

Bu sistematik derleme çalışmasında sadece 18 yaş üzeri yetişkinler için geliştirilen eşitlikler incelenmiştir. Bu yüzden çalışmalardaki yaş aralığı 18-81 arasındadır.

Çalışmalarda elde edilen sonuçlar korelasyon katsayısı ( $R$ ), açıklayıcılık katsayısı ( $R^2$ ), standart hata ve karekök ortalama ( $RMS$  - Root Mean Square) değerleriyle gösterilmiştir.  $R$  ve  $R^2$  1'e yaklaştıkça, standart hata ve  $RSM$  değeri 0'a yaklaştıkça sistem iyileşir.  $R$  0.3220-0.9993 arasında,  $R^2$  0.1037-0.9986 arasında, standart hata 1-5.9 ve  $RMS$  0.0988-4.6384 arasında değişmektedir. Değerler göz önüne alındığında tasarlanan sistemlerin kalitesinin geniş bir yelpazede olduğu görülmektedir.

Çizelge 5'de yüksek performansa sahip eşitlikler gösterilmiştir. Yüksek performansa sahip eşitlikler çoğunlukla antropometrik ölçümleri içermektedir.

Akademik çalışma imkanlarının ve bu alanlarda çalışan uzman kişilerin artmasıyla birlikte son yıllarda, vücut yağ yüzdesinin belirlenmesi için yapılan yayın sayıları artmıştır (Aristizabal et al. 2018; Ferenci and Kovács 2018; Hastuti et al. 2018; Henry et al. 2018; Salamunes et al. 2018). Vücut kompozisyonu için vücut yağ yüzdesinin hesaplanması oldukça zahmetli ve pahalıdır. Bu yüzden etkin, maliyeti az yada düşük olan yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır (Stevens et al. 2017; Sung and Mun 2017; Swainson et al. 2017). Sistemik derleme olarak tasarlanan bu çalışma literatürde birbirinden bağımsız yapılmış birçok çalışma ile sunulan farklı sonuçları değerlendirerek resme uzaktan bakıp değerlendirmeye çalışmıştır.

Deneyel çalışmalarda vücut yağ yüzdesinin referans alınacağı yöntem olarak çoğunlukla DEXA Absorbsiyometri ölçümü kullanılmıştır (Ball et al. 2004; O'Connor et al. 2010; Ramirez-Zea et al. 2006). Bunun dışında nadir de olsa, Bod Pod vücut kompozisyon testi (Bielemann et al. 2016), Siri eşitlikleri (Bielemann et al. 2016; Shao 2014), su altı ağırlık ölçümü (Minematsu et al. 2011), BIA ölçümü (Frankenfield et al. 2001) ve The Near Infra-Red (NIR) (Frankenfield et al. 2001) yöntemleri kullanılmıştır. Yöntemler çeşitli olmakla birlikte yakın doğruluk oranı vermektedir. Bu yüzden her yöntemin kullanımı uygundur.

Gerçekleştirilen çalışmalar neticesinde vücut yağ yüzdesinin hesaplanmasında etkili olan farklı parametrelerin olduğu ortaya çıkmıştır. Bunlardan en belirgin olanı cinsiyettir (Bielemann et al. 2016; Deurenberg et al. 2000; Leahy et al. 2013; Stevens et al. 2017). Bu yüzden, cinsiyet vücut yağ yüzdesini etkileyen önemli faktörlerden biridir. Ancak bazı çalışmalarda erkek ve kadınlar için ortak eşitlikte üretilmiştir (Ferenci and Kovács 2018; Fthenakis et al. 2012). Ancak performans ( $R^2$ ) bakımından değerlendirildiğinde cinsiyet bazlı eşitlik çıkarılması daha verimli olabilir.

Diğer bir faktör etnik köken ya da yaşanan ülkedir (Gallagher et al. 2000; O'Connor et al. 2010; Stevens et al. 2016; Swainson et al. 2017). Asya, Amerika ve İtalya gibi pek çok bölgede her etnik yapı için farklı eşitlikler üretilmiştir. Bunun dışında çoğu makalede tek etnik yapıya odaklanılmıştır (Houtkooper et al. 2001; van der Ploeg et al. 2003; Sandhu et al. 2010).

Literatürdeki çalışmalarda, vücut yağ yüzdesi hesabı için çoğunlukla istatistiksel yöntemler tercih edilmiştir (Hastuti et al. 2018; Kagawa et al. 2007, 2006; Novack et al. 2014; Petry et al. 2005; Stevens et al. 2017; Sung and Mun 2017; Swainson et al. 2017). Yalnızca iki çalışmada yapay zeka yöntemleri kullanılmıştır (Ferenci and Kovács 2018; Shao 2014). Sayısal değerlerin diğer çalışmalar ile farklı oluşu, yapay zeka alanında çalışanların vücut yağ yüzdesi çalışmalarına dahil olmayışı veya vücut yağ yüzdesi çalışmalarını yapanların yapay zeka yöntemlerine yakın olmayışı ile açıklanabilir. Hangi çalışma tipini daha iyi olduğuna karar verebilmek için çalışma performanslarının ayrıca değerlendirilmesi gerekir.

Çalışmalarda, vücut yağ yüzdesi hesabı için antropometrik ölçümler sıklıkla kullanılmıştır (Frankenfield et al. 2001; O'Connor et al. 2010). Bunun dışında farklı parametrelerin kullanıldığı tek çalışma vardır (Ferenci and Kovács 2018). Bu çalışmada biyokimyasal parametrelerden bazıları kullanılmıştır. Eşitliklerde farklı parametrelerin bir arada olması çoğu kez eşitliklerin performansını arttırmaya yardımcı olur. Yapay zeka tabanlı geliştirilen yöntemlerde, parametre sayısının artırılması, özellik seçme algoritmaları ile kullanıldığında, tasarlanan sistemin performansını arttırabilir.

Vücut yağ yüzdesinin hesabı için yaş aralığı önemlidir. Yaş aralığını bebek, çocuk, ergen ve yetişkin olarak ayırabiliriz. 18 yaş ve üzeri bireyler yetişkin kabul edilmektedir. Bu çalışmanın kapsamı sadece 18 yaş ve üzeri bireyleri kapsamaktadır.

Çizelge 5. En yüksek performansa sahip bazı eşitlikler

Ref	Cinsiyet	Eşitlik	R	R <sup>2</sup>
(Fthenakis et al. 2012)	E/K	$\%Yag = -5 \times 10^{-5} \times Yas^2 + 0.1523 \times Yas - 20.732$	0.9993	0.9986
(Frankenfield et al. 2001)	K	$Yag \times Boy^{-2} (kgm^{-2}) = -9.3 + 0.714 \times VKI$	0.9985	0.9970
(Frankenfield et al. 2001)	E	$Yag \times Boy^{-2} (kgm^{-2}) = -10.5 + 0.642 \times VKI$	0.9960	0.9920
(Company and Ball 2010)	E	$\%Yag = 0.360 \times BC + 0.221 \times KC - 17.502 \times BKO - 0.136 \times Xc - 0.198 \times Ht^2 \times R^{-1}$	0.9910	0.9820
(van der Ploeg et al. 2003)	E	$\%Yag = -0.00258 \times (\Sigma 3SF)^2 + 0.558 \times \Sigma 3SF + 0.118 \times Yas + 0.282 \times BC - 2.100 \times FG - 2.34$	0.9695	0.9400
(Ball et al. 2004)	E	$\%Yag = 0.465 + 0.180 \times (\Sigma 7SF) - 0.0002406 \times (\Sigma 7SF)^2 + 0.06619 \times Yas$	0.9487	0.9000
(Kagawa et al. 2007)	K	$\%Yag = -4.054 + 0.16 \times Triceps + 0.154 \times IK + 0.281 \times Pazu + 0.263 \times KC + 0.229 \times DKK - 3.249 \times HKG + 0.517 \times RKC + 0.125 \times BC$	0.9354	0.8750

## Kısaltmalar

$\%Yag$	% Vücut Yağ Yüzdesi (%)
$Yag$	% Vücut Yağı (kg)
$BC$	Bel Çevresi (cm)
$KC$	Kalça Çevresi (cm)
$BKO$	Bel Kalça Oranı
$Xc$	Reaktans
$Ht^2 \times R^{-1}$	Boy karelerinin direncine göre bölünmesi
$FG$	Fermuar Genişliği
$VKI$	Vücut Kitle İndeksi
$HKG$	Humerus Kemik Genişliği
$DKK$	Deri Kıvrım Kalınlığı
$IK$	İliak Kanat
$RKC$	Rahat Kol Çevresi
$\Sigma 3SF$	Triceps, subscapular, pazı genişlikleri toplamı
$\Sigma 7SF$	Göğüs, midaksiller, triceps, subscapüler, karın, suprailiik, uyluk toplamı
Ref	Referans

Geliştirilen vücut yağ yüzdesi hesaplama yöntemleri için bazı çalışmalarda tasarım ve kontrol grubu oluşturulmuş (Henry et al. 2018; Leahy et al. 2013) bazılarında ise sadece tasarım grubu oluşturulmuştur (Bielemann et al. 2016). Kontrol grubu oldukça önemlidir. Geliştirilen sistemin yeni verilere tepkisinin ölçülmesi, ne kadar performans ile çalıştığı tespit edilmelidir. Aksi halde sistemin güvenilirliği sorgulanmalıdır.

Geliştirilen eşitlik sistemlerinde korelasyon katsayısı ( $R$ ) ve açıklayıcılık katsayısı ( $R^2$ ) sıklıkla performans değerlendirme kriterleri olarak kullanılmıştır (Ferenci and Kovács 2018; Sandhu et al. 2010). Bunun yanı sıra standart hata,  $RMS$  değeri, duyarlılık ve özgüllüğün kullanıldığı çalışmalarda mevcuttur (Friedl et al. 2001; Fthenakis et al. 2012; Henry et al. 2018; Stevens et al. 2016). Bu parametreler dışında hataların karelerinin toplamı  $MSE$ , hata oranı (%) gibi farklı performans değerlendirme kriterlerinin kullanımı sistemlere olan güveni artırabilir.



## SONUÇ

Türkiye'de yapılmış Türkçe veya İngilizce çalışmalar araştırılmış ancak herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenle Türkiye için değerlendirme yapılmamış olup öneriler sunulmuştur. Türkiye'de henüz böyle bir çalışmanın yapılmamış olması bu çalışmalara araştırmacıları teşvik etmelidir.

Türkiye'de vücut yağ yüzdesi hesabı için araştırma çalışmalarının yapılabilmesi için şu şekilde bir sistem tasarlanabilir. Yaş ve etnik yapıya göre planlama yapılmalıdır. Ayrıca çalışmaya dahil edilmeme kriterleri belirlenmelidir. Bunlara ek olarak, eşitlik için kullanılacak parametrelerin kolay elde edilebilir olması tercih edilmelidir. Vücut yağ yüzdesinin hesabı için maliyetine bakılmaksızın kaliteli referans bir yöntem tercih edilmelidir. Maliyet karşılanamayacak ise referans yöntem değiştirilebilir. Yöntem olarak yapay zekâ yöntemleri istatistiksel yöntemlere göre daha yüksek performans gösterebilir. Bu yüzden klasik yöntemlerden vazgeçilebilir.

Bu çalışmada sistemik bir derleme yapılarak vücut kompozisyonunun değerlendirilmesinde önemli bir faktör olan vücut yağ yüzdesinin hesaplamasında geliştirilen yöntemler analiz edilmiştir. Çalışmaların yapıldığı yer, zaman, örneklem büyüklüğü, tasarım ve kontrol grupları, demografik yapı olarak yaş, cinsiyet ve sistemlerin performansının değerlendirilebilmesi için korelasyon katsayısı ( $R$ ) ve açıklayıcılık katsayısı ( $R^2$ ), standart hata ve  $RMS$  değerleri toplanmış ve değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak literatürde yapılan çalışmalar ışığında geliştirilen eşitliklerin cinsiyet, yaş, etnik yapının etkili olduğu ve bu bilgiler ışında eşitlikler geliştirildiği tespit edilmiştir. Eşitliklerin etkinliğinin bölge ve cinsiyete göre farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Bu nedenle eşitliğe ihtiyaç duyulduğunda uygun eşitlik seçimi yaşanan bölge, cinsiyet ve yaşa göre belirlenmelidir.

Geliştirilen eşitlikler için ölçüm maliyeti az olmasına karşın kısmen zahmetli olan antropometrik ölçümler kullanılmaktadır. Yeni bir eşitlik geliştirildiğinde bu kıstaslar ışığında araştırmalar planlanabilir. Türkiye'deki yapılara uygun olarak yeni akademik çalışmalara ihtiyaç vardır.

## Finansal Destek

Bu sistemik derleme çalışması için herhangi bir kurum ya da kuruluştan finansal destek alınmamıştır.

## KAYNAKLAR

- Akgül, M. N. 2016. "Boksörlerde 6 Haftalık Müsabaka Dönemi Antrenmanlarının Vücut Kompozisyonu Üzerine Etkisi." Selçuk Üniversitesi.
- Aristizabal, J. C., A. Estrada Restrepo, and A. Giraldo García. 2018. "Development and Validation of Anthropometric Equations to Estimate Body Composition in Adult Women." *Colombia Médica* 49(2):154–59.
- Ball, S. D., T. S. Altena, and P. D. Swan. 2004. "Comparison of Anthropometry to DXA: A New Prediction Equation for Men." *European Journal of Clinical Nutrition* 58(11):1525–31.
- Bielemann, R. M., M. C. Gonzalez, T. G. Barbosa-Silva, S. P. Orlandi, M. O. Xavier, R. B. Bergmann, M. C. Formoso Assunção, and Grupo de Estudos em Composição Corporal e Nutrição-CoCoNut. 2016. "Estimation of Body Fat in Adults Using a Portable A-Mode Ultrasound." *Nutrition* 32(4):441–46.
- Company, J. and S. Ball. 2010. "Body Composition Comparison: Bioelectric Impedance Analysis with Dual-Energy X-Ray Absorptiometry in Adult Athletes." *Measurement in Physical Education and Exercise Science* 14(3):186–201.
- Deurenberg, P., M. Deurenberg-Yap, J. Wang, F. P. Lin, and G. Schmidt. 2000. "Prediction of Percentage Body Fat from Anthropometry and Bioelectrical Impedance in Singaporean and Beijing Chinese." *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition* 9(2):93–98.

- Ferenci, T. and L. Kovács. 2018. "Predicting Body Fat Percentage from Anthropometric and Laboratory Measurements Using Artificial Neural Networks." *Applied Soft Computing* 67:834–39.
- Frankenfield, D. C., W. A. Rowe, R. N. Cooney, J. S. Smith, and D. Becker. 2001. "Limits of Body Mass Index to Detect Obesity and Predict Body Composition." *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)* 17(1):26–30.
- Friedl, K. E., K. A. Westphal, L. J. Marchitelli, J. F. Patton, W. C. Chumlea, and S. S. Guo. 2001. "Evaluation of Anthropometric Equations to Assess Body-Composition Changes in Young Women." *The American Journal of Clinical Nutrition* 73(2):268–75.
- Fthenakis, Z. G., D. Balaska, and V. Zafirooulos. 2012. "Uncovering the FUTREX-6100XL Prediction Equation for the Percentage Body Fat." *Journal of Medical Engineering & Technology* 36(7):351–57.
- Gallagher, D., S. B. Heymsfield, M. Heo, S. A. Jebb, P. R. Murgatroyd, and Y. Sakamoto. 2000. "Healthy Percentage Body Fat Ranges: An Approach for Developing Guidelines Based on Body Mass Index." *The American Journal of Clinical Nutrition* 72(3):694–701.
- Hastuti, J., M. Kagawa, N. M. Byrne, and A. P. Hills. 2018. "Anthropometry to Assess Body Fat in Indonesian Adults." *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition* 27(3):592–98.
- Henry, C. J., S. D/O Ponnalagu, X. Bi, and S. Y. Tan. 2018. "New Equations to Predict Body Fat in Asian-Chinese Adults Using Age, Height, Skinfold Thickness, and Waist Circumference." *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics* 118(7):1263–69.
- Houtkooop, L., V. A. Mullins, S. B. Going, C. H. Brown, and T. G. Lohman. 2001. "Body Composition Profiles of Elite American Heptathletes." *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 11(2):162–73.
- Kagawa, M., D. Kerr, and C. W. Binns. 2006. "New Percentage Body Fat Prediction Equations for Japanese Males." *Journal of Physiological Anthropology* 25(4):275–79.
- Kagawa, M., C. Kuroiwa, K. Uenishi, M. Mori, A. P. Hills, and C. W. Binns. 2007. "New Percentage Body Fat Prediction Equations for Japanese Females." *Journal of Physiological Anthropology* 26(1):23–29.
- Leahy, S., C. O'Neill, R. Sohun, C. Toomey, and P. Jakeman. 2013. "Generalised Equations for the Prediction of Percentage Body Fat by Anthropometry in Adult Men and Women Aged 18–81 Years." *British Journal of Nutrition* 109(4):678–85.
- Liberati, A., D. G. Altman, J. Tetzlaff, C. Mulrow, P. C. Gøtzsche, J. P. A. Ioannidis, M. Clarke, P. J. Devereaux, J. Kleijnen, and D. Moher. 2009. "The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies That Evaluate Health Care Interventions: Explanation and Elaboration." *Journal of Clinical Epidemiology* 62(10):e1–34.
- De Lorenzo, A., A. Nardi, L. Iacopino, E. Domino, G. Murdolo, C. Gavriila, D. Minella, G. Scapagnini, and L. Di Renzo. 2014. "A New Predictive Equation for Evaluating Women Body Fat Percentage and Obesity-Related Cardiovascular Disease Risk." *Journal of Endocrinological Investigation* 37(6):511–24.
- Minematsu, K., N. Takamura, K. Goto, S. Honda, K. Aoyagi, K. Moji, and N. Tsunawake. 2011. "A Proposed Method for the Evaluation of Body Fat in Japanese Adults That Predicts Obesity." *Nutrition Research* 31(2):113–21.
- Novack, L. F., G. A. Ferreira, R. L. Coelho, and R. Osiecki. 2014. "Novel Equations to Predict Body Fat Percentage of Brazilian Professional Soccer Players: A Case Study." *Motriz: Revista de Educação Física* 20(4):402–7.
- O'Connor, D. P., M. S. Bray, B. K. McFarlin, M. H. Sailors, K. J. Ellis, and A. S. Jackson. 2010. "Generalized Equations for Estimating DXA Percent Fat of Diverse Young Women and Men: The TIGER Study." *Medicine and Science in Sports and Exercise* 42(10):1959–65.
- Petry, L., L. L. Laubach, P. W. Hovey, N. L. Rogers, B. Towne, and W. C. Chumlea. 2005. "Development and Validation of an Anthropometrically Based Prediction Equation for Estimating the Percent Body Fat of Post-Menopausal Black Females." *Journal of Exercise Physiology Online* 8(4):20–28.

- van der Ploeg, G. E., S. M. Gunn, R. T. Withers, and A. C. Modra. 2003. "Use of Anthropometric Variables to Predict Relative Body Fat Determined by a Four-Compartment Body Composition Model." *European Journal of Clinical Nutrition* 57(8):1009–16.
- Polat, İ. G. 2017. "Er Stres ve Sik2 Karşılıklı İlişkisinin İnsan Öncül Yağ Hücreleri (LiSa-2) Farklılaşması Üzerine Etkisi." Gebze Teknik Üniversitesi.
- Pongchaiyakul, C., V. Kosulwat, N. Rojroongwasinkul, S. Charoenkiatkul, K. Thepsuthammarat, M. Laopaiboon, T. V. Nguyen, and R. Rajatanavin. 2005. "Prediction of Percentage Body Fat in Rural Thai Population Using Simple Anthropometric Measurements." *Obesity Research* 13(4):729–38.
- Ramirez-Zea, M., B. Torun, R. Martorell, and A. D. Stein. 2006. "Anthropometric Predictors of Body Fat as Measured by Hydrostatic Weighing in Guatemalan Adults." *The American Journal of Clinical Nutrition* 83(4):795–802.
- Salamunes, A. C. C., A. M. W. Stadnik, and E. B. Neves. 2018. "Estimation of Female Body Fat Percentage Based on Body Circumferences." *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte* 24(2):97–101.
- Sandhu, J. S., G. Gupta, and S. Shenoy. 2010. "Prediction Equation for Calculating Fat Mass in Young Indian Adults." *Asian Journal of Sports Medicine* 1(2):101–7.
- Shao, Y. E. 2014. "Body Fat Percentage Prediction Using Intelligent Hybrid Approaches." *TheScientificWorldJournal* 2014:383910.
- Stevens, J., F. S. Ou, J. Cai, S. B. Heymsfield, and K. P. Truesdale. 2016. "Prediction of Percent Body Fat Measurements in Americans 8 Years and Older." *International Journal of Obesity* 40(4):587–94.
- Stevens, J., K. P. Truesdale, J. Cai, F. S. Ou, K. R. Reynolds, and S. B. Heymsfield. 2017. "Nationally Representative Equations That Include Resistance and Reactance for the Prediction of Percent Body Fat in Americans." *International Journal of Obesity* 41(11):1669–75.
- Sümer, A. 2014. "Topiramatin Yağ Hücreleri Farklılaşması ve Bazı Karbonik Anhidraz İzoenzimleri Gen Ekspresyonu Üzerine Etkisinin İn Vitro İncelenmesi." Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Sung, H. and J. Mun. 2017. "Development and Cross-Validation of Equation for Estimating Percent Body Fat of Korean Adults According to Body Mass Index." *Journal of Obesity & Metabolic Syndrome* 26(2):122–29.
- Swainson, M. G., A. M. Batterham, C. Tsakirides, Z. H. Rutherford, and K. Hind. 2017. "Prediction of Whole-Body Fat Percentage and Visceral Adipose Tissue Mass from Five Anthropometric Variables" edited by P. Tauler. *PLOS ONE* 12(5):e0177175.

## Effect of Dielectric Substrate Parameters Which Dimensions of Lens and Distance From Antenna on The Gain Enhancement of Microstrip Antenna with Metamaterial

Bülent URUL<sup>1\*</sup>

**ABSTRACT :** In this study, it was aimed to determine the effect of dielectric substrate parameters which dimensions of lens and distance from antenna used as lens layer in front of antenna on antenna gain for the 2.45 GHz Wifi frequency band and calculate the effect of dielectric substrate on increasing the gain of classical microstrip antenna by using metamaterial lens layer (Square split ring resonator). For this purpose, a conventional microstrip antenna with a center resonant frequency of 2.45 GHz was first designed with the help of an electromagnetic simulation program. Then, the dielectric lens layer's size and distance from the antenna parameters were optimized and a maximum gain of 16% was obtained. In addition, it was determined that the dielectric lens layer size had more effect on increase of gain than the distance between antenna and lens layers. Then, the dielectric lens layer,  $5\lambda / 16$  antenna size and  $\lambda / 4$  antenna distance which selected randomly, was designed and placed as a lens in front of the antenna (without using metamaterial). It was observed that the dielectric lens layer had an effect of antenna gain of about 7% for the single layer and 22% for the double layer. A square split ring resonator-shaped metamaterial lens layer with the same parameters as the resulting dielectric lens layer was then designed and placed in front of the conventional microstrip patch antenna for the 2.45 GHz Wifi frequency. It was observed that the lens layer with metamaterial increased the gain of the antenna by about 22% by placing it in single layer and 87% by placing it in double layer in front of the conventional microstrip antenna.

**Keywords:** Metamaterial, substrate parameters, microstrip antenna

<sup>1</sup> Bülent Urul (**Orcid ID:** 0000-0003-2656-2450), Isparta Uygulamalı Bilimler University, Vocational School of Technical Science, Electronics and Automation Department, Isparta, Turkey

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Bülent Urul, e-mail: bulenturul@isparta.edu.tr

**Geliş tarihi / Received:** 11-01-2020

**Kabul tarihi / Accepted:** 14-03-2020

## INTRODUCTION

With the developing technologies, microwave antennas play a wide range of roles in our lives and many studies are being made by engineers in this direction. A lot of studies about microwave antennas have been added to the literature in recent years, such as more compact and high gain antenna designs, microwave absorbance and a smaller radar cross-sectional area of antenna (Tütüncü, 2019a; Tütüncü, 2019b). Especially, Wi-fi technology is the most widely used technology in everyone's life. Today's people can connect their phones, computers and televisions to the internet every day thanks to this technology and communicate with the world. There are also some standards for Wi-fi technology. For this, the IEEE 802.11b / g / n standard at 2.4 GHz or the IEEE 802.11ac standard at 5 GHz is available. However, with new technologies, devices are required to operate in a smaller size, higher gain and a wide frequency range. This forces the researchers to perform different antenna studies. It is desirable that the antennas being constructed have high gain and directivity and that these antennas have a wide bandwidth. Due to their small size, light weight, low cost, easy design and production, microstrip antennas are frequently used in many industries, medical and communication devices for this purpose. However, the low bandwidths and low gain levels of these antennas have been shown to be disadvantages. In order to overcome these deficiencies of classical microstrip antennas(CMA), many studies have been made with new techniques in the literature and new high gain antennas are being studied by researchers every day in this direction. One way to increase antenna gain is to use antennas with metamaterial structures, which are artificial materials with a negative refractive index which are called metamaterials(MM).

MM structures were first introduced by Veselago in 1968 (Veselago, 1968). Accordingly, if the electrical permittivity and magnetic permeability of a material is negative, there are a negative refraction, and this inverse refraction causes the electromagnetic focus to be collected at a point rather than scattering in different directions and weakening. Therefore, the antenna directivity and gain can be increased if MM structures are used on antenna structures or as electromagnetic lenses. In recent years MM has been used in many studies by researchers because of these unnatural negative refraction properties of structures. For example, in a study conducted by Esmail (Esmail et al, 2019), a dipole antenna was designed in the 3.5GHz frequency band (5G technology) and then a metamaterial structure called ASSR was placed on the antenna substrate in the same plane with the antenna and the angle of deflection was increased and the antenna gain was increased. In another study by Jie Lei (Lei, 2018), it has been shown that the antenna bandwidth can be increased significantly by adding SRR metamaterial structures to the ground plane of the microstrip antenna substrate. In 2014, DadGarpour showed that by placing a metamaterial lens layer in front of an antenna structure called a bow tie antenna, the antenna main beam could be directed in a desired direction and accordingly the antenna performance could be improved (Dadgarpour et al, 2014). In addition to these studies, there are also several antenna studies using MM (Kumar A and Kumar VD, 2013; Rahman et al, 2018; Arayeshnia et al, 2019; Singh HS et al, 2019; Singh M, 2019).

In this study, it is aimed to investigate the effect of dielectric substrates on antenna gain. For this purpose, dielectric substrate parameters were examined. In this study, firstly, conventional microstrip antenna (CMA) was designed. Then, the effect of dielectric lens layer dimensions on antenna gain was investigated by using dielectric lens layers only (without using MM). In the second step, the distance of the dielectric lens layer from the antenna was studied. Then the antenna gain was investigated by using dielectric layer in 2 layers. In the next step, a size and distance value was randomly selected for the



dielectric layer. MM lens layer having the same material properties as the dielectric lens layer was then designed. Antenna gain graphs were obtained by adding the obtained metamaterial lens layer in front of CMA in single and double layers as in the previous step. With these processes, it is aimed to determine how much of the gain of the newly proposed metamaterial antenna actually originates from the dielectric layer. In the next stage, firstly the gain graphs of the antenna obtained using metamaterial lens layers were compared with gain graph of CMA. Then, the gain graphs obtained by adding the lens layers made by using dielectric material in front of MYA without using metamaterials and the gain graphs obtained using metamaterials were compared.

## MATERIALS AND METHODS

The first work in this article is to design the CMA. All operations were made based on this CMA antenna comparison and all simulation operations with CST software. CMA has been chosen as the reference antenna because of its consistent electromagnetic propagation and easy to see comparisons. The CMA is designed as shown in Figure 1, with a resonant frequency of 2.45 GHz. For the antenna substrate, FR4 material, which was  $\epsilon_r = 4.3$  and the loss tangent  $\tan \delta = 0.025$ , was used. Antenna parameters are given in Table 1.

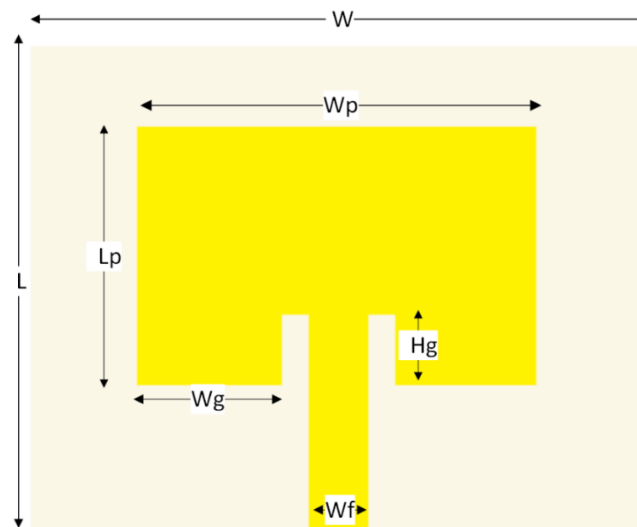


Figure 1. Conventional microstrip antenna (CMA)

Table 1. CMA design parameters

Parameters	Value(mm)
Antenna width (W)	65
Antenna length (L)	50
Patch width (Wp)	35
Patch length (Lp)	29
Substrate thickness (h)	1.55
Patch thickness (Mt)	0.035
Line width (Wf)	7
Hg	8.5
Wg	12.5

All electromagnetic simulation operations of the antenna were carried out in the frequency range of 1.4 GHz to 3.4 GHz with CST program which is an electromagnetic program. According to the results of the simulation process, the S11 graph of the antenna was obtained as shown in Figure 2 and the gain graph as shown in Figure 3. Figure 2 shows that the resonant frequency of the CMA at 2.45 GHz is 18.99 dB and Figure 3 shows that the antenna gain is 3.72 dBi.

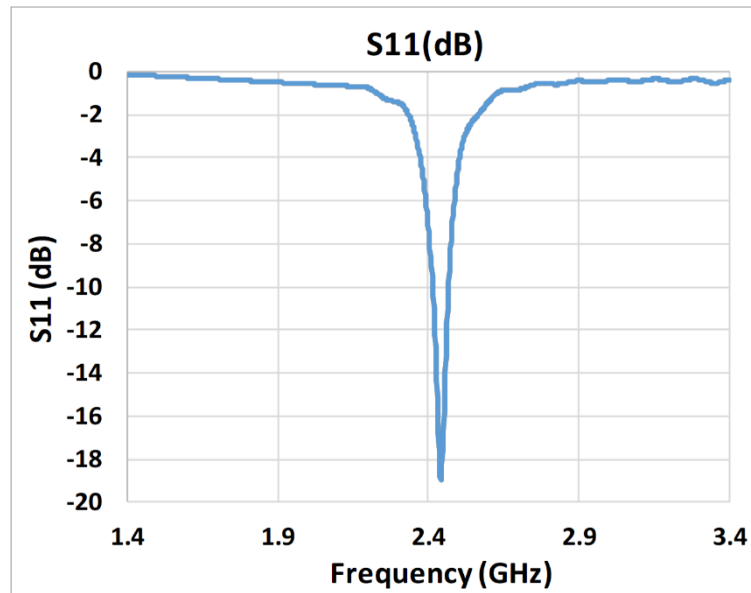


Figure 2. S11 graph of CMA

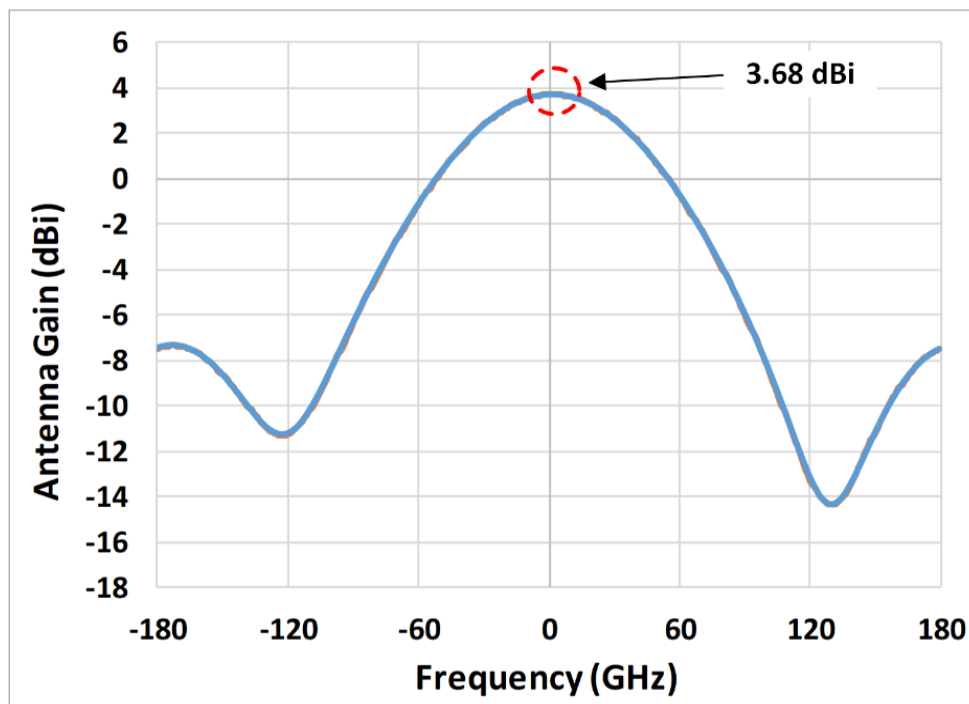


Figure 3. The gain graph of CMA

## RESULTS AND DISCUSSION

### The effect of dielectric lens layer's dimensions and the distance between the antenna and the lens layer on the antenna gain (Without MM layer).

In this section, only dielectric substrate was used as lens layer and the effect of the dielectric lens layer on antenna gain was observed by changing the dimensions. Initially, a layer having a dielectric material substrate (without a copper layer) of FR4 material was designed using the CST software. This lens layer was then placed in front of the previously designed CMA at a distance of  $\lambda / 4$  from the antenna as shown in Figure 4. The dimensions of the dielectric lens layer were selected to be square, multiples of  $\lambda / 16$  for 2.45 GHz and simulated for each lens size.

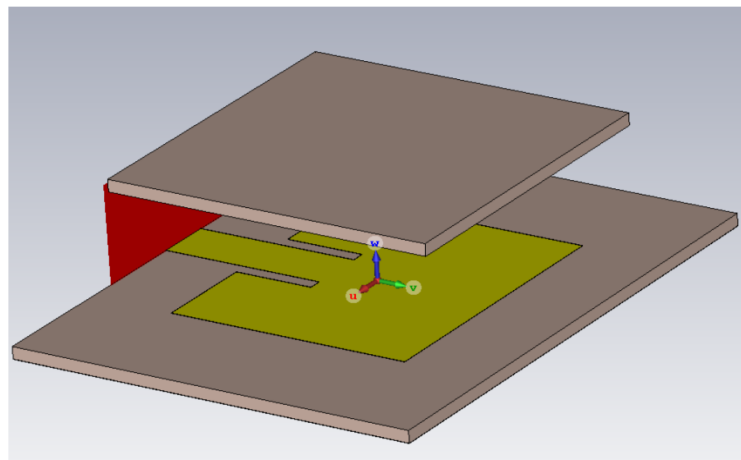


Figure 4. CMA with dielectric lens layer

For the dielectric lens used, FR4 material with  $\epsilon_r = 4.3$  and the loss tangent  $\tan \delta = 0.025$ , which is readily available, was used. The distance of the lens layer from the antenna was chosen to be 25mm. At the end of the simulation process, the gain graph for the lens layer in each dimension of the antenna is obtained as shown in Figure 5 and Table 2.

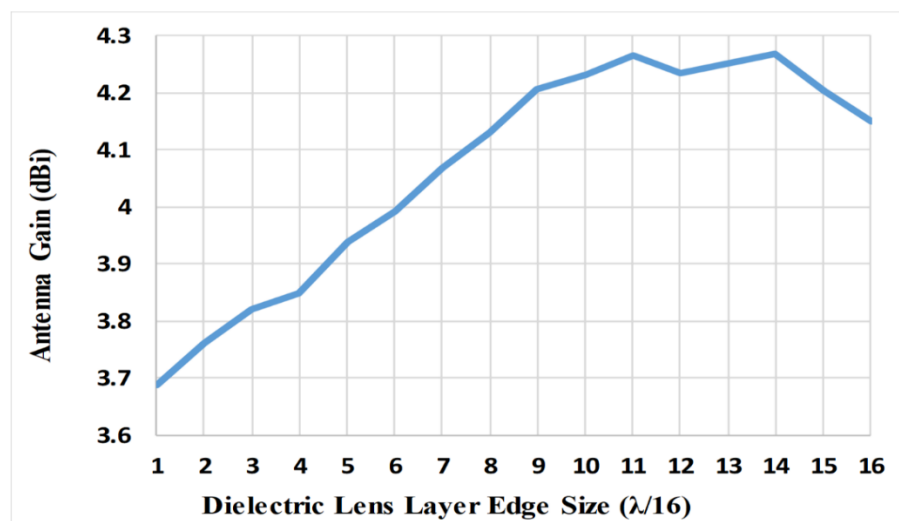


Figure 5. CMA gain variation graph by dielectric lens size

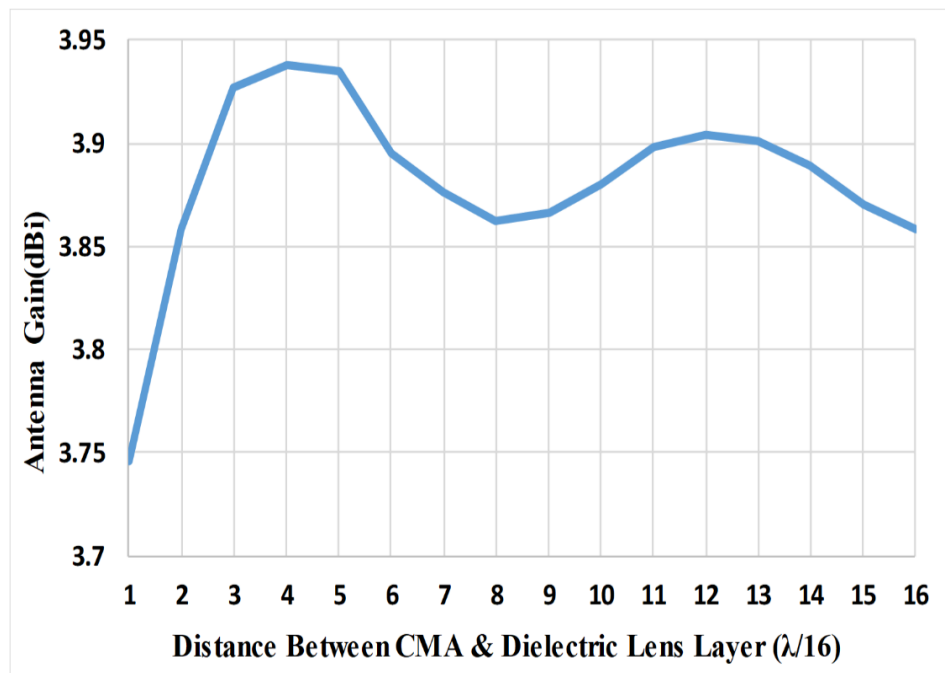
**Table 2.** CMA gain variation data and percentage increase according to dielectric lens size

Dielectric lens size	Gain (dBi)	Gain enhancement (%)
1 x $\lambda/16$	3.6877753	0.32%
2 x $\lambda/16$	3.7624687	2.35%
3 x $\lambda/16$	3.8209785	3.94%
4 x $\lambda/16$	3.8492234	4.71%
5 x $\lambda/16$	3.9375284	7.11%
6 x $\lambda/16$	3.9917832	8.59%
7 x $\lambda/16$	4.0691598	10.70%
8 x $\lambda/16$	4.1312341	12.38%
9 x $\lambda/16$	4.206475	14.43%
10 x $\lambda/16$	4.2321599	15.13%
<b>11 x <math>\lambda/16</math></b>	<b>4.266253</b>	<b>16.06%</b>
12 x $\lambda/16$	4.2347388	15.20%
13 x $\lambda/16$	4.2504347	15.63%
14 x $\lambda/16$	4.2668984	16.07%
15 x $\lambda/16$	4.2029981	14.34%
16 x $\lambda/16$	4.1493409	12.88%

As shown in Figure 6 and Table 2, it is seen that the gain of the obtained antenna varies according to the dielectric lens layer size. The simulation process was performed for 10 values such that the dimensions of the dielectric lens layer were multiples of  $\lambda / 8$ . According to these data, it is seen that by increasing the dielectric lens layer dimensions up to  $14 \lambda / 16$  (maximum 16.07%), antenna gain is increased and after  $14 \lambda / 16$  the amount of increase is decreased. As a result, it is seen that the dimensions of the dielectric lens layer have an effect on the antenna gain and that the lens dimensions should be selected correctly. In addition, the 3-dimensional volume of the antenna increases with increasing lens dimensions. Therefore, it is a disadvantage when the antennas used are desired to be smaller.

In the next stage, the effect of the distance between the antenna and the dielectric lens layer on the antenna gain is examined. For this purpose, firstly, dielectric lens layer made of FR4 ( $\epsilon_r = 4.3$ ,  $\tan \delta = 0.025$ ) and  $5 \lambda / 16$  (38.27 mm) sizes were chosen randomly and designed with CST program. This designed lens layer was then placed in front of the antenna and the simulated operation was performed sequentially by increasing the distance between the antenna and the lens layer from  $\lambda / 16$  to  $\lambda$  for 16 values. As a result of the simulation process, the gain change graph according to the distance between antenna-dielectric lens layer was obtained as shown in Figure 6 and Table 3.

As shown in Figure 6 and Table 3, according to these data, the distance between a lens layer made only with dielectric substrate and CMA antenna does not have a big effect on the antenna gain but it has a maximum effect of 7% for  $\lambda / 4$  distance. It is already known that the values with the lowest reflection will be in the multiples of  $\lambda / 4$ . As a result, considering the figures and tables, the best gain was obtained according to the best antenna size and distance as 4.266.



**Figure 6.** Antenna gain change graph according to distance between CMA and Dielectric lens layer

**Table 3.** Antenna gain change data and percentage increase over distance between CMA and dielectric lens layer

Distance between CMA & Dielectric Lens Layers	Gain(dBi)	Gain enhancement (%)
1 x $\lambda/16$	3.746369	1.91%
2 x $\lambda/16$	3.8577954	4.95%
3 x $\lambda/16$	3.9265873	6.82%
<b>4 x <math>\lambda/16</math></b>	<b>3.9375284</b>	<b>7.11%</b>
5 x $\lambda/16$	3.9348072	7.04%
6 x $\lambda/16$	3.8948381	5.95%
7 x $\lambda/16$	3.8760715	5.44%
8 x $\lambda/16$	3.8621266	5.06%
9 x $\lambda/16$	3.866516	5.18%
10 x $\lambda/16$	3.8805397	5.56%
11 x $\lambda/16$	3.8983188	6.05%
12 x $\lambda/16$	3.9036847	6.19%
13 x $\lambda/16$	3.9011069	6.12%
14 x $\lambda/16$	3.8892974	5.80%
15 x $\lambda/16$	3.8699352	5.28%
16 x $\lambda/16$	3.8577819	4.95%

### Effect of MM lens layer on antenna gain

The use of a reference patch antenna and the MM lens layer is frequently used by many researchers and engineers as it increases the gain and directivity of the antenna. Different MM cells are needed for different frequency ranges and applications. It is desirable for an MM cell to have a negative refractive index over a wider frequency range. Because if the MM used has a negative refractive index over a wide frequency range, the number of applications that can use this MM will increase. In this study, square split



ring resonator (SSRR) was used and the effect of MM lens layer on the CMA gain we designed was investigated. For this, a SSRR cell with a negative refractive index up to a frequency of 2.75 GHz was first designed as shown in Figure 7. The dimensions of the MM structure are given in Table 2.

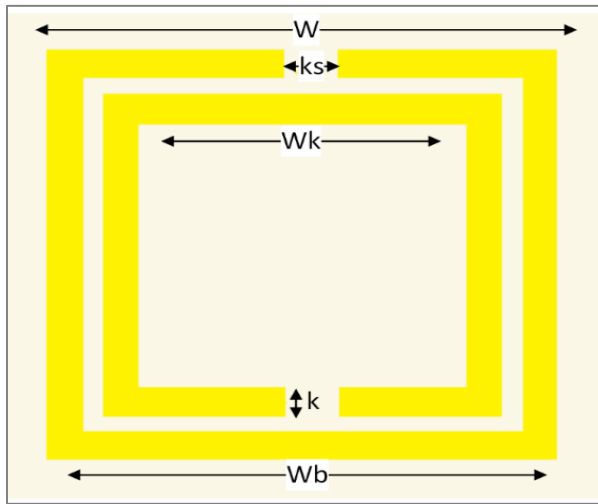


Figure 7-a. Top layer of SSRR

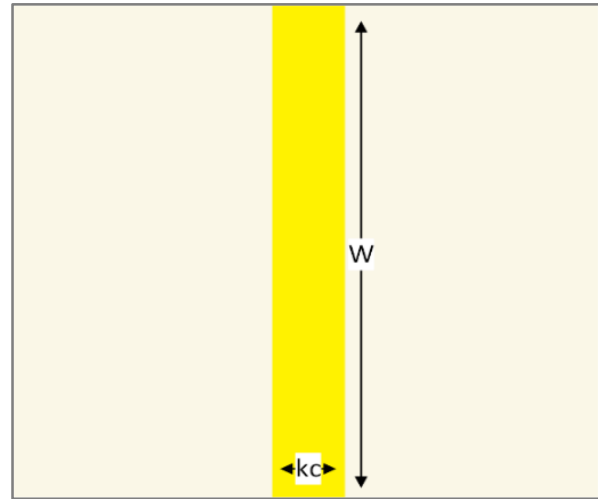


Figure 7-b. Bottom layer of SSRR

Table 4. Dimensions of SSRR cell

Parameters	Value(mm)
Substrate width (W)	7.653
Substrate thickness	1.55
Patch thickness	0.035
Wb	7
Wk	5.15
k	0.4
ks	0.5
kc	1

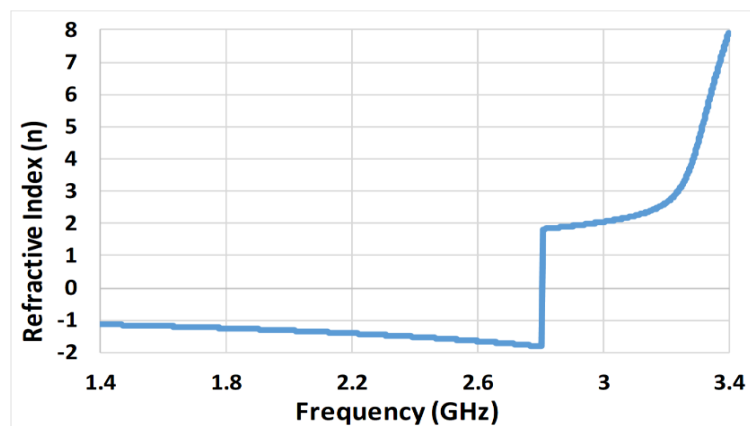
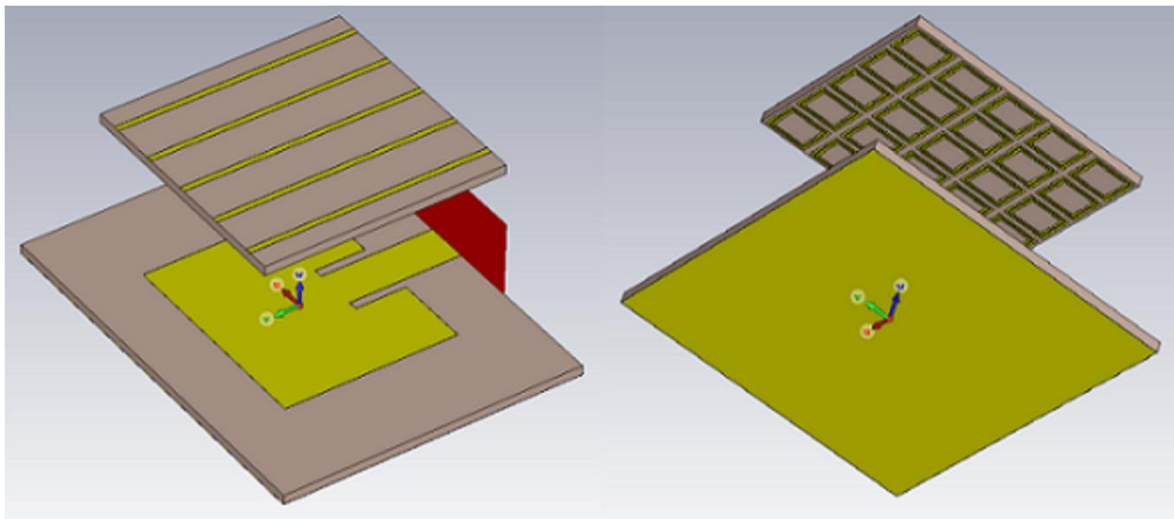


Figure 8. The refractive index of SSRR cell

The dimensions of the designed SSRR cell were chosen such that the refractive index was negative. As a result of the simulation with dual port operation, refractive index for 2.45 GHz was obtained as shown in Figure 8.

The MM lens layer shown in Figure 7 is designed with a CST program using 25 pieces in a 5x5 array. Then, by placing this designed lens layer in front of the CMA antenna, as shown in Figure 9, the proposed antenna structure is obtained. The MM was placed in front of the antenna at a distance of  $\lambda / 4$  from the CMA with a substrate width of  $5\lambda / 16$ . Here, the distance from the antenna is chosen as  $\lambda / 4$ , because it is the best result for the examination with the dielectric lens layer. The reason why the lens layer is selected as  $5\lambda / 16$  is to obtain a smaller size antenna. Because an antenna is more compact, it is preferred in developing technologies. Then, the antenna system with the dielectric substrate of the same dimensions was redesigned as shown in Figure 4 (Without MM patch shape). After this stage, both antenna with the MM lens layer and antenna with dielectric lens layer were separately simulated.



**Figure 9.** Top and bottom view of the recommended antenna

After the simulation process, gain models of both antenna systems were obtained as shown in Figure 10. When Figure 10 is examined, according to the simulation results, the gain of the reference antenna is 3.68 dBi, the gain of antenna obtained by using the reference antenna and the dielectric lens layer together is 3.95 dBi and finally, the gain is 4.5 dBi when the reference antenna is used with the MM lens layer. When these results are analyzed, it is observed that the effect of dielectric lens layer is 7.3% and the effect of MM lens layer is 22.2% in CMA antenna gain increase.

In the next study, it is aimed to see the change of antenna gain when the lens layer is placed in two layers. Therefore, in the first stage, dielectric lens layers of  $5\lambda / 16$  dimensions were placed and simulated in two layers, the first one being  $\lambda / 4$  away from MYA and the second as far as  $\lambda / 2$ , as shown in Figure 11. In the second stage, MM lens layers of the same distance and size were replaced and simulated as shown in Figure 12 instead of dielectric lens layers.

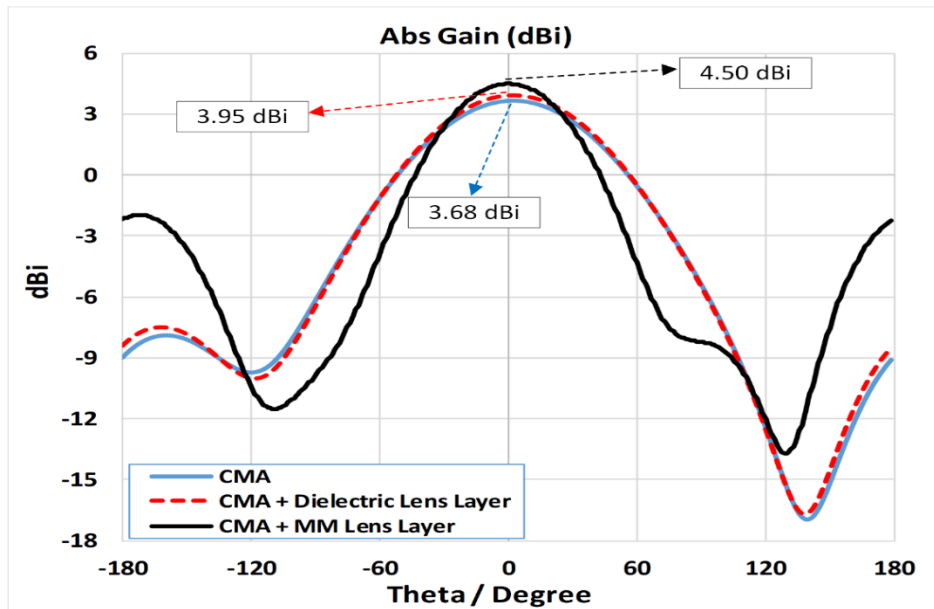


Figure 10. Gain graph of reference and proposed antennas

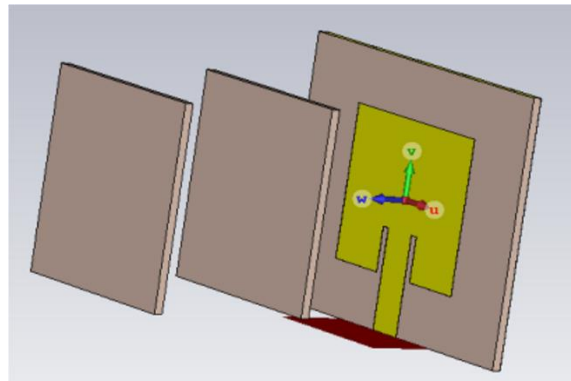


Figure 11. Dielectric double lens layer placed in front of CMA

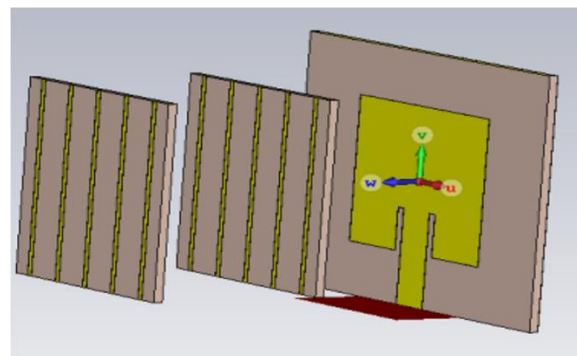
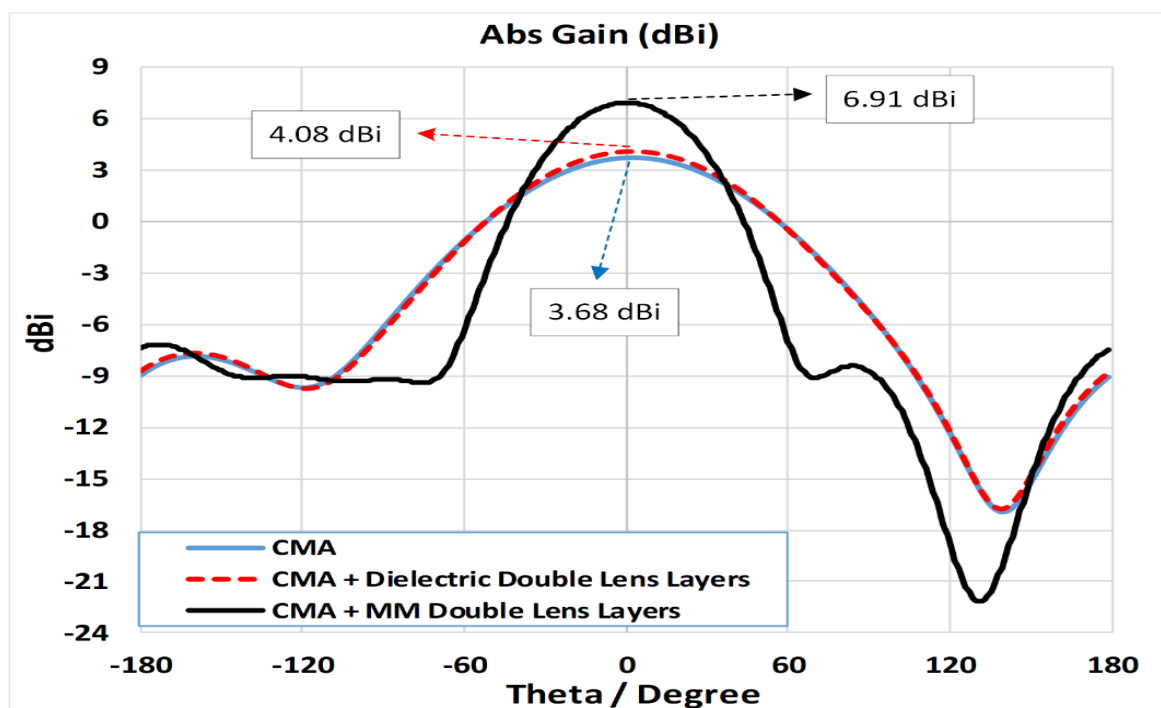


Figure 12. MM double lens layer placed in front of CMA

As a result of the simulation process, the gain diagrams of the dual dielectric lens layer and dual MM lens layer antenna structures are obtained in Figure 13.



**Figure 13.** The gain graph of CMA, CMA with dual dielectric lens layers and with MM lens layers

When Figure 13 is examined, according to the simulation results, the gain of the reference antenna is 3.68 dBi and the antenna gain is 4.08 dBi with the use of the reference antenna and the dielectric double lens layer and the gain of the antenna system obtained by using the reference antenna with the MM lens layer is 6.91 dBi. When these results were analyzed, it was observed that the effect of dielectric lens layer was 10.8% and the effect of MM lens layer was 87.8% in CMA gain increase. All data are collected in Table 5 to see the effect of all antenna configurations on the antenna gain.

**Table 5.** Gain graphs according to antenna configurations

Antenna Configurations	Gain (dBi)	Gain enhancement (%)
CMA	3.68	-
CMA + Dielectric Single Layer Lens	3.95	7.30%
CMA + Dielectric Double Layers Lens	4.08	10.80%
CMA + MM Single Layer Lens	4.5	22.20%
CMA + MM Double Layers Lens	6.91	87.80%

## CONCLUSION

In this study, the effect of dielectric substrate parameters (Sizes-Distance) used on lens layers on the gain of metamaterial antenna was investigated. For this purpose, the classical microstrip patch antenna was designed first. Then, a study was performed on the lens layer dimensions obtained using only dielectric FR4 substrate (without adding MM) and the lens size was increased by  $\lambda / 16$  each time. Accordingly, it was observed that increasing the size of the lens layer increased the antenna gain to a

certain size and a gain increase of up to 16.06% was achieved. However, this is a disadvantage as the size of the lens layer is large, which is not desirable in developing technologies. Then, the distance of the dielectric lens layer from the antenna was changed by  $\lambda / 16$  and the antenna gains were obtained and according to these results, a maximum gain of 7.11% was obtained by selecting the appropriate distance between the antenna-lens layer. In the next step, the MM lens layer and dielectric lens layers were selected at the same size and distance and simulated as single and double layers. According to these results, gain of 22.3% gain was obtained with single layer of MM lens and 7.30% gain increase with only dielectric lens layer. 87.8% gain was achieved with the use of double layer MM lenses, and 22.2% gain increase was achieved with the dielectric lens layer of the same dimensions and distances. As a result, the data obtained showed that increasing the dimensions of the dielectric lens layer had a positive effect on the antenna gain increase up to a certain size. It is also possible to increase the antenna gain by using MM in two layers.

## REFERENCES

- Arayeshnia A, Bayat A, Keshtkar-Bagheri M, Jarch S, 2019. Miniaturized low-profile antenna based on uniplanar quasi-composite right/left-handed metamaterial. *Int J RF Microw Comput Aided Eng.*, 2019, 29:e21888.
- Dadgarpour A, Zarghooni B, Virdee BS, Denidni TA, 2014. Beam tilting antenna using integrated metamaterial loading. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 2014, 62(5):2874-9.
- Esmail BA, Majid HB, Dahlan SH, Abidin ZZ, Rahim MK, Jusoh M, 2019, Planar antenna beam deflection using low-loss metamaterial for future 5G applications. *International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering*, 2019, e21867.
- Rahman MN, Islam MT, Isla, S, Samsuzzaman S, 2018. Resonator based metamaterial sensor to detect unknown materials. *Microw Opt Technol Lett.*, 2018, 60: 1681– 1685. <https://doi.org/10.1002/mop.31218>
- Singh HS, Kalraiya S, Meshram MK, Shubair RM, 2019. Metamaterial inspired CPW-fed compact antenna for ultrawide band applications. *Int J RF Microw Comput Aided Eng.*, 2019; 29:e21768. <https://doi.org/10.1002/mmce.21768>
- Singh M, Kumar N, Dwari S, Kala P, 2019. Metamaterial-inspired miniaturized antenna loaded with IDC and meander line inductor using partial ground plane. *Int J RF Microw Comput Aided Eng.*, 2019, 29:e21863. <https://doi.org/10.1002/mmce.21863>.
- Kumar A, Kumar VD, 2013. High-performance metamaterial patch antenna. *Microw. Opt. Technol. Lett.*, 2013, 55: 409-413. [doi:10.1002/mop.27304](https://doi.org/10.1002/mop.27304)
- Lei Jie, 2018. Design of 2.4G Wi-Fi antenna (Design of 2.4G Metamaterial and Stacked Microstrip Wi-Fi Antennas), Northumbria University Publications, 2018, 10.13140/RG.2.2.12057.52329.
- Tütüncü B, 2019a. Compact low radar cross-section microstrip patch antenna using particle swarm optimization. *Microw. Opt. Technol. Lett.* 2019, 61: 2288– 2294.
- Tütüncü B, 2019b. Polarizasyon Mod Bağımsız Üçlü Bant Mikrodalga Sinyal Emici. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 2019, 9.1: 295-301.
- Veselago VG, 1968. The electrodynamics of substances with simultaneously negative values of  $\epsilon$  and  $\mu$ . *Sov. Phys. Uspekhi*, 1968, 10: 509-514.



## Design, Producing and Testing of 12-Step Three-Phase Voltage Source Inverter with Flexible Independent PWM Current Control for Brushless Direct Current Motor

Mehmet Cihat ÖZGENEL<sup>1\*</sup>

**ABSTRACT:** Brushless motors are used in wide areas in the industrial and domestic applications owing to their superior advantages over other type electric motors such as induction and brushed direct current motors. Owing to fact that the brushless direct current motors and their drivers are cheaper and easier to design than drives of permanent magnet synchronous motors, brushless direct current motors are preferred a large application areas. But BLDC motor drivers are still run classical three-phase six-step inverter. Because of that the BLDC motors are run classical three-phase six-step inverter, the BLDC motor does not show its real dynamic performance. If BLDC motor is run via 12-step inverter, it gives a better dynamic performance than that of six-step inverter. The aim of this study, to manufacture 12-step inverter which controls phase currents using pulse width modulation (PWM) technique and to analyze the dynamic performance of BLDC motor running under purposed 12-step inverter. In the 12-step inverter, two or three transistors are on conduction mode at each time interval alternatively and in order to keep switching losses minimum only one transistor runs PWM mode in this study. The experimental results show that purposed flexible independent PWM 12-step inverter works perfectly and this proposed inverter provides the BLDC motor generating high dynamic performance than that of six-step one.

**Keywords:** BLDC Motor, voltage source inverter, 12-step inverter, six-step inverter, PWM current control, BLDC motor speed control.

<sup>1</sup> Mehmet Cihat ÖZGENEL (Orcid ID: 0000-0001-5304-1488), Erzincan Binali Yıldırım University, Faculty of Engineering, Department of Electrical Electronics Engineering, Erzincan, Turkey

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mehmet Cihat ÖZGENEL, e-mail: mcozgenel@erzincan.edu.tr

The article was presented as a summary in the International Academic Research Congress on 30 October-03 November 2018 in Alanya / Antalya

## INTRODUCTION

As it is well known that some electric motors run from power supply directly such as induction, brushed small power DC motors and universal motors, but some of electric motors need drivers to run such as PMSM, BLDC motor and stepper motors. If the induction motors, brushed small power DC motors and universal motors are used applications requires variable speed or torque control, these motors must also be used with the drivers. In other words, if speed and torque control is required, all electric motors need drivers. These drivers are often referred to as inverters. Inverters are power electronics circuits that convert direct current to alternating current. They are used in numerous applications such as switching power supplies in electronics devices, motor drivers and DC high voltage transportation (Mangroliya et al., 2013; Shah et al., 2013). Furthermore inverters are used in solar and wind energy systems. In generally inverters are used a large number of variable frequency drives for AC motor control (Saied et al., 2006; Mahsewari et al., 2015). AC motors are largely induction motors, synchronous motors universal motors and brushless motors. These motors require a driver not only running but also controlling speed and torque control of motor. Among the AC motors, it is seen that the brushless motors have superior features. Brushless motors are used in wide areas in the industrial and domestic applications owing to their superior advantages over other type electric motors such as induction and brushed direct current motors. Some advantages of brushless motors are; they have small size compared to AC motors for the same power, good linear torque-speed characteristic, easy torque and speed control, noiseless operating, high efficiency, fast dynamic response (Ozgenel, 2017).

Brushless motors are divided into two main groups according to the shape of the back electromotive force in the phase windings. The first one is trapezoidal back electro motive force in the phase winding that is called brushless direct current motor and the second one is sinusoidal back electro motive force in the phase winding that is called permanent magnet synchronous motor (PMSM). While permanent magnet synchronous motors phase windings are fed by sinusoidal current, permanent magnet direct current motors phase windings are fed by trapezoidal currents via three-phase inverter (Ozgenel, 2017). Both PMSM and BLDC motors are need rotor position information to be made commutation properly. In order to feed to PMSM phase windings with sinusoidal current, rotor position of PMSM is sensed by sinusoidal encoder, incremental encoder or resolver with high accuracy which is relatively expensive. Since BLDC motor windings are fed with trapezoidal current, BLDC motor rotor position is sensed roughly with 60-electrical degree interval by Hall-effect magnetic sensors which are low cost. Because of that the BLDC motors are run classical three-phase six-step inverter, the BLDC motor does not show its dynamic potential performance. In six-step BLDC motor drives, only any two phases of three phase-windings are active and one phase winding is inactive at a step of six-step (Ahmed, 2015). The empty phase does not contribute to the production speed and torque (Ozgenel, 2018). In the BLDC motor, which uses a six-step inverter, the utilization rate of the phase windings is 66 percent (ST Microelectronics, 2006; Ozgenel, 2018). In order to get higher performance from the same BLDC motor, it is necessary to increase the duration of the current passing through the phase windings of the BLDC motor. This is easily achieved by employing 12-step inverter. If the BLDC motor runs with a 12-step inverter, it will produce more torque and speed than the BLDC motor runs in the 6-step inverter. Because in the 12-step inverter three phases are active at the same time and contribute to the torque and speed production, BLDC motor generates more speed and torque. The rate of utilization of phase winding is 83 percent in BLDC motor which works with 12 step inverter (Ozgenel, 2018).

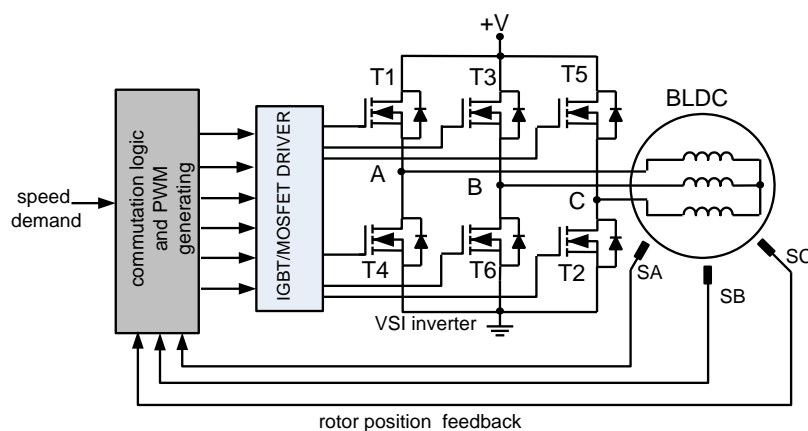
In this study, both six-step and twelve-step inverter with independent PWM current control are designed and manufactured in order to compare effect on the BLDC motor performance. Flexible independent PWM current control scheme is used in 12-step inverter.

## MATERIALS AND METHODS

### Driving Of Bldc Motors

Figure 1 is depicted a conventional BLDC motor driver system. A typical BLDC driver system is consist of rotor position sensors, inverter, commutation logic circuitry, inverter transistor driver and BLDC motor. Commutation logic circuitry generates transistor gate signals according to rotor position and adjusts PWM duty cycle according to speed demand. When the rotor rotates, position sensors (SA SB and SC) generate logic 1 and logic 0. This rotor position information is used to energize motor phase windings via power transistors. Inverter converts DC voltage into rectangular alternate voltage for BLDC motor phase windings. Thus, BLDC motor runs and position signals are changed with the changing rotor position and commutation is made at the each 60-electrical degree. While commutation is done automatically in brushed DC motors with the help of collector and brushes but it is done electronically in BLDC motors. Commutation is the change of direction of current passing through motor phase windings according to rotor position.

In brushless AC motors, the rotor position information must be detected by a position sensor in order to energize phase windings according to rotor position. This position sensor is generally Hall-effect magnetic sensor in BLDC motors (Ozgenel, 2017). Hall-effect sensors are placed on the stator by 120-electrical degree apart from each other. The rotor position is detected by Hall-effect sensors by 60-electrical degree interval. Rotor position information is used to commutate BLDC motor phase windings. Owing to fact that the rotor position is detected every 60-electrical degree, one electrical period occurs in six-step. Thus design of six-step inverter is easy and less complicated. Numerous commercial manufacturers are produced chips dedicated six-step BLDC motor driver (Ohm and Oleksuk, 2002). BLDC motors are currently being operated with 6-step inverters. As it is seen easily from Table 1, in six-step driver, two transistors are conduction mode and one phase winding is connected to positive terminal of DC source and one phase winding is connected to negative terminal of DC source at each step.



**Figure 1.** Typical six-step BLDC motor driving system

After six-step is completed, it is returned to first step. So, one period is completed. If Table 1 is examined, two-phase winding is energized at each step and pair of phase windings is changed at each step, each step is 60 electrical degrees. On Table 1 in the first step, A-phase winding is connected to positive terminal of DC source and C-phase winding is connected negative terminal of DC source. In this step A and C- phase windings produces torque and velocity. In the second step, while C- phase is still connected to negative terminal of DC source, C-phase winding is changed its pair of phase winding from A-phase to B-phase.

**Table 1.** Status of inverter transistors, energized phase windings according to rotor position switches in six-step inverter

Step	Status of inverter transistors						Energized phase windings	Position swithes		
	T2	T5	T6	T3	T4	T1		SA	SB	SC
1	On	Off	FREE	FREE	Off	On	A+, C-	1	0	0
2	On	Off	Off	On	FREE	FREE	B+, C-	1	1	0
3	FREE	FREE	Off	On	On	Off	B+, A-	0	1	0
4	Off	On	FREE	FREE	On	Off	C+, A-	0	1	1
5	Off	On	On	Off	FREE	FRE	C+, B-	0	0	1
6	FREE	FREE	On	Off	Off	On	A+, B-	1	0	1

In the third step, his time B-phase winding is the same, A-phase is replaced by C-phase. The six-step inverter operation continues in this way. Due to fact that two phase's windings should be energized at each step in six-step inverter, and then two switches should conduct at any step (Chen et al., 2009). As it is known well, due to fact that pulse width modulation technique reduces power losses and having greater efficiency in the system is commonly used in DC-DC converters and motor speed control applications (Bolloju, 2007). The output voltage can be easily changed by adjusted conduct time of power switch. The average voltage of PWM DC-DC convertor is expressed;

$$V_o = V_{DC} \frac{t_{on}}{T} \quad (1)$$

Where,  $V_o$  is the PWM converter output voltage,  $V_{DC}$  is the input voltage,  $t_{on}$  is conduct time of power transistor and  $T$  is the period of PWM frequency.

### Speed Control of Bldc Motor

Because the speed of the BLDC motor depends on the amplitude of the voltage applied to the phase windings, the speed control of the BLDC motor is implemented by changing the amplitude of the voltage applied to the phase windings as it is in direct current motors with brushed (Varghese et al., 2014). The amplitude of the voltage applied to the phase windings can be easily changed using the pulse width modulation technique (PWM). PWM voltage control scheme is the most used speed control technique for BLDC motors (Pindoriya et al., 2014). In PWM technique, the amplitude of the phase voltage is adjusted by changing the duration of the pulse using power transistors in inverter. There are two main ways of power transistor switching schemes in the inverter with PWM signals: independent and complementary modes (Breji et al., 2006). In the independent PWM mode, inverter upper (T1, T3 and T5) or lower (T4, T6 and T2) transistors are run in PWM mode. This mode is relatively simple to control BLDC motor phase voltage. In the complementary mode, the power transistors in one phase inverter leg for example T1 and T4 are run complementary. Implementation of this scheme is relatively complex according to independent PWM mode. In six-step inverter, two phase windings are energized and one phase winding is free all time intervals. While two phase windings generate torque and speed but one phase winding does not contribute generating torque and speed. Each phase winding

is energized with other phase winding is free during one step interval which is equal to 60 electrical degrees in six-step inverter. Each step interval is 60 electrical degrees. So, commutation occurs at each 60 electrical degrees.

### Six-step voltage source inverter with pwm phase voltage control

The independent mode PWM voltage control method is used in six-step inverter. Many commercial integrated circuit manufacturers produce independent PWM controlled BLDC motor pre-driver integrated such as MC33033, LV8127T from ON Semiconductor corp., DRV8302 from Texas Instruments corp., FCM8201 from Fairchild Semiconductor corp. is a BLDC motor inverter pre-driver which uses complementary PWM scheme. In this proposed inverter, PWM signals are generated by employing SG3526 high performance pulse width modulator integrated circuit from ON Semiconductor corp. (On Semiconductor Corp., 2006). The PWM frequency is selected 20 kHz. To obtain the output of phase voltage of six step inverter, equation (2) should use (Promthong and Konghirun, 2013);

$$V_{phase(120)} = 0.41V_{DC} \quad (2)$$

Where  $V_{DC}$  is the input DC voltage of inverter from DC supply. Equation (2) is valid when duty cycle of PWM 100%. If duty cycle of PWM smaller than 100%, the following equation is used;

$$V_{phase(120)} = 0.41V_{DC} \frac{t_{on}}{T} \quad (3)$$

From Figure 2, it is seen that every time interval only two phase windings are energized. While one phase winding is connected positive terminal of DC supply, other phase is connected to negative terminal of DC power supply. One phase winding is free. During one period, one phase winding is continuously non-energized. This non-energized winding is changed at each step. While in step 1, B-phase winding is free (non-energized), in step 2, A-phase winding is non-energized and so on. Thus only two phase windings are produced torque and speed in six-step BLDC motor drivers. Since the speed of BLDC motor is proportional to phase winding voltage the BLDC speed is changed by changing phase voltage using PWM technique. In Figure 2, PWM scheme is applied to T4, T6 and T2 transistors which are connected to negative terminal of DC power supply.

A twelve-step PWM voltage controlled voltage source inverter is designed and implemented. To avoid using numerous logic gates, quite cheap and useful Arduino-Nano platform which is based Atmega328 microchip is used. Table 2 is taken into consideration when designing this inverter. In twelve-step inverter, one electrical period is completed at 12 steps. In order to accomplish the 12-step inverter, rotor position should be sensed each 30-electrical degree (Babaei and Mahaei, 2011; Promthong, 2013; Shah et al., 2013). As it is seen from Table 2, while three phase windings are active on one step, two phase windings are active in next step. When three phase windings are active, three power transistors in inverter are at conduction mode, when two phase windings are active two transistors are at the conduction mode. While three transistors are in conduction mode in one step, two transistors are in conduction mode in the next step. Switching of the power transistors continues in this way. The output voltage of twelve-step inverter is expressed as following (Babaei and Mahaei, 2011; Promthong, 2013);

$$V_{phase(150)} = 0.44V_{DC} \quad (4)$$



Equation (4) is valid when duty cycle of PWM 100%. If duty cycle of PWM smaller than 100%, the following equation is used;

$$V_{phase(150)} = 0.44V_{DC} \frac{t_{on}}{T} \tag{5}$$

Equations (4 and 5) show that twelve-step inverter produces higher phase voltage than that of six-step inverter. This means BLDC motor running in twelve-step inverter produces more speed than BLDC motor which runs in six-step inverter because BLDC motor speed is proportional is directly phase voltage.

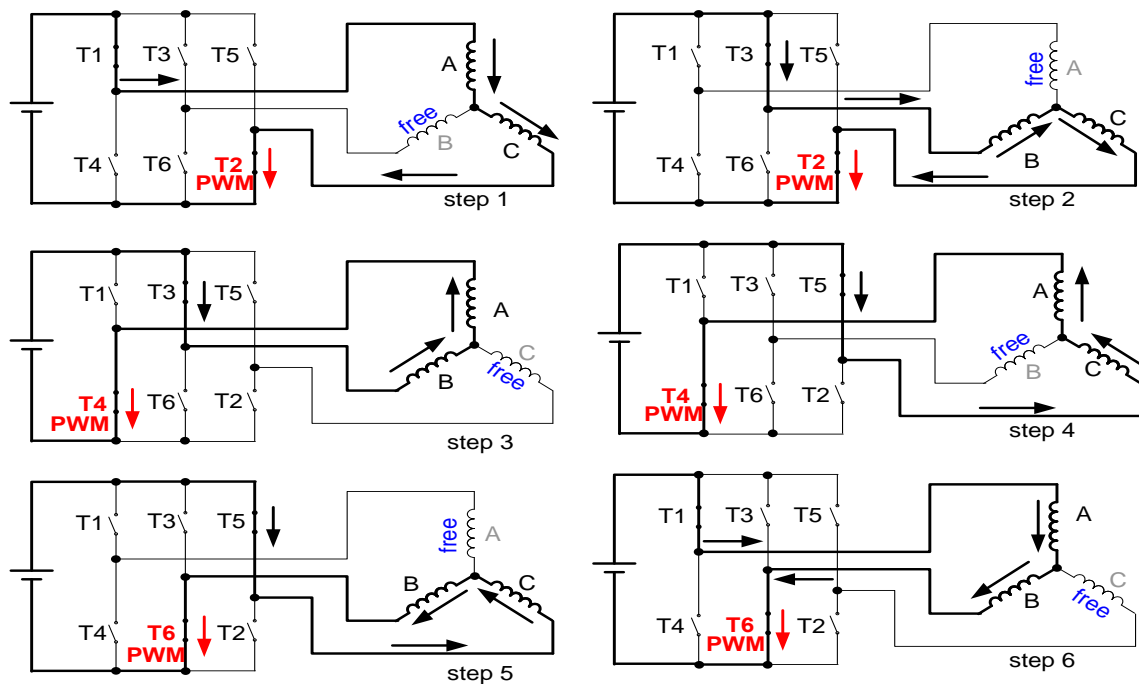


Figure 2. Commutation sequence in six-step inverter

Table 2. Status of inverter transistors, energized phase windings and PWM mode transistors in twelve-step inverter

Step	Status of inverter transistors						Energized phase windings	Transistors operating in PWM mode
	T2	T5	T6	T3	T4	T1		
1	Off	On	On	Off	Off	On	A+, C+, B-	T6
2	FREE	FREE	On	Off	Off	On	A+, B-	T6
3	On	Off	On	Off	Off	On	A+,B-, C-	T1
4	On	Off	FREE	FREE	Off	On	A+, C-	T1
5	On	Off	Off	On	Off	On	A+, B+, C-	T2
6	On	Off	Off	On	FREE	FREE	B+, C-	T2
7	On	Off	Off	On	On	Off	A-, B+, C-	T3
8	FREE	FREE	Off	On	On	Off	A-, B+	T3
9	Off	On	Off	On	On	Off	A-, B+, C+	T4
10	Off	On	FREE	FREE	On	Off	A-, C+	T4
11	Off	On	On	Off	On	Off	A-, B-, C+	T5
12	Off	On	On	Off	FREE	FREE	B-, C+	T5

In twelve-step inverter, from Table 2, while three transistors are on conduction mode in the first step (T1, T6 and T5) and A-phase and C-phase are connected to positive terminal of DC power source but B-phase is connected to negative terminal of DC power source. In this step, since the sum of the currents coming from the phases A and C pass over the B phase, so T6 transistor should run on PWM mode. T1 and T5 transistors are kept full conduction mode in this step. Since each step is 30 degrees, each transistor is on PWM mode during 60 electrical degrees during a period. In step 2, A-phase winding is connected positive terminal of DC power supply B-phase winding is connected to negative terminal of DC power supply. In this step T6 transistor is still PWM mode. In the third step, the polarity of phases A and B remain the same while the polarity of phase C is changed. The polarity of phase C is changed from first step to third step.

In this step, PWM transistor is changed, now T1 transistor is on PWM mode. In the fourth step, the polarity of phases A and C remain the same, the current of phase B is cut. In the fifth step, the direction of B phase current is changed. Transistor T1 is on PWM mode in the third and fourth step. In the fifth step, A-phase and C-phase remain the same, the current direction of B-phase is changed and transistor T2 runs on PWM mode. So, three-phase windings are used generating torque and velocity in twelve step inverter and BLDC motor shows better performance. Twelve-step control scheme, the inverter operation continues in this way. In this mode inverter, independent PWM control scheme is used in order to reduce switching losses. In Table 2, each transistor is conduction mode during five steps which is equal 150 electrical degrees. But each transistor is on PWM mode during two steps (60 electrical degrees) and each transistor operates in full mode in the remaining 90 degrees. To ensure this mode of operation, a circuit has been designed to produce required gate signals as shown in Figure 4 (a) and (b). In this gate signal generating circuit, two gate signals are generated for one transistor. These two gate signals are combined in an OR gate. In Table 2, transistor T1 is on conduction mode (full mode) in step 1 and step 2, this time full mode output of commutation logic circuitry is active for step 1 and step 2. In the same time the PWM output of commutation logic circuitry is inactive and 4066 bilateral switch is open. So, transistor T1 is full conduction mode. Third and fourth steps, transistor T1 runs PWM mode this time the PWM output of commutation logic circuitry is active and 4066 bilateral switch is closed and the PWM signal is connected to OR gate but this time full mode output of commutation logic circuitry is inactive for step 3 and step 4. Thus, transistor T1 runs PWM mode on steps 3 and 4. When the fifth step is reached, full mode output of commutation logic circuitry is active and the PWM output of commutation logic circuitry is inactive and 4066 bilateral switch returns to open state. Thus, transistor T1 is runs full conduction mode for 30 electrical degrees.

At the end of the fifth step, transistor T1 is completed five steps and 150 degrees. After transistor T1 is completed five steps, it keeps off state during five steps and it is free mode in steps 6 and 12. Other transistors in inverter run the same way. Thus, on each step, one transistor runs PWM mode and for PWM operation only one transistor is employed. Thus, each transistor in the inverter is operated in PWM mode for 60 degrees and a flexible 12-step PWM controlled drive is obtained. On the other hand, since one transistor is used in each step for PWM, the switching losses are minimized.

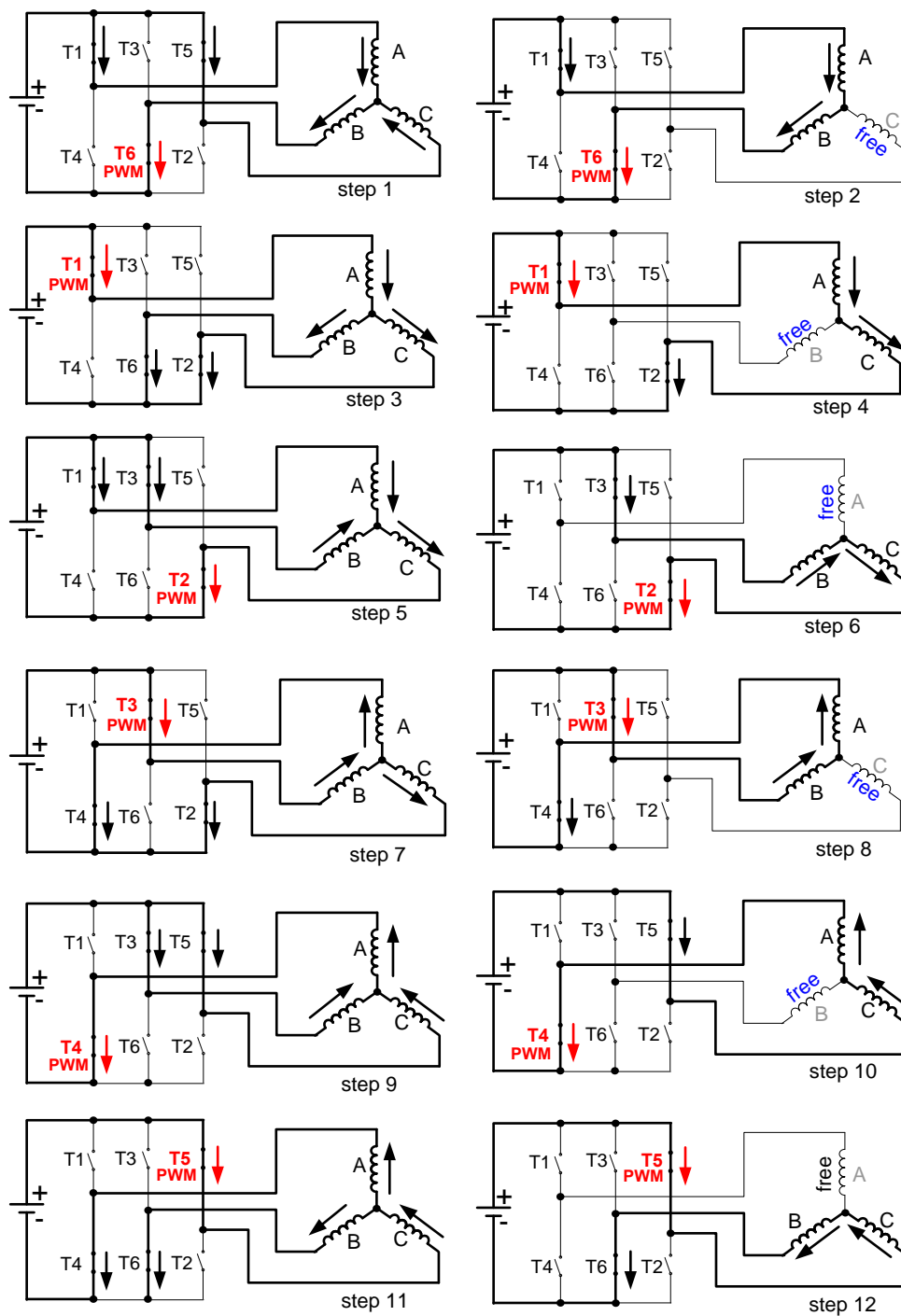
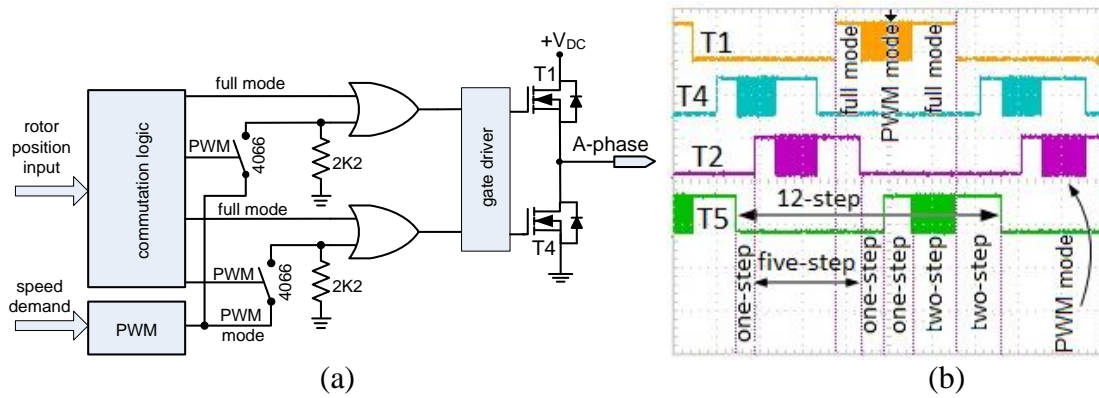


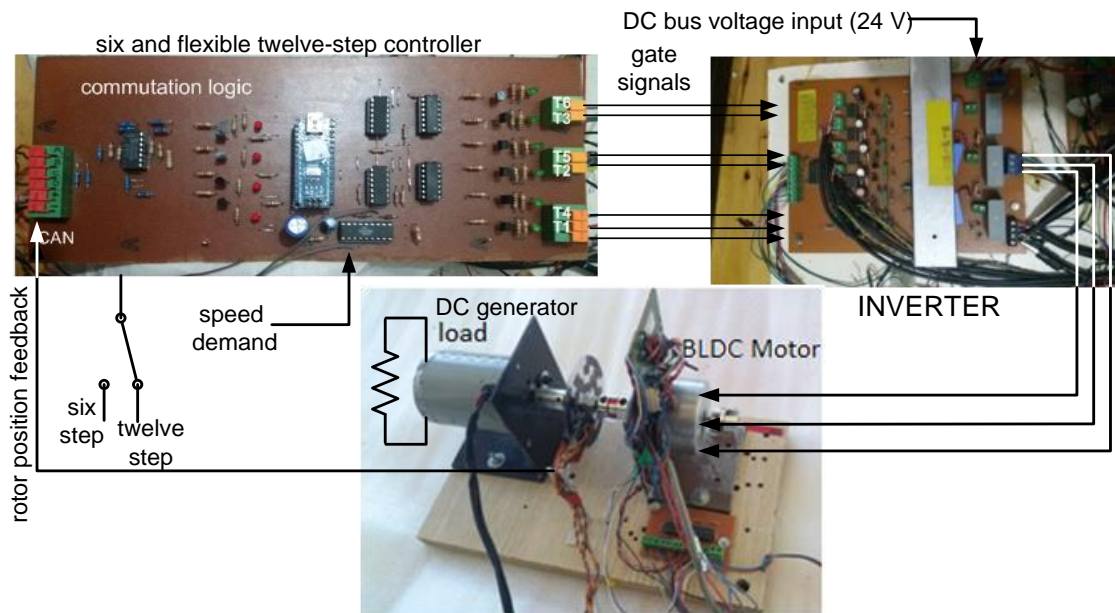
Figure 3. Status of transistors and energized of phase windings in twelve-step inverter

### Experimental procedure

In addition to designed and manufactured six-step and twelve-step PWM controlled inverter, it is also a BLDC motor experimental setup up has been manufactured for this experimental study (Figure 5). Thus, the effect of both six-step and twelve-step PWM controlled inverter on the performance of BLDC motor has been tested. BLDC motor has been run PWM controlled six-step and twelve-step step inverters. PWM frequency is set up 20 kHz and one period is 50  $\mu$ s.



**Figure 4.** Generating one phase transistors gate signals in proposed twelve-step inverter (a), structure of gate signals of A and B phases transistors (b)



**Figure 5.** Purposed twelve-step inverter and experimental setup

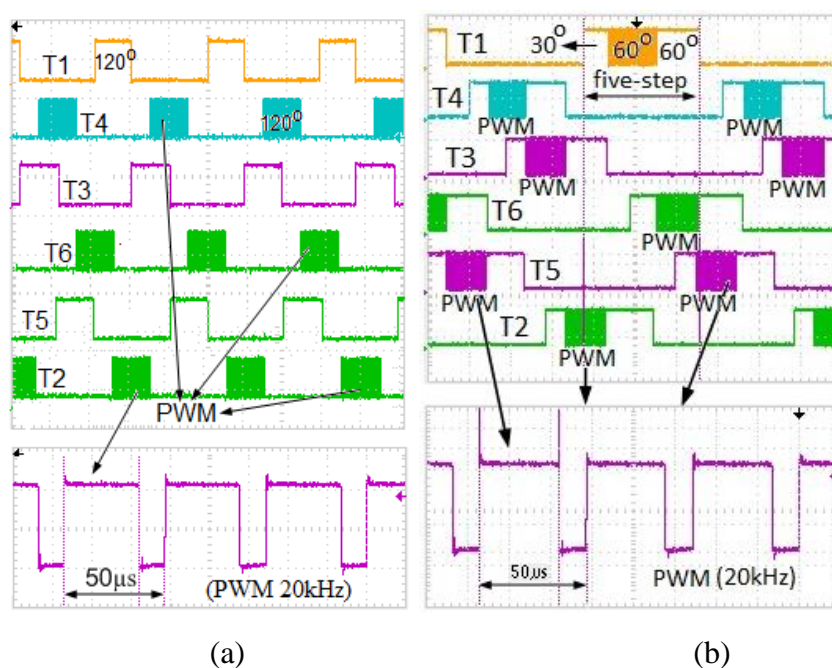
Duty cycle of PWM is set up to 21  $\mu$ s, 32  $\mu$ s and 40  $\mu$ s for both six-step and twelve-step inverters. BLDC motor has been run for these duty cycles of PWM and motor performance is examined. During experiments motor load is kept constant. A permanent magnet DC generator is used as a BLDC motor load and 2.6  $\Omega$  resistive load is connected to DC generator as generator load. While motor speed, motor current and phase voltage have been measured but motor power and torque have been calculated using motor speed, phase current and back electromotive force (EMF). Thus, the effect of both six and twelve-step PWM controlled inverter on the BLDC motor performance can be brought into the open.

**Table 3.** BLDC Motor Parameters

Brand	Rated Voltage (V)	Rated torque (mNm)	Rated speed (rpm)	Rated current (A)	Back EMF constant (V/krpm)
Shinano Kenshi	24	160	1800	2.1	2.54

## RESULTS AND DISCUSSION

Six-step and twelve-step PWM current controlled voltage controlled inverter (VSI's) have been run and tested. It was checked whether both inverters work as in theory. It is clearly seen in Figure 6(a) that independent PWM mode works perfectly for six-step inverter. In six-step independent PWM voltage controlled inverter, each transistor is conduction mode during two-step (120-degree). In independent mode, transistor T1 which is connected to positive terminal of DC power supply works full conduction mode. For negative pulse of motor current, transistor T4 is conduction mode for full time (120-degree). In Figure 6(b), the gate signals of switching transistors in twelve-step inverter are shown. In Figure 6(b), it is seen that gate signals are observed to be in perfect accordance with the Table 2. As it is shown in Figure 6(b), each transistor is on full conduction mode the first 30-degree (one step) then each transistor runs on PWM mode during 60-degree (two-step), after transistor working on PWM mode, the transistor returns to full conduction mode for 60-degree (two-step). So one transistor is on conduction mode during five steps, two steps of these are PWM mode and other three modes are full conduction mode. From the tests as shown in Figure 6(b), it is clearly seen the PWM controlled 12-step inverter intended for this study has been found to work perfectly. BLDC motor has been run under the same load by employing six and twelve-step inverter by adjusting PWM duty cycle various times.



**Figure 6.** PWM waveforms; (a) six-step, (b) purposed twelve-step inverter

These duty cycles are 21  $\mu$ s, 32  $\mu$ s, and 40  $\mu$ s. So, the effects of both inverters on BLDC motor performance have been easily found out. Table 4 shows that power, torque and speed response of BLDC motor according to five different duty cycles. As seen from Table 4, When BLDC motor works in twelve-step inverter, BLDC motor generates more speed, power and torque than that of working on six-step inverter under same load and for the same duty cycle. It is clearly seen that from the Table 4, while duty cycle is 21  $\mu$ s, The BLDC motor generates 122 mNm torque in six-step inverter and BLDC motor generates 174 mNm for the same duty cycle in twelve-step inverter, it is also seen from Table 4 for the 21  $\mu$ s, BLDC motor generates 42% more torque while working on twelve-step inverter than



that of six-step one. In other duty cycles, the BLDC motor has also produced more power, speed and torque in proposed flexible PWM controlled 12-step inverter than that of six-step one. When the BLDC motor has been run for various duty cycles on six and twelve-step inverters, power and torque generated by the BLDC motor has been calculated following expressions respectively (Ozgenel, 2018);

$$P_{shaft} = E_a \cdot I_a + E_b \cdot I_b + E_c \cdot I_c \quad (6)$$

$$T_e = \frac{P_{shaft}}{\omega_r} = \frac{E_a \cdot I_a + E_b \cdot I_b + E_c \cdot I_c}{\omega_r} \quad (7)$$

Where  $E_x$  is the back electromotive force of the corresponding phase in Volt,  $I_x$  is the relevant phase current in Ampere and  $\omega_r$  is the angular velocity in rad/s.

The following equation has been used to determine the effects of the six and proposed 12-step PWM controlled inverter on the torque generated by the BLDC motor (Ozgenel, 2018);

$$\Delta T_e = \frac{T_{e(12)} - T_{e(6)}}{T_{e(6)}} \quad (8)$$

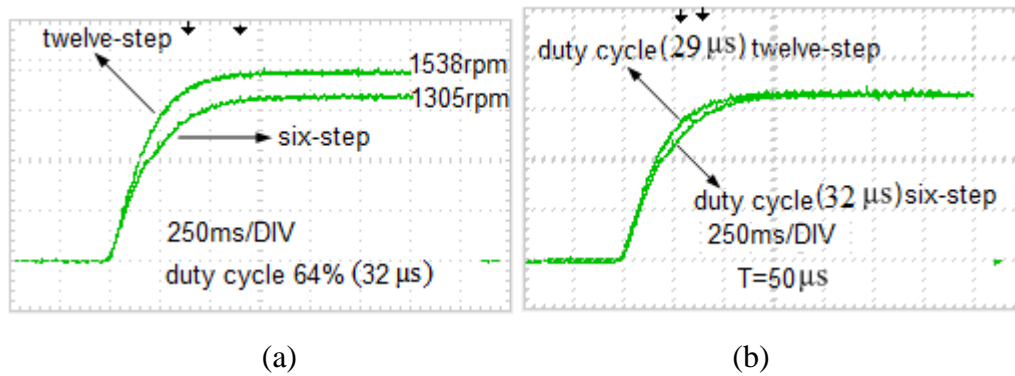
Where  $T_{e(12)}$  and  $T_{e(6)}$  are the torques that are generated by BLDC motor when working on 12 and 6-step PWM controlled inverter in Nm and  $\Delta T$  is the ratio of the effect of the 12-step inverter and the 6-step inverter on the motor torque.

**Table 4.** Performance of BLDC motor working on six and proposed twelve-step inverter according to various duty cycles

Duty cycle ( $\mu$ s)	Six-step inverter				Twelve-step inverter				$\Delta T$ %
	Phase current (A)	Speed (rpm)	Shaft Power (W)	Torque (mNm)	Phase current (A)	Speed (rpm)	Shaft Power (W)	Torque (mNm)	
21	1.5	826	10.63	122	1.96	970.8	17.72	174	42
32	2.19	1234	22	170	2.68	1470	32.54	211	24
40	2.67	1515	32.7	206	3.14	1724	44.19	244	18

BLDC motor has been run on both six and twelve-step PWM controlled inverters and motor speed and motor phase current measured then motor power and motor torque have been calculated by yielding equations (6) and (7). After motor torque and power have been calculated, the effect of both six and twelve-step inverters on motor torque is calculated using equation (8). These values are given in Table 4. In this study, BLDC motor dynamic performance is also tested for both inverters. Figure 7(a) shows that speed response of BLDC motor according to two inverter schemes. When BLDC motor starts up with six-step inverter, the rotor speed reaches 1305 rpm within 750 milliseconds while duty cycle is 64% (32  $\mu$ s). Although the duty cycle remains the same in 32 microseconds, BLDC motor speed reaches 1538 rpm in the same time (750 milliseconds) when BLDC motor runs with 12-step inverter (Figure 7(a)). Thus, Figure 7(a) shows that BLDC motor running with 12-step inverter speed response is faster than that of six-step.

In Figure 7(b) duty cycle is reduced from 32  $\mu$ s to 29  $\mu$ s in order to obtain the same speed response. It is obviously seen from Figure 7(b) that BLDC motor working with 12-step inverter gives the same speed response less duty cycle time (29  $\mu$ s). Figure 7 proves that the proposed 12-step scheme gives BLDC motor better dynamic response. Inverter phase voltages have been also calculated and measured in order to examine the performance of generating phase voltage of proposed 12-step inverter.

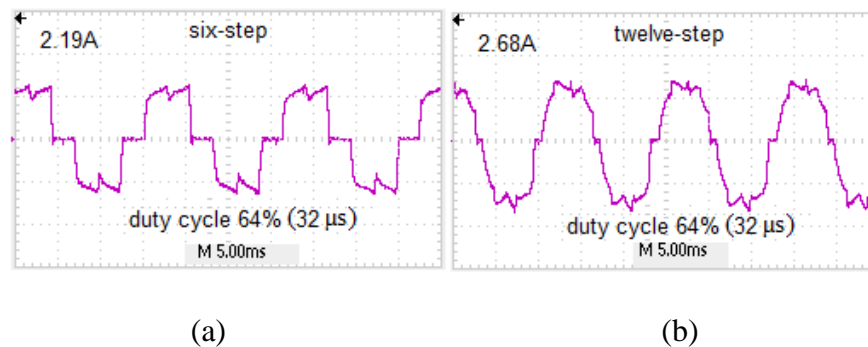


**Figure 7.** Start up of BLDC motor when duty cycle 64% ( $32 \mu\text{s}$ ) for both inverters (a), reducing the duty cycle from  $32 \mu\text{s}$  to  $29 \mu\text{s}$  to obtain the same dynamic performance in 12-step inverter (b)

**Table 5.** Phase voltages according to duty cycles for both inverters

DC bus Voltage (V)	Duty cycle (5)	Transistor conduction time ( $\mu\text{s}$ )	Phase voltages(V)			
			Six-step inverter		Twelve-step inverter	
			calculated	measured	calculated	measured
24	42	21	4.02	4.05	4.43	4.33
24	64	32	6.14	5.85	6.75	6.63
24	80	40	7.68	7.27	8.44	8.35

Table 5 shows that proposed flexible PWM 12-step inverter produces phase voltage in accordance with the equation (5). Calculated phase voltages and measured phase voltages are very close to each other. The BLDC motor phase currents are also recorded.



**Figure 8.** Phase currents of BLDC motor on both six and proposed 12-step drivers

Figure 8 shows that one phase currents when the duty cycle is  $32 \mu\text{s}$ . In Figure 8(a) while BLDC motor phase current is a typical six-step inverter phase current, 12-step inverter phase current is closely sinusoidal current. Sinusoidal phase current ensures to BLDC motor some advantages such as smooth operation, less torque ripple, fewer harmonic (Mahsewari et al., 2015). PWM frequency 20 kHz has been selected in this study since many inverter pre-driver chip producers use 20 kHz PWM frequency. Thus one period is  $50 \mu\text{s}$ .

## CONCLUSIONS

Proposed flexible PWM controlled 12-step voltage source inverter intended for this study has been found to work perfectly as it is seen from Figure 6(b). It is seen that Figure 6(b) is fully compatible with the Table 2. This experimental study shows that BLDC motor gives satisfactorily dynamic response when BLDC motor employing on purposed twelve-step flexible PWM controlled

inverter as it is shown in Table 4 and Figure 7. In Table 4, when duty cycle is 21 microseconds, the BLDC motor running in twelve-step inverter has generated more 42% torque than that of running in six-step inverter. For each duty cycle, BLDC motor has generated more torque, power and speed. As duty cycle increases, the difference between the torques decreases. When duty cycle is 40 microsecond, the difference between of torques becomes 18%. When duty cycle is 32 microseconds, in this time, phase current is 2.68 A in 12-step inverter, the difference between of torques is 24%. The proposed flexible 12-step inverter allows the BLDC motor to generate more torque, power and speed. Figure 7 shows that BLDC motor reaches to 1538 rpm when it runs with proposed inverter but it reaches to 1305 rpm within the same time (750 ms). Thus the BLDC motor running with proposed inverter shows fast dynamic response. Furthermore, the proposed inverter controller provides that the BLDC motor phase currents are very close to sinusoidal current. Sinusoidal phase currents have some advantages such as silent operation of the motor, less torque fluctuation and harmonics. BLDC motor speed control is done easily by proposed flexible 12-step inverter. Due to fact that proposed flexible twelve-step inverter provides the BLDC motor generating more torque, more power and fast dynamic response, 12-step PWM controlled inverter can be used in required high performance applications such as robotic, industrial automation applications, medical surgery, office machines, aerospace applications, drones, solar irrigation systems and portable devices.

## REFERENCES

- Ahmed MA, 2015. Brushless DC Motor Speed Control Using both PI Controller and Fuzzy PI Controller. *International Journal of Computer Applications*, 109 (10): 29-35.
- Babaei E, Mahaei M, 2011. Improving Output Voltage of the Three Phase Six-Switch Inverters. *Telkomnika*, 9 (3): 497-502.
- Bolloju V, 2007. PWM Control Methods Increases Efficiency, Reliability and Extend Battery Lifetime. Motion Application Center. International Rectifier, Bodo's Power Systems.
- Breji M, Princ M, Sustek P, 2006. BLDC Motor with Hall Sensors and Speed Closed Loop, Driven by eTPU an MPC5554. Application Note, Freescale Semiconductor, AN3006, Rev. 1, 05/2006., Inc.: 1-41.
- Chen Hung-Chi, Huang Chih-Kai, Tsai Tzu-Yang, 2009. BDCM Sensorless Control for Twelve-Step Square-Wave PWM. *International Conference on Power Electronics and Drive Systems (PEDS)*, 2-5 Nov. 2009, Taipei.
- Maheswari MH, Gohil MV, Tahilramani M, 2015. Implementation of three phase 12-step VSI with harmonics reduction. *International Journal of Advance Engineering and Research Development (IJAERD)* 3: 1-6.
- Mangroliya DG, Rupapara VJ, Akabari RP, Vaghela NM, 2013. An advanced three phase VSI with 150° conduction mode using PIC 16F72. *Journal of information, knowledge and research in electrical engineering*. 2 (2): 352-357.
- Ohm DY, Oleksuk RJ, 2002. Influence of PWM Schemes and Commutation Methods for DC and Brushless Motors and Drives. Drivotech, Inc. Northrop Grumman Poly-Scientific: 1-9.
- ON Semiconductor Corp., 2006. SG3526 Pulse Width Modulation Control Circuit July 2006 Rev.4. Datasheet: 1-9.
- Ozgenel MC, 2017. Design, implementation, and application of 150-degree commutation VSI to improve speed range of sensed BLDC motor. *Review of Scientific Instruments* 88: 095007-1-095007-8, doi: 10.1063/1.4997613.

- Ozgenel MC, 2018. Increasing power and torque capability of brushless direct current motor by employing 150-degree conduction mode controlled three-phase voltage source inverter. *Review of Scientific Instruments* 89: 085002-1-085002-9. doi: 10.1063/1.5033957.
- Pindoriya RM, Rajendran S, Priyesh C, 2014. Speed Control of BLDC Motor Using PWM Technique. *International Journal of Advance Engineering and Research Development (IJAERED) ETCEE*. 1-6.
- Promthong S, Konghirun M, 2013. Sensorless control of BLDC motor drive with 150° conducting mode to minimize torque ripple. *International Conference on Electrical Machine and Systems, Oct, 26-29, (ICEMS) Busan, Korea*.
- Saied MH, Mostafa MZ, Abdel-Moneim TM, Yousef H. A, 2006. On three-phase six-switch voltage source inverter: A150° conduction mode. In *IEEE ISIE* (IEEE, Montr'eal, Qu'ebec, Canada).
- Shah A, Mangroliya D, and Vaghela N, 2013. Simulation and Analysis of an Advanced 150° Conduction Mode for Three Phase Voltage Source Inverter. *ACEEE, Proc. Of. Int. Conf. on Emerging Trends in Engineering and Technology*.
- ST Microelectronics, 2006. Low cost sinusoidal control of BLDC motors with Hall sensors using ST7FMC, AN2373 Application note: 1–13.
- Varghese AJ, Roy R, Thirunavukkarasu S, 2014. Optimized Sped Control for BLDC Motor. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 3 (1).

## Akıllı Şebekelerde İletişim Altyapısı ve Siber Güvenlik

Muhammed Zekeriya GÜNDÜZ<sup>1\*</sup>, Resul DAŞ<sup>2</sup>

**ÖZET:** Akıllı şebekeler, mevcut elektrik şebekelerinin bilgi iletişim teknolojileri ile donatılmış yeni nesil güç sistemlerine dönüştürülmesidir. Gelişmiş bilgi iletişim teknolojilerinin ve yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin bir şekilde mevcut elektrik şebekelerine entegre edilmesi geleceğin güç sistemlerinin verimlilik ve etkinliğini artıracaktır. Siber-fiziksel bir sistem olan akıllı şebekeler sağladıkları olanakların yanı sıra siber güvenlik ile ilgili ciddi sorunları da beraberinde getirmektedirler. Bu sorunları engellemek, tespit etmek ve sistemi bunlara karşı korumak için iletişim altyapısının verimli, güvenilir, güvenli ve etkin bir şekilde tasarlanması gerekmektedir. Bu çalışmada akıllı şebeke iletişim altyapısındaki siber güvenlik gereklilikleri, ağ zafiyetleri, güvenli iletişim mimarileri ve protokolleri ile siber saldırıların engellenmesi konuları ele alınmıştır. Ayrıca, akıllı şebekelerde öne çıkan siber güvenlik zafiyetlerinin ve çözümlerinin derinlemesine anlaşılması sağlanarak, konu ile alakalı gelecekte yapılacak çalışmalara yol gösterilmesi amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Siber fiziksel sistem, Akıllı şebekeler, Siber güvenlik, İletişim altyapısı

## Communication Infrastructure and Cyber-Security in Smart Grids

**ABSTRACT:** Smart grids are the evolution of existing electricity grids into the new power systems equipped with information-communication technologies. The integration of advanced information-communication technologies and renewable energy sources into the existing electricity networks will increase the efficiency and qualification of future power systems. Smart grids are cyber-physical systems. Commonly, cyber-physical systems come with some cyber-security issues as well as the opportunities they provide. The communication infrastructure has to be designed efficiently, reliably, securely and effectively to protect the systems and to prevent and detect these security issues. In this context, cyber-security requirements, network vulnerabilities, secure communication architectures and protocols, and the prevention of cyber-attacks in smart grid networks are discussed in the study. Moreover, it is aimed to give a roadmap in smart grid network security for future studies by providing an in-depth understanding of cyber-security vulnerabilities and solutions.

**Keywords:** Cyber-physical system, Smart grid, Cyber security, Communication infrastructure

<sup>1</sup> Muhammed Zekeriya GÜNDÜZ (Orcid ID: 0000-0003-4278-7123), Bingöl Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Bingöl, Türkiye

<sup>2</sup> Resul DAŞ (Orcid ID: 0000-0002-6113-4649), Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Yazılım Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Muhammed Zekeriya GÜNDÜZ, e-mail: mzgunduz@bingol.edu.tr



## GİRİŞ

Endüstriyel ve sosyal alandaki gelişmeler enerjiye olan ihtiyacı artırmaktadır. Mevcut güç sistemlerinin kapasite yetersizliği, farklı yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretiminde kullanılması, elektrik ihtiyacının artması gibi sebepler geleneksel elektrik şebekelerinin gelişmiş bilgi iletişim teknolojileri ile güçlendirilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır (Ahmed ve ark., 2019). Ayrıca geleneksel elektrik şebekelerinde kömür, petrol gibi fosil yakıt kaynakları ile rüzgâr, su ve güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynakları dâhil birçok farklı enerji kaynağının etkin yönetiminin sağlanması önemli bir sorundur (Colak ve ark., 2016). Bu eksikliklerin akıllı şebeke sistemleri ile giderilmesi için önde gelen kuruluşlar tarafından ortak projeler ve çalışmalar yapılmaktadır. Özellikle, bünyesinde birçok resmi ve özel kuruluşu barındıran National Institute of Standards and Technology (NIST) tarafından yayınlanan kapsamlı çalışmalar dünya genelinde akıllı şebekelerde standartlaşmanın sağlanmasında önemli katkılar sağlamaktadır (NIST, 2014).

Akıllı şebekeler yüksek bant genişliği, çift yönlü iletişim ve interaktif enerji yönetimine olanak sağlayan “akıllı ölçüm” olarak da adlandırılan AMI (Advanced Metering Infrastructure) sistemlerine sahip olacak şekilde tasarlanırlar. Bu durum sağlam bir iletişim altyapısını gerektirir (Usman ve Shami, 2013). Ancak bilgi iletişim teknolojilerine bağımlı ve karmaşık bir yapıda olan bu sistemler, iletişim ve ağ sistemleri ile ilgili olası güvenlik zafiyetlerini de beraberinde getirmektedirler. Saldırganlar tarafından sisteme zarar verme veya veri hırsızlığı amacıyla kullanılacak bu olası zafiyetler, müşteri bilgilerinin çalınmasından, sistemin tamamen çökmesine kadar büyük sorunlara sebep olabilirler. Ayrıca konunun öneminin daha iyi kavranması açısından yakın geçmişte siber-fiziksel sistemlere yapılan birçok saldırı olduğu da bilinmelidir (Eder-Neuhauser ve ark., 2017; Gündüz ve Daş, 2020).

Akıllı şebeke iletişim ağları siber güvenlik gerekliliklerini sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Güvenlik zafiyetlerinin ve siber güvenlik tehditlerinin doğru tanımlanması siber saldırılara karşı etkin önlemlerin alınmasına olanak sağlar. Erişilebilirlik, bütünlük ve gizlilik siber güvenliğin sağlanması açısından temel güvenlik gereklilikleridir. Bu bağlamda; çalışmada akıllı şebeke veri iletim ağlarında kritik öneme sahip siber güvenlik amaçları ve gereklilikleri sunulmuştur. Ayrıca, akıllı şebekelerde güvenli iletişimin sağlanması için temel güvenlik gerekliliklerini ihlal eden atakların analizi, mevcut siber güvenlik çözümlerinin değerlendirilmesi ve güvenli ağ protokolü mimarisi tasarımına yönelik siber güvenlik merkezli bir bakış açısı oluşturulması amaçlanmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde akıllı şebekelerde iletişim ağ mimarisi sunulmuştur. Üçüncü bölümde siber güvenliğin amaçları ve gereksinimleri belirtilmiştir. Dördüncü bölümde akıllı şebeke iletişim ağına yönelik saldırılar ve önlemler değerlendirilmiştir. Tartışma ve sonuç beşinci bölümde yapılmıştır.

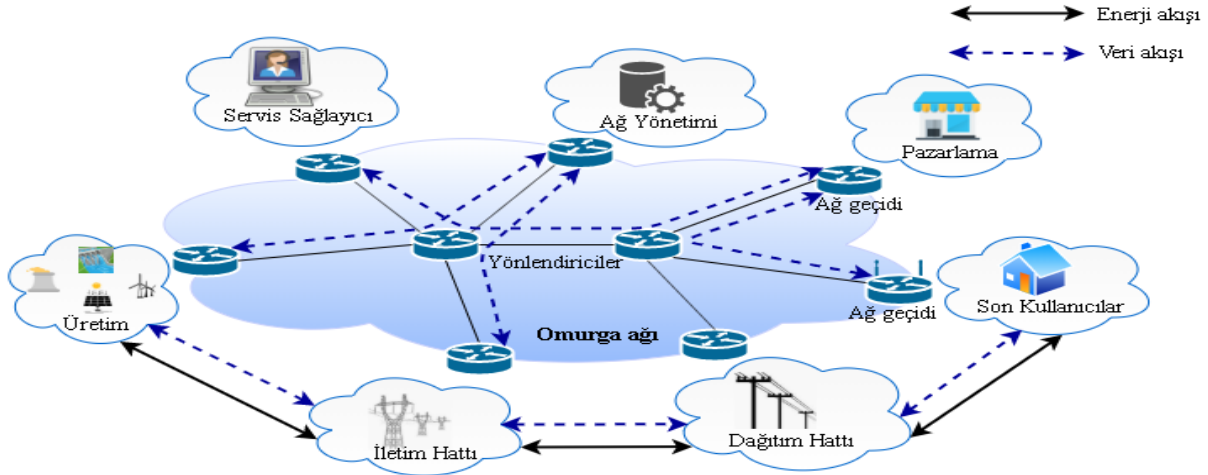
### Akıllı Şebekelerde İletişim Ağ Mimarisi

Bu bölümde akıllı şebeke iletişim ağ mimarisinde yaygın olarak kullanılan iletişim teknolojileri ve protokollerinin temelleri sunulmuştur.

### Ağ altyapısı temelleri

Bilgi iletişim teknolojilerinin entegre edildiği güç şebekeleri oldukça karmaşık yapıya sahip olan siber-fiziksel sistemlerdir. Bu karmaşıklığı minimize etmek için NIST tarafından akıllı şebeke kavramsal modeli önerilmiştir (NIST, 2014). Buna göre bir akıllı şebeke sisteminde; üretim, iletim, dağıtım, son kullanıcı, pazarlama, servis sağlayıcı ve ağ yönetimi olmak üzere 7 tane mantıksal alan vardır. İlk dört alan çift yönlü veri ve güç akışına sahiptir. Diğerleri ise akıllı şebekede verinin toplanması ve güç

yönetiminin sağlanması ile ilgilidir. Bu alanların haberleşmesi için iletişim ağı, Şekil 1’de gösterildiği gibi dağıtık ve hiyerarşik bir yapıda oluşturulmalıdır (Wang ve Lu, 2013).



Şekil 1. Akıllı şebeke ağ mimarisi

Şekil 1’deki omurga ağı mantıksal alanlar arası haberleşme için kullanılan altyapıyı göstermektedir. Altyapıda bulunan ağ geçidi cihazları alanların iletişim altyapısına bağlanmasını sağlar iken yüksek bant genişliğine sahip yönlendirici cihazları ise mesajların alanlar arasında yönlendirilmesini sağlamaktadır. Alanlar arasındaki kablolu haberleşme genellikle omurga altyapısında bulunan ve yüksek bant genişliğine sahip fiber optik kablolar ile sağlanır (Lopez ve ark., 2015).

Her bir alan bir yerel alan ağı (Local Area Network-LAN) olarak değerlendirilebilir. LAN ağları barındırdıkları ağ cihazları sayesinde alan içindeki iletişimi sağlarlar. Alan içindeki haberleşme genellikle sınırlı bant genişliğine ve işlem yeteneğine sahip olan akıllı sayaçlar, sensörler ve akıllı elektronik cihazlardan oluşan amaca özel olarak oluşturulan ad-hoc ağlar şeklindedir. Ad-hoc ağlar, herhangi bir kablosuz erişim noktasına ihtiyaç duymadan veri aktarımının sağlandığı ağlar olarak tanımlanabilmektedir. Bu ad-hoc ağlar genellikle sensör ağlar, hüresel ağlar, bilişsel radyo ağları gibi kablosuz iletişim teknolojilerini kullanırlar (Bedi ve ark., 2018). Akıllı şebekelerde kablosuz iletişimin kullanılması mobilitenin sağlanması, altyapı maliyetlerinin azaltılması, karmaşıklığın azaltılması gibi birçok avantaj sağlar. Bu yüzden akıllı şebekeler için yeni kablosuz iletişim cihazları ve protokollerinin geliştirilmesi teşvik edilmektedir (Wang ve Lu, 2013).

Örneğin AMI sistemlerinde bulunan ev alan ağı (Home Area Network-HAN) cihazları ve akıllı sayaç gibi uygulamalar için zigbee protokolü ile çalışan cihazların kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bu yüzden, geleneksel elektrik şebekeleri ile karşılaştırıldığında akıllı şebekelerin geniş ölçekli, dağıtık ve hiyerarşik olan iletişim altyapısının, özellikle kablosuz ağ teknolojileri sayesinde geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Böylesine karmaşık bir sistemde güvenli ve güvenilir bir şekilde işlemlerin gerçekleştirilmesi için kendine özgü niteliklere sahip kapsamlı güvenlik mimarilerinin oluşturulması gerekir (Tan ve ark., 2017). İletişim altyapı mimarileri ilk oluşturuldukları zamanlarda güvenlik öne çıkan bir konu değildi. Verinin eksiksiz ve zamanında iletiminin sağlanması en önemli problemdi. Ayrıca, ağ sistemlerine yönelik siber saldırılar mevcut bile değildi. Ancak, günümüzde sistemlerin siber güvenliğine zarar verecek birçok saldırı türü mevcuttur. Dolayısıyla, güvenlik gereksinimleri ağ mimarisinin içinde katmanlara özel ve dağıtık bir şekilde gerçekleştirilmelidir. Akıllı şebeke iletişim ağları genellikle dört katmanlı olarak tasarlanırlar. Bu katmanlar yukarıdan-aşağıya sırası ile uygulama, ağ/taşıma, MAC, ve fiziksel katman şeklindedir (Wang ve Lu, 2013).

## İletişim ağları ve protokolleri

Akıllı şebeke iletişim ağları karmaşıklık ve hiyerarşik yapı bakımından internete benzerdir. Fakat bu iki karmaşık sistem arasında bazı temel farklılıklar vardır. İnternetin temel fonksiyonu kullanıcılar için sanal gezinti, veri indirme gibi servisler sağlamaktır. İnternet mimarisi tasarımında yüksek bant genişliği ve bunun kullanıcılar arasında adil bir şekilde dağıtılması oldukça önemlidir. Akıllı şebeke iletişim altyapısında ise sistemin güvenilir bir şekilde çalışmasının garanti edilmesi, güvenlik, gerçek zamanlı olarak veri gönderiminin sağlanması ve gerçek zamanlı/zamansız şekilde sistemin gözlemlenebilmesi ve yönetilmesi oldukça önemlidir. Ayrıca akıllı şebekelerde veri iletiminde gecikmenin olmaması, bant genişliğine dayalı yapılan iş çıktısından daha önemlidir. Akıllı şebeke uygulamalarında zaman kaybı yaşamaması gereken veri paketleri uygulama katmanından doğrudan MAC katmanına geçirilebilir. Bu durum, akıllı şebeke iletişim ağlarındaki performans ölçütleri, veri trafiği modeli, zamanlama gereklilikleri, iletişim modeli ve protokol gruplarının internet ağından farklı olduğunu gösterir (Wang ve Lu, 2013).

Akıllı şebeke ağlarında veri trafik akışının büyük bir kısmı periyodiktir. Bu durum HAN ağlarında belli aralıklarla akıllı sayaç okumalarının sağlanması, alt güç merkezlerinden ham verilerin örneklenmesi gibi işlemlerin verimli bir şekilde yapılabilmesi için gereklidir. İnternette ise periyodiklik genellikle söz konusu olmadığından bu iki sistemin veri trafiği modelleri farklıdır.

İnternette noktadan-noktaya iletişim modeli prensibi esastır. Geleneksel güç sistemlerinde en yaygın kullanılan iletişim modeli, elektronik cihazların durumlarını merkeze bildirdikleri tek yönlü iletişimidir. Akıllı şebekede ise merkezden-cihaza ve cihazdan-merkeze olacak şekilde iki yönlü iletişim prensibi vardır. Akıllı şebekelerde, noktadan-noktaya iletişim de desteklenmektedir. Ancak bunun kullanımı güvenlik endişelerinden dolayı sınırlıdır.

İnternet, IPv4 ve IPv6 protokollerini esas alır iken akıllı şebekelerde sadece IPv6 protokolü ağ/taşıma katmanı protokolü olarak kullanılır. Ancak akıllı şebekelerde ağın ihtiyaç ve fonksiyonlarına bağlı olarak Ipv6 den başka protokol takımları da kullanılabilir. Örneğin, ATM anahtarlama diğer adıyla hızlı paket anahtarlama, zaman kritik mesajların teslim edilmesinde hizmet kalitesi garantisi sağladığı için tercih edilebilir. Sonuç olarak, akıllı şebeke uygulamaları heterojen protokol yığınları içerirler. Mevcut iletişim protokollerinin bu farklılıklardan dolayı bazı güvenlik zafiyetleri olabilir, bu yüzden otomasyon ve iletişim ağları için daha güvenli standartlar geliştirilmelidir.

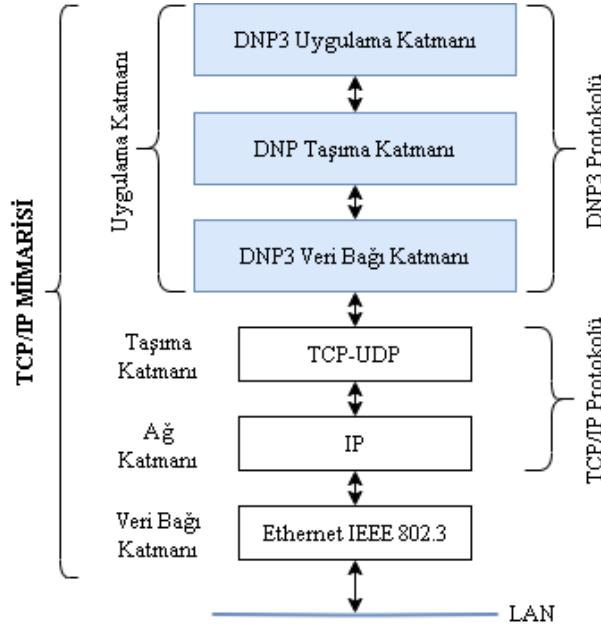
İnternet üzerinde, çoğu IP trafiği en iyi erişimi gerektirir. En iyi erişim, bağlantının devamlılığının sağlanmasını gerektirir. İnternet ağları, gecikmeye duyarlı trafik, ses ve multimedya servislerini desteklemek için 100-150 milisaniyelik gecikme gereksinimlerine sahiptir (Wang ve Lu, 2013). Bununla birlikte, akıllı şebekeler milisaniyeden dakikalara kadar daha geniş bir gecikme gereksinimi yelpazesine sahiptirler (NIST, 2014). Örneğin, trafo merkezlerindeki kontrol mesajları 3 milisaniye gecikme sınırına sahiptirler. Bu nedenle, akıllı şebekeler mesaj iletimi konusunda İnternet'ten çok daha katı "zamanlama gereksinimi" gerektirir. Tablo 1, internet ve akıllı şebeke iletişim ağları arasındaki temel farklılıkları göstermektedir. Bu farklılıklar güç tesislerinin enerji yönetiminin verimli, sağlam ve güvenli veri dağıtımını sağlaması için akıllı şebeke iletişim ağlarının tasarımının kapsamlı bir şekilde gözden geçirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Güç sistemleri için iletişim protokolleri standart olacak şekilde geliştirilmeye devam etmektedir. DNP3 (Distributed Networking Protocol 3.0), IEC61850, Modbus, IEEE Std. C37.118 bu protokollerden bazılarıdır (Mrabet ve ark., 2018). DNP3, General Electric tarafından 1993 yılında geliştirilmiştir. TCP/IP tabanlı bir protokol olan DNP3 şu anda Kuzey Amerika güç sistemlerinde kullanılan yaygın bir standarttır. Elektrik, su, petrol, doğalgaz, güvenlik gibi alanların SCADA sistemlerinde yaygın

kullanılan bir protokoldür. DNP3 başlangıçta fiziksel, veri bağı, taşıma ve uygulama katmanı olmak üzere dört katmanlı tasarlanmış idi. Günümüzde ise yeni iletişim teknolojilerini ve noktadan noktaya iletişimi desteklemesi için TCP/IP protokolünün üzerine üç katmanlı olacak biçimde Şekil 2'de gösterildiği gibi yerleştirilmiştir.

**Tablo 1.** İnternet ve akıllı şebeke iletişim ağları arasındaki temel farklılıklar

Kriter	İnternet Ağları	Akıllı Şebeke İletişim Ağları
Performans	İşlem hacmi	Mesaj gecikmesi
Ağ trafiği	Bant genişliği	Periodik
Zamanlama gereksinimi	Gecikme duyarlı (100 ms)	Zaman açısından kritik (3 ms)
İletişim modeli	Uçtan uca iletişim	İki yönlü iletişim, Kısıtlı uçtan-uca iletişim
Protokol takımı	IPv4, IPv6	IPv6, Heterojen, Tescilli özel iletişim protokolleri



**Şekil 2.** Güncelleştirilmiş DNP3 protokolü

IEC 61850, koruma, kontrol, ölçüm ve izleme gibi tüm trafo fonksiyonlarının entegrasyonunu sağlayan uluslararası iletişim standardıdır. Ethernet temelli iletişimi sağlayan IEC 61850 protokolü alt-istasyon otomasyon sistemlerinde kullanılmak üzere International Electrotechnical Commission (IEC) tarafından geliştirilmiştir. IEC 61850'nin kendine ait olan TCP/IP ve UDP/IP'nin de dâhil olduğu protokol takımları vardır. IEC 61850, alt-istasyon merkezlerinde bilgi ve veri değişimi için zamanlama gereksinimlerini açıkça tanımlar. Örneğin zaman açısından kritik mesajlar doğrudan uygulama katmanından MAC katmanına geçirilebilir. IEC 61850, alt-istasyonların haberleşmesinde DNP3'ün yerini almayı amaçlamaktadır. Mevcut IEC 61850, bir alt-istasyon merkezi içinde sınırlıdır, ancak IEC 61850'nin gelecekteki enerji sistemlerinde dış alt-istasyon merkezi iletişimi için potansiyel olarak kullanılabilmesi için çalışmalar yapılmaktadır. IEEE Std. C37.118 protokolü ağırlıklı olarak WAN ağlarına uygulanırken, IEC61850 ise alt-istasyon otomasyonu için en iyi seçimdir (Rizzetti ve ark., 2015).

Seri haberleşme protokolü olan Modbus 1979 yılında Modicon tarafından PLC cihazlar için geliştirilmiştir. Modbus sunucu/istemci tabanlı bir protokol olup endüstri ortamında en çok kullanılan protokollerdendir. Kullanımının kolay olması ve herkes tarafından telif ücreti gerektirmeden kullanılabilmesi tercih edilmesinin en büyük sebepleri arasındadır (Rizzetti ve ark., 2015).

DNP3 ve IEC 61850 protokolleri ilk tasarlandıklarında sadece haberleşme özelliklerine odaklanılmış idi. Bu yüzden herhangi bir güvenlik mekanizmasına sahip değildiler. Veri paketlerinde saldırganlar tarafından yapılacak değişikliklere karşı bir önlem içermiyorlardı. Ancak, salt veri iletişimi günümüz SCADA kontrol sistemleri için yetersiz bir durumdur. Bu yüzden günümüzde akıllı şebekelerde güç, ağ ve güvenlik çalışmaları birlikte yapılarak güvenlik gereksinim ve amaçlarını da sağlayan protokollerin tasarlanması amaçlanmaktadır. Güç santrallerindeki RTU ve PLC bileşenleri genellikle iletişim amacıyla MODBUS veya DNP3 protokollerini kullanırlar. MODBUS protokolü yetkisiz girişlere karşı güvenlik sağlamaz. Bu yüzden IP bağlantısına sahip bir saldırgan, istenmeyen sistem çalışmasına yol açacak şekilde PLC veya RTU birimlerini bozabilir.

Mevcut siber güvenlik çözümleri, akıllı şebeke siber-fiziksel sistem güvenliği endişeleri için uygun veya verimli olmayabilir ve alana özgü yaklaşımlar ve çözümler gerektirir (Tong ve ark., 2016). Bu nedenle, akıllı şebekedeki siber güvenlik, DNP3.0, Modbus, IEEE Std. C37.118 ve IEC 61850 gibi özel iletişim protokollerini gerektirir. Akıllı şebekeye yönelik siber güvenlik konusundaki öncelikli araştırma alanları arasında gizlilik, bütünlük, erişilebilirlik, kimlik doğrulama ve güvenlik açığı değerlendirmesi bulunmaktadır.

### **Akıllı Şebekelerde Siber Güvenlik Amaçları Ve Gereksinimleri**

Akıllı şebeke iletişim altyapılarının siber güvenlik esaslarına göre tasarlanması için güvenlik amaç ve gereksinimlerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu bölümde akıllı şebekelerde siber güvenlik amaç ve gereksinimleri konularına odaklanılmıştır.

#### **Siber güvenlik amaçları**

NIST tarafından akıllı şebekelerde siber güvenlik konusunda önde gelen birçok organizasyonun işbirliği ile kapsamlı bir rapor yayınlanmıştır. Bu raporda belirtilen akıllı şebeke siber güvenlik amaçları üç tanedir. Sağlanması gereken bu güvenlik amaçlarının öncelik sıralaması İnternet ağlarında gizlilik, bütünlük, erişilebilirlik şeklinde iken akıllı şebekelerde erişilebilirlik, bütünlük, gizlilik şeklindedir (Pillitteri ve Brewer, 2014).

*Erişilebilirlik:* Yetkili tarafların ihtiyaç duyduğunda bilgiye erişebileceği anlamına gelir. Akıllı şebekelerde bilgiye zamanında ve güvenli bir şekilde erişme ile bilginin kullanımının kesintisiz olarak sağlanması garanti altına alınmalıdır. Erişilebilirliğin kaybolması, veri kullanımının ve erişiminin engellenmesi küçük veya büyük çaplı elektrik kesintilerine sebep olur. Erişilebilirliğin engellenmesine sebep olan ataklar genellikle DoS atakları olarak adlandırılır. Bu ataklar akıllı şebekedeki veri iletişimini geciktirmeyi, engellemeyi ve bozmayı amaçlar.

*Bütünlük:* Veriler üzerinde yetkisiz taraflarca değişiklik yapılmasının imkânsız olduğu veya tespit edildiği ve ayrıca yetkili kullanıcılar tarafından yapılan değişikliklerin ise izlendiği anlamına gelir. Veri bütünlüğünün zarar görmesi, verinin yetkisiz kişiler tarafından değiştirilmesi veya bozulmasını ifade eder. Bu durum sistem yönetiminde ileri düzeyde yanlış kararlar verilmesine sebep olur. Veri üzerinde yapılacak yetkisiz değişikliklerin engellenmesi ve bütünlüğün sağlanması için verinin sahibince inkâr edilememesi ve orijinalliğinin yani aslına uygunluğunun sağlanması gereklidir. Bütünlüğü hedef alan saldırılar, akıllı şebekedeki veri değişimini kasıtlı ve yasadışı olarak değiştirmeyi veya engellemeyi amaçlarlar.



*Gizlilik:* Belli bir veri kümesine erişim sağlayacak kişi veya birimlerin belirlenmesidir. Bilgilerin yalnızca erişmeye yetkili taraflarca görülebileceği veya kullanılabilmesi anlamına gelir. Gizlilik, kişilere veya kamuya açık olmayan verilerin yetkisiz taraflarca açığa çıkarılmasını önlemek için gereklidir. Özellikle içerisinde banka, kimlik, tüketim bilgileri gibi kişisel ve mahrem bilgileri bulduran akıllı sayaç cihazlarında gizlilik ilkesi öne çıkmaktadır. Akıllı şebekelerde gizliliği hedef alan saldırılar ağ kaynaklarından yetkisiz olarak bilgi edinmeyi amaçlamaktadır.

Akıllı şebekelerde sistemin güvenli bir şekilde devamlı olarak çalışması bakımından erişilebilirlik ve bütünlük en önemli güvenlik amaçlarıdır. Gizlilik ise diğerlerine göre daha az kritiktir. Fakat AMI, talep ihtiyacı gibi uygulamalar sayesinde son kullanıcılar ile etkileşime olanak sağlayan akıllı şebeke sistemlerinde gizlilik ilkesi daha da önemli olmaya başlamıştır.

### **Siber güvenlik gereksinimleri**

Akıllı şebekelerin geleneksel şebekelere göre daha geniş bir coğrafi alana yayılması ve internete bağlı olmasından dolayı daha açık bir iletişim ortamına sahiptirler. Bu yüzden sistemde bulunan tüm bileşenleri ağ saldırılarına karşı %100 güvence altına almak mümkün değildir. Dolayısıyla, iletişim ağında siber atakların sebep olacağı anormal süreçlerin belirlenmesi ve tanımlanması için profil tanımlama, test işlemleri ve ağ trafik durumunun izlenmesi sürekli olarak sağlanmalıdır. Ayrıca, akıllı şebekeler anormal durumlarda ve hatta siber saldırıların gerçekleştiği zaman diliminde bile ağ işlemlerini devam ettirebilmek için kendisini onarabilme yeteneğine sahip olmalıdır. Bu bağlamda, akıllı şebekelerde erişilebilirlik, bütünlük ve gizlilik yüksek öncelikli siber güvenlik amaçlarıdır. Ayrıca, bazı spesifik siber güvenlik gereksinimleri de bulunmaktadır. Bu gereksinimlerin bir kısmı bilginin korunmasına yönelik iken bir kısmı da ağ sisteminin güvenli çalışmasını temin eder.

*Yetkilendirme:* Sistem kaynaklarıyla ilgili cihaz ve kullanıcı ayrıcalıklarını veya erişim düzeylerini belirlemek için kullanılan bir güvenlik mekanizmasıdır. Yetkilendirme, sistemde bulunan cihazların veya bireylerin kimliklerini temel alarak sistem nesnelere erişmelerini sağlar. Yetkilendirme kullanıcı kimliğinin geçerliliğinin tespiti için kimlik doğrulamadan önce gerçekleştirilir.

*Kimlik doğrulama:* Cihazın veya kişinin iddia ettiği taraf olduğunun garanti edilmesidir. Ancak kimlik doğrulama cihazın veya kişinin erişim haklarıyla ilgili hiçbir şey belirtmez. Kimlik doğrulama yetkilendirmeden farklıdır.

*Orijinallik:* Bir mesajın, işlemin veya veri alışverişinin mesajın ana kaynağı olduğunu iddia eden tarafça aslına uygunluğunun doğrulanmasıdır. Orijinallik, veriyi gönderen tarafın kimliğinin denetlenmesini gerektirir. Kimlik doğrulama işlemi sayesinde verinin orijinalliği sağlanabilir.

*Denetim:* Bir organizasyonun bilgi iletişim teknolojisi altyapısının, politikalarının ve faaliyetlerinin incelenmesi ve değerlendirilmesidir. Denetim, hesap verebilirliği sağlamak ve büyük çaptaki endişe verici güvenlik olaylarını önlemek için etkili bir yöntemdir.

*Hesap verebilirlik:* Bir sistemdeki kullanıcı, süreç ve cihaz işlemlerinin kayıt altında tutulup gerektiğinde incelenebilmesidir. Kullanıcı kimliği ve kimlik doğrulaması kullanımı hesap verebilirliği destekler iken paylaşılan kullanıcı kimlikleri ve şifrelerin kullanılması ise hesap verebilirliği ortadan kaldırır.

*Mahremiyet:* Gizlilik ilkesi altında bulunur. Özellikle son kullanıcıların mahrem ve hassas bilgilerinin korunmasını esas alır.

*Kimlik Tanımlama:* ID numarası gibi bir kullanıcı tanımlayıcısının bir insana, bilgisayara veya ağ bileşenine eşleştirilmesi işlemidir.

*Erişim Denetimi:* Belirlenmiş kaynaklara sadece doğru bir şekilde tanımlanmış teknik personel ve son kullanıcıların erişiminin sağlanmasıdır. Ağ iletişimindeki güvenlik riskini önemli derecede azaltan temel kavramdır. Kullanıcıların ve varlıkların yetkilendirilmesi, kimlik tanımlaması ve kimlik doğrulaması işlemlerini içerir.

*İnkâr Edememe:* İletilen bir mesajın hangi şahıs ya da cihaz ile ilişkili olduğunu kanıtlayabilmektir. Kimlik tanımlama ve kimlik doğrulama hizmetlerinin bir uzantısı olarak görülebilir.

Akıllı şebekeler milyonlarca elektronik cihazı ve kullanıcıyı barındırır. Bir kullanıcı veya cihazın doğrulanması bakımından; kimlik tanımlama ve kimlik doğrulama, iletişim altyapısında kaynaklara erişimin güvenliğini sağlamak açısından ön koşul olarak önemli gerekliliklerdir. Erişim kontrolü sürecinde, yetkisiz kullanıcıların hassas verilere erişimi ve kritik altyapı elemanlarında kontrol yetkisi engellenmelidir. Bu gerekliliklerin karşılanması, verilerin şifrenmesi ve kimlik doğrulamanın gerçekleştirilmesinin sağlanması için akıllı şebekedeki her bir bileşen temel düzeyde de olsa kriptografik süreçlere dâhil edilmelidir. Ayrıca, güvenlik ve güvenilirlik terimleri arasındaki fark, güvenliğin kasıtlı tehditlere karşı koruma sağlaması iken güvenilirliğin kasıtlı olmayan tehditlere karşı koruma sağlamasıdır. Bir sistemin güvenilirliğinin tam olarak sağlanabilmesi için kasıtlı olmayan güvenlik tehditlerine de karşı koruma sağlayabilecek şekilde tasarlanması gerekir (Otuoze ve ark., 2018).

Erişim kontrolü, tanımlama ve kimlik doğrulama tüm iletişim ağında sıkı bir şekilde gerçekleştirilmelidir. Çünkü geleneksel iletişim ağlarından farklı olarak akıllı şebeke iletişim ağlarında, özellikle iletim ve dağıtım sistemlerinde, veri paketleri kesinlikle hem zamanında hem de güvenli olarak iletilmelidir. Ancak veri paketlerinin hem zamanında hem de güvenli olarak iletilmesinin aynı anda sağlanması genellikle mümkün olmamaktadır. Bu durum bazı performans metriklerinde tavizlerin verilmesini gerektirebilir. Bu yüzden akıllı şebeke ağlarında her zaman güvenli, fiziksel olarak korunmuş, yüksek bant genişliğine sahip iletişim kanalları kullanılamaz. Buna çözüm olarak akıllı şebeke ağ mimarisi ve iletişim protokollerinin tasarımında verinin güvenliğini ve iletişimin verimliliğini dengelemek için ağın özellik ve kullanım durumuna göre tercihler belirlenmelidir (Wang ve Lu, 2013).

Sonuç olarak akıllı şebekelere özel, siber güvenlik açısından güvenli ve verimli iletişime olanak sağlayan protokoller tasarlanmalıdır. Ayrıca mimarinin tüm katmanlarında oluşturulacak ağ protokollerinde güvenlik işin içine dâhil edilmelidir. Saldırı tespit ve önleme sistemleri iletişim ağının her yerinde uygulanmalıdır. Bahsedilen siber güvenlik amaç ve gereklilikleri göz önüne alındığında, akıllı şebekelerin iletişim ağ yapısının etkili ve güvenli bir şekilde sağlanması için internette daha katı güvenlik gereksinimleri gerektirdiği görülmektedir. İletişim ağlarındaki bu siber güvenlik gereksinimlerinin karşılanması, etkili yönetim politikalarının uygulanması ve sağlam fiziksel altyapıların tasarlanması, “enerji interneti” hedefine ulaşmak için kapsamlı güvenlik yeteneklerine sahip olan akıllı şebekelerin siber ortamlarda daha güvenilir olmasını sağlayacaktır.

### **Akıllı Şebeke Ağına Yönelik Tehditler Ve Çözümler**

Akıllı şebekelerde, geniş ölçekli elektrik kesintileri ve güç elemanlarına fiziksel ya da siber açıdan zarar verilmesi kesinlikle meydana gelmesi istenmeyen durumlardır. Sistemin geniş ölçekli ve karmaşık bir yapıya sahip olmasından dolayı olası tüm saldırıları sıralamak pratik bir çözüm değildir (Mendel, 2017). Bu yüzden akıllı şebekelere yönelik yapılabilecek olası siber atakların spesifik olarak incelenmesi gereklidir. Erişilebilirlik ilkesine zarar vermeyi amaçlayan siber ataklar DoS saldırıları olarak bilinir. Bu saldırılar, akıllı şebekelerdeki veri iletişiminin gecikmesini, engellenmesini ya da bozulmasını amaçlar. Bütünlük ilkesine zarar vermeyi amaçlayan siber ataklar, akıllı şebekelerde kasıtlı olarak ve yasal olmayan bir şekilde veri içeriğinin manipüle edilmesini ya da bozulmasını amaçlar.

Gizlilik ilkesine zarar vermeyi amaçlayan siber ataklar ise akıllı şebekelerde, ağ kaynaklarından yetkisiz olarak bilgi elde edilmesini amaçlar (Cintuglu ve ark., 2017).

Akıllı şebekelerin kritik öneme sahip olmasından dolayı iletişim ağında gerçekleştirilecek siber saldırıların otomatik tespiti ve sistemin saldırının türüne göre uygun çözümler üretmesi ağın erişilebilirliğini sağlamak için gereklidir. Akıllı şebeke uygulamaları bağlayıcı güvenlik gereksinimlerini karşılamalıdır. Akıllı şebekenin çalışmasını etkileyebilecek tüm cihazlar ve kullanıcılar için güçlü bir kimlik doğrulaması süreci gereklidir. Bu bağlamda çalışmanın bu bölümünde akıllı şebeke güvenlik amaçlarına göre sınıflandırmada öne çıkan saldırılar ele alınmaktadır. Saldırıların özellikleri genel olarak belirtilmekte ve öne çıkan bazı saldırılar detaylı olarak incelenmektedir. Özellikle DoS saldırılarına karşı alınabilecek önlemler incelenmekte ve mevcut çözümler ile çözülemeyecek olası sorunlar tartışılmaktadır.

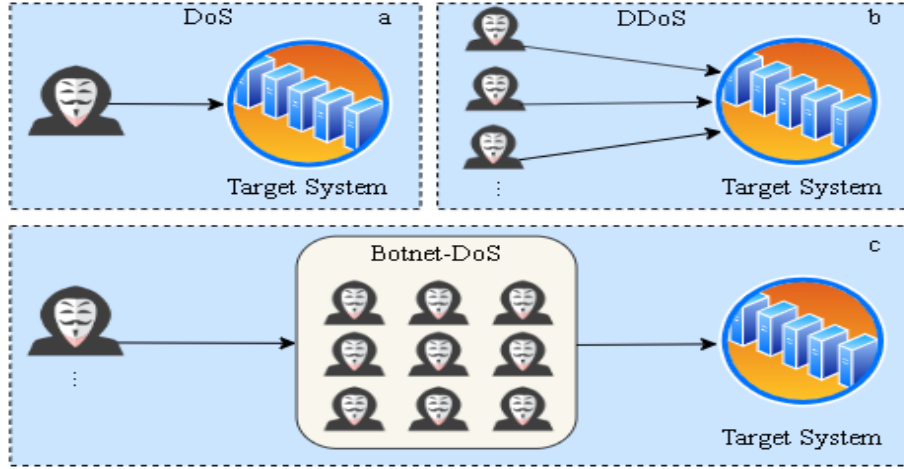
### **Erişilebilirliğe yönelik ataklar**

Akıllı şebekelerde erişilebilirlik sağlanması gereken en önemli güvenlik amacıdır. Bu yüzden DoS ataklarının önlenmesine yönelik birçok çalışma yapıldığı görülmektedir (Kaur ve ark., 2014; Rawat ve Bajracharya, 2015; Shapsough ve ark., 2015). Bu bölümde akıllı şebeke iletişim ağlarına karşı yapılan bu atakların özet bir derlemesi sunulmaktadır. Dos ataklarının nasıl gerçekleştirildiğinin bilinmesi erişilebilirlik ilkesinin anlaşılması açısından önemlidir. Şekil 3a'da bir saldırgan tarafından gerçekleştirilen klasik bir DoS saldırısı gösterilmektedir. Saldırıcıyı gerçekleştiren tek bir saldırganıdır. Saldırgan, hedef sistemin bant genişliğini meşgul ederek, sistemin iletişim hızını düşürmek için kendi cihazından devamlı olarak gereksiz bağlantı istek paketleri göndermektedir. Şekil 3b'de ise birden fazla saldırgan aynı anda hedef sistemden yoğun bağlantı isteğinde bulunmaktadır. Bu saldırı DDoS olarak adlandırılır. Burada amaç bant genişliğini gereksiz bağlantı istek paketleri ile doldurarak sistem iletişim hızını yavaşlatmak ya da kullanılamaz hale getirmektir. Şekil 3c'de ise en kapsamlı DoS atağı şekli görülmektedir. DDoS saldırısı gerçekleştirecek olan saldırgan veya saldırganlar kendilerine web üzerinde bir saldırı ordusu oluştururlar. Bu saldırı ordusu botnet olarak adlandırılır. Botnet ağındaki saldırgan cihazlar gönüllü kullanıcılara ait olabilir. Ancak bu ağdaki cihazlar genellikle arka kapı ve truva atı zararlı yazılımları ile ele geçirilip, kullanıcılarının haberi bile olmadan kullanılan cihazlardır. Literatürde DDoS saldırılarının genellikle botnet ağları üzerinden gerçekleştirildiği ifade edilmektedir. Botnet-DoS terimi tarafımızdan önerilmiştir. Bir botnette bulunan saldırganlar içerisinde gönüllü saldırganların yanısıra cihazları izinsiz olarak ele geçirilmiş kullanıcılar da vardır.

Dos atakları akıllı şebekelerin en önemli güvenlik amacı olan erişilebilirlik ilkesine zarar verirler (Yi ve ark., 2014). Bu yüzden, iletişimin performansını ve elektronik cihazların işlevini bozan ya da azaltan Dos ataklarının akıllı şebekelerde hangi güvenlik zafiyetlerinden dolayı meydana geleceği ve sonuçlarının incelenmesi önemlidir. Mevcut Dos saldırı türleri farklı katmanlarda gerçekleştirilebilir. Örneğin; Buffer flooding, traffic flooding taşıma katmanında (L3), jamming ataklar fiziksel katmanda (L1) gerçekleşir. Özellikle traffic flooding ve worm atakları veri transfer hızında ciddi performans kayıplarına sebep olurlar (Lopez ve ark., 2015).

Jamming ataklar, özellikle kablosuz ağlarda L1 seviyesinde meydana gelen en etkili Dos ataklarından. Çünkü saldırganın sadece iletişim kanalına bağlanması saldırıyı başlatması için yeterlidir. Akıllı şebeke uygulamalarında bulunan iletişim ağlarında kablosuz iletişim teknolojilerinin - özellikle LAN ağlarında - yaygın olarak kullanılacak olması bu atakların L1 seviyesinde öne çıkan siber ataklar olacağını göstermektedir. Jamming atakların alt güç sistemlerinin performansına ciddi ölçüde

zarar verdiği tespit edilmiştir (Peng ve ark., 2019). Zaman açısından kritik öneme sahip komut paketlerinin iletiminin geciktirilmesi bunun en açık delilidir.



Şekil 3. Dos saldırı şemaları

Noktadan-noktaya iletişimin gerçekleştiği MAC katmanında gerçekleşen ARP spoofing saldırısı ise hem erişilebilirlik hem de bütünlük ilkesine zarar verir (Khelifa ve Abla, 2015). Bu saldırıda paketteki MAC parametreleri değiştirilerek sistemde gereksiz veri trafiğine sebep olunur. Bu Dos saldırısı çeşidi diğerlerine göre erişilebilirlik ilkesinin engellenmesi açısından daha etkisizdir. Multi-hop iletişimin gerçekleştiği ağ katmanlarında distributed traffic flooding ve worm propagation saldırısı gibi Dos atakları uçtan-uca iletişimin performansına ciddi zarar verebilirler.

Alt seviyelerde gerçekleştirilen Dos atakları iletişim kanalındaki iletişimin bant genişliğini tıkamayı hedefler. Uygulama katmanı Dos atakları ise elektronik cihazlara ait işlemci ve I/O birimleri gibi bileşenlerin kaynaklarını tüketmeyi amaçlar. Dolayısıyla, akıllı şebekelerde sınırlı işlem ve iletişim yeteneğine sahip olan yüzlerce elektronik cihaz, uygulama katmanı Dos ataklarının potansiyel hedefleri olabilir.

Akıllı şebekelerde gerçekleştirilebilecek bir Dos saldırısının iletişimde oluşturacağı en küçük etki, zaman açısından kritik öneme sahip olan kontrol veri paketlerinin az da olsa zaman kaybı yaşamasına sebep olacağından güç sisteminde yıkıcı bir etkiye neden olur. Sonuç olarak Dos atakları akıllı şebekelerdeki iletişim ağları için ciddi güvenlik tehdidi oluşturmaktadırlar. Geçmişte gerçekleştirilen büyük ölçekli Dos ataklarının internet performansını ciddi oranda düşürdüğü görülmektedir (Kumar ve ark., 2019). Bu durum başarılı olacak Dos saldırılarının akıllı şebekelerin ağ performansında da ciddi oranda düşüşe sebep olabileceğini göstermektedir. Bu yüzden erişilebilirlik akıllı şebekelerde kesintisiz olarak sağlanmak zorundadır.

### Bütünlük ve gizliliğe yönelik ataklar

Akıllı şebekelerde verilerin manipüle edilmesini ya da ele geçirilmesini amaçlayan bu ataklar genellikle uygulama katmanında gerçekleştirilir. Bütünlük ilkesine zarar vermeyi amaçlayan ataklar kritik veri iletişimini bozmak için veriyi değiştirmeyi amaçlar (Kimani ve ark., 2019). Hedef, hem fatura bilgisi, talep miktarı gibi müşteri bilgileri hem de cihazların çalışma durumu, voltaj okumaları gibi güç sistemlerinin anlık durum verileri olabilir. Bu tür veriler hem son kullanıcılar hem de üreticiler için önemlidir. Veri bütünlüğünü korumak için güç sistemlerinde hata-toleransı ve bütünlük kontrolü yöntemleri kullanılır.

False-data-injection ataklarının da akıllı şebekeler için ciddi sorunlar oluşturdukları gözlemlenmiştir (Baig ve Amoudi, 2013). Load-redistribution bu saldırının özel bir tipidir. Bu atak akıllı şebekelerin güvenliği alanında araştırılmaya açık bir saldırı tipi olarak durmaktadır. Ayrıca bu ataklar finansal kayıplara da sebep olabilirler.

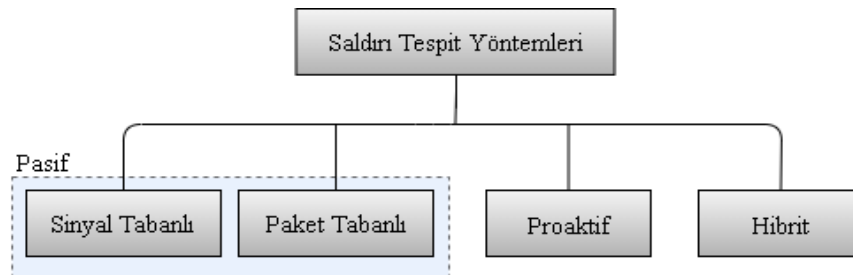
Bütünlük ilkesini hedef alan saldırganlar ile kıyaslandığında gizliliği hedef alan saldırganların güç sisteminde iletilen veriyi değiştirmek gibi bir niyetleri olmadığı anlaşılır. Çünkü bu ilkeyi hedef alan saldırganlar genelde pasif durumda kalırlar. Yani müşterinin hesap numarası, elektrik kullanım miktarı gibi ele geçirmeyi istedikleri verileri güç ağının iletişim kanallarındaki veri trafiğini dinleyerek elde ederler. Wiretapping ve traffic-analyzer atakları bunun tipik örnekleridir.

Gizlilik ilkesini hedef alan saldırıların genellikle akıllı şebekelerde iletişim ağının işlerliğine olumsuz etki etmedikleri düşünülebilir. Fakat müşterilerin mahremiyetinin önemi ve artan farkındalıkları ile sosyal etkilerinden dolayı mahremiyet ilkesine yönelik yapılan saldırılar son yıllarda daha fazla dikkat çekmektedir. Özellikle müşteri verilerinin toplu olarak sızdırılabilme olasılığı konuyu daha hassas hale getirmektedir.

Saldırganların şebeke ya da iletişim ağına kimlik doğrulanmış şekilde bağlanmış olmaları ve hassas verilere erişim sağlayabilmeleri, bütünlük ve gizlilik ilkelerine karşı yapılan atakların başlaması için öncül koşuldur. Bu yüzden kimlik doğrulama ve erişim denetimi bu tür ataklardan akıllı şebekeleri korumak için gereklidir. Dolayısıyla kimlik doğrulama ve erişim denetimi güvenlik gereksinimleri, sistemin her tarafında tüm veri akışı boyunca mutlaka sağlanmalıdır.

#### Akıllı şebekelerde saldırı tespiti

Siber fiziksel sistemlerden olan akıllı şebekeler, yapısı gereği birinci öncelikli olarak erişilebilirlik güvenlik ilkesini sağlamalıdır. Bu yüzden iletişim ve kontrol sistemlerinin erişilebilirliklerine anlık etki edebilecek DoS atakları akıllı şebekelerde en önemli ağ güvenliği tehdidi olarak görülmektedir. Bu ataklarının tespiti ve engellenmesi, ağ trafiğinin gözlemlenmesi ve filtrelenmesi gibi ağ önlemlerine oldukça bağlıdır. Bu yüzden DoS ataklarına karşı etkili ağ güvenliği yaklaşımları sağlamak gereklidir. Mevcut DoS ataklarının tespiti için Şekil 4’de gösterildiği gibi sinyal tabanlı tarama, paket tabanlı tespit, proaktif metot ve hibrit metot olmak üzere dört yöntem kullanılabilir (Wang ve Lu, 2013).



Şekil 4. DoS saldırısı tespit yöntemlerinin sınıflandırılması

Sinyal tabanlı taramada fiziksel katmandaki bir dedektör bir saldırının olup olmadığını tespit etmek için alınan sinyalin gücünü ölçebilir. Eğer bu değer belirlenen bir eşik değerinden büyük ise atak tespit dedektörü bir saldırının varlığını bir alarm ile bildirebilir. Paket tabanlı tespit yöntemi DoS atak tespitinde kullanılan genel ve etkili bir yöntemdir. Çünkü DoS atakları her zaman paket kaybının veya gecikmenin yaşanması bakımından ağ performansının düşmesine sebep olur. Bu yöntemdeki çözümler, paket iletiminin başarısızlığındaki artışı tanımlayarak olası atakları tespit etmek ve paketlerin iletim başarısını ölçmek için her katmanda kullanılabilir. Proaktif tespit yöntemi DoS atağı henüz başlamadan



olası saldırganların durumunu tanımlamayı amaçlar. Bu olası saldırganların durumunu test etme ve ölçme işlemi, kontrol paketleri gönderilerek yapılır. Hibrit metot önceki üç yöntemin ortak kullanımının sağlanması ile oluşturulur. Kablosuz ağlardaki jamming ataklarını etkili bir şekilde tespit etmek için sinyal-tabanlı ve paket-tabanlı yöntemlerin beraber kullanılması hibrit yöntem bir örnektir.

Sinyal tabanlı ve paket tabanlı yöntemler sadece ağı dinleyerek kontrol yaptıkları için pasif yöntemlerdir. Bu yüzden DoS atak tespiti için var olan metotlar akıllı şebekelerdeki iletişim ağlarında doğrudan uygulanabilirler (Radoglou-Grammatikis ve Sarigiannidis, 2019). Örneğin sinyal-tabanlı dedektör kablosuz akıllı şebeke uygulamalarında, paket-tabanlı metot ise AMI sistemlerinde DoS atak tespitinde kullanılabilir.

### **Güvenli ağ protokolleri ve mimarileri tasarımı**

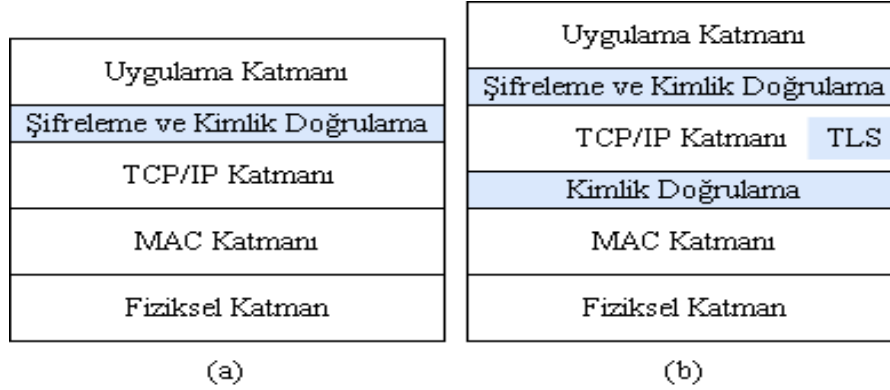
Akıllı şebekelerdeki olası güvenlik tehditleri ile başa çıkmak için güvenlik önlemleri ve stratejileri, ağ protokol ve mimarilerine entegre edilmelidir. Bu yüzden, geleneksel şebeke sistemlerine kıyasla, akıllı şebekeler, tüm ağda güvenli ve verimli iletişimi sağlamak için tam teşekküllü iletişim protokolleri ile donatılmalıdır.

Akıllı şebekelerde güvenli iletişim protokolleri oluşturmak için birçok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalar genellikle IPsec ve TLS gibi mevcut protokol takımlarının geliştirilmesi ile gerçekleştirilmektedir (Shapsough ve ark., 2015). Ayrıca, güç iletişim protokollerinin güvenlik açısından geliştirilmesi ve standardizasyonun sağlanması literatürdeki ana konulardan biridir. Bu bölümde, güç sistemlerinde yaygın olarak kullanılan DNP3 ve IEC 61850 iletişim protokollerinin güvenlik açısından nasıl geliştirildiği sunulmaktadır.

DNP3 günümüzde hem alt-istasyon içi hem de alt-istasyonlar arasındaki iletişimlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. DNP3 ilk tasarlandığında sadece temel iletişim gerekliliklerini karşılayacak şekilde tasarlanmıştı ve bu yüzden herhangi bir güvenlik mekanizması içermiyordu. DNP3 tabanlı çalışan mevcut güç sistemlerini, yeni iletişim protokolleri ile çalışabilecek şekilde tasarlamak çok pratik değildir. Dolayısıyla mevcut güç sistem cihazlarının güvenlik gereksinimlerine ayak uydurabilmelerini sağlamak için DNP3 gibi protokollerin güvenlik gereksinimlerini geliştirmek daha pratik bir çözümdür. DNP3 protokol kümesine güvenlik mekanizmaları eklemek için orijinal protokolü yapısal olarak değiştirmek, alt katmanlardaki konfigürasyonlara bakmaksızın sadece DNP3 de güvenlik gerekliliklerini karşılar. Ayrıca, hem DNP3 de yapısal değişikliklerin yapılması hem de güç cihazlarının dâhil olduğu iletişim altyapılarının yazılımsal ve donanımsal olarak güncelleştirilmesi gerekir. Bu durum uygulamada zorluklar içermektedir. Dolayısıyla, DNP3'ün bu sorununu çözmek için TCP/IP katmanı ile uygulama katmanının arasına bir güvenlik katmanı yerleştirilmiştir. Bu durum Şekil 5'de gösterildiği gibi DNP3 protokol kümesinde yapısal bir değişiklik yapılmasını gerektirmez ve böylece eski sistemlerin akıllı şebeke ile protokol çeviri cihazlar üzerinden iletişim kurması sağlanır.

Bu açıklamalar ışığında, DNP3 ve TCP/IP arasına bir güvenlik katmanının yerleştirilmesi ile eski aygıtların akıllı şebeke uygulamaları ile uyumlu hale getirilmesinin daha uygun olacağı sonucuna varılabilir. Bu güvenlik katmanının amacı, DNP3 protokolünün özellikle bütünlük ve gizlilik gereksinimlerinin sağlanmasına yardımcı olmaktır. Veriyi gönderen tarafta, güvenlik katmanı TCP/IP katmanına dağıtılacak olan DNP3 paketlerini yakalar, verileri şifreler, ardından şifreli paketleri TCP/IP katmanına gönderir. Alıcı tarafta ise, güvenlik katmanı TCP/IP katmanlarından gelen veri paketlerini çözer ve bunları uygulama katmanına (DNP3 katmanları) iletir. DNP3 paketlerinde bütünlük ve gizliliğin korunmasını sağlamak için hem simetrik hem de asimetrik algoritmalar kullanılabilir. Örneğin,

MAC tabanlı kimlik doğrulama, dağıtım otomasyon sistemleri için DNP3 tabanlı iletişimin güvenlik uzantısı olarak tasarlanır ve uygulanır.



Şekil 5. Geliştirilmiş DNP3 ve IEC 61850 ile IEC 62351

Alt-istasyonların iletişimi için bir standart olan IEC 61850 kendi güvenlik mekanizmalarına sahip değildir. IEC 61850'nin güvenliği, bir dizi iletişim protokolünde güvenliği sağlamak için önerilen bir standart olan IEC 62351'e dayanır. IEC 62351, IEC 61850 iletişimi için hem kimlik doğrulama hem de şifreleme mekanizmalarını tanımlar. Şekil 5b'de gösterildiği gibi, iki temel güvenlik katmanı içerir.

1. TC/IP katmanının üstündeki bir kimlik doğrulama ve şifreleme katmanı, TLS'yi mesajın gizliliğini ve aslına uygunluğunu sağlamak için simetrik şifreleme ve MAC'ler kullanmaya zorlar. Bu katman, alt istasyonlardaki TCP/IP'ye dayanan ve zaman açısından daha az kritik olan mesajlar için kullanılır.

2. MAC ve IP katmanları arasındaki bir kimlik doğrulama katmanı, IEC 61850'deki kritik zaman iletilerinin doğrulanması için kullanılır. Bu tür mesajların zamanında iletilmesini sağlamada IEC 62351, bu katman için veri şifreleme mekanizması tanımlamamaktadır. Bu nedenle IEC 61850'deki zaman kritik mesajlar yalnızca aslına uygunluklarını sağlamak için korunmaktadır.

Güvenlikli DNP3 ile karşılaştırıldığında, IEC 62351 ve IEC 61850'in, güç sistemlerindeki farklı mesaj türleri için iki farklı güvenlik katmanı kullanarak güvenlik ve zaman kritikliği arasındaki dengeyi sağlayan modern birer güç iletişim protokolü oldukları görülür. Akıllı şebeke uygulamalarındaki mesaj iletim süreçlerinde hem güvenlik hem de hizmet kalitesi gerekliliklerini sağlayacak daha kapsamlı güvenli katman mekanizmaları önerilebilir.

Enerji şebekesi iletişimde uçtan-uca güvenliği sağlamak için güvenli DNP3 ve IEC 62351 ile IEC 61850 önerilmektedir (Shapsough ve ark., 2015). Bu tür uçtan-uca güvenlik protokollerinin yanı sıra, akıllı şebeke uygulamaları için güvenli veri toplama protokolleri de önerilmektedir. Çünkü aşağıdan yukarıya veri akış modeli (cihazdan merkeze); SCADA ağında cihaz izleme ve AMI ağında ölçüm okuma gibi işlemler için güç sistemlerinde yaygın olarak kullanılır. Böyle bir iletişim modelinde, ağ içinde veriyi işleyebilen veri toplama protokolleri, her bir düğümün merkeze kendi yolunu bulmaya çalıştığı uçtan-uca yönlendirme protokollerinden daha verimli olacaktır (Wang, 2017).

Güvenli veri toplama süreci, birçok bilgi işlem kaynağının kullanımını gerektirir. Bu durum daha fazla zaman gecikmesine sebep olur. Dolayısıyla mevcut çalışmalar, iletişim trafiğinde zaman açısından daha az kritik olan AMI için güvenli veri toplama protokollerine odaklanırlar. Mevcut yaklaşımlarla ilgili hala bazı sorunlar vardır. Örneğin, bir saldırgan aktif olarak kendisini veri toplama işlemine dâhil edebilir ve toplama sonuçlarını işlemek için kendi verilerini oluşturabilir. Bir veri toplama süreci saldırı nedeniyle bozulursa, veri toplama merkezi büyük miktarda bilgi kaybedebilir. Buna göre, akıllı

şebekelerde kullanılacak güvenli veri toplama protokollerinin, hem veri bütünlüğünü hem de veri gizliliğini sağlamaları ve ayrıca siber saldırılara karşı dirençli olmaları gerekir.

Genel olarak akıllı şebeke için güvenli ağ mimari tasarımı; ağ oluşturma, güvenilir işlemler ve şifreleme sistemleri gibi çok geniş kapsamlı konular içerir. Ayrıca, akıllı şebekeler karmaşık güvenlik gereksinimleri, politikaları, ağ ve varlık modelleri hakkında kapsamlı bir bakış açısı gerektirir.

## SONUÇ

Bu çalışmada akıllı şebekelerin iletişim altyapısındaki siber güvenlik sorunları kapsamlı bir şekilde sunulmuştur. İletişim mimarisi ve temel güvenlik gereksinimleri detaylı incelenmiş, önemli güvenlik açıkları analiz edilmiş, akıllı şebeke saldırı önleme ve savunma yaklaşımları değerlendirilmiştir. Ayrıca, akıllı şebekelerde verimli ve güvenli veri iletimini sağlamak için güvenli ağ protokollerinin tasarımı sunulmuştur. Bu çalışmada elde edilen bulgular genel olarak değerlendirildiğinde, akıllı şebeke uygulamalarının geliştirilmesi büyük ölçüde güç sistemi iletişimine ve veri iletişim altyapılarına bağlıdır. Akıllı şebeke uygulamalarında, güç sağlayan kurumlar ve müşteriler hem kablolu hem de kablosuz iletişim ağlarını kullanırlar. Akıllı şebeke iletişim ağının heterojen cihazlara ve ağ mimarilerine sahip olması, ölçeklenebilirlik ve gömülü sistemlerinin farklı yapıları gibi özellikleri güçlü güvenlik yaklaşımlarının tüm ağ sisteminde uygulanmasını zorlaştırmaktadır. Bilgi iletişim teknolojilerinin entegrasyonu, güç sisteminin yeteneklerini artırırken, siber tehditlere karşı güvenlik açıkları da büyük ölçüde artmaktadır. Elektrik enerjisi sistemlerinde veri güvenliği özellikle dikkate alınması gereken bir konudur. Dolayısıyla, akıllı şebeke uygulamaları için siber güvenlik çözümleri hala geliştirilme aşamasındadır. Akıllı şebekelerin siber güvenliği konusu, hükümetlerin, endüstrinin ve akademinin ilgisini çeken önemli bir araştırma alanıdır. Bu bağlamda, akıllı şebekelerde siber güvenlik konusunda önemli çalışmalar yapılmakla birlikte, bu konu bilgi iletişim teknolojilerinin yapısı gereği bir sorun olarak varlığını devam ettirecektir. Etkin siber güvenlik çözümleri için, akıllı şebeke iletişim altyapıları özellikle farklı ağ uygulamalarını kapsayacak şekilde detaylıca tasarlanmış güvenlik yaklaşımları gerektirir.

## KAYNAKLAR

- Ahmed S, Gondal TM., Adil M, Malik SA, Qureshi R, 2019. A Survey on Communication Technologies in Smart Grid. IEEE PES GTD Grand International Conference and Exposition Asia, 7-12.
- Baig ZA, Amoudi A, 2013. An Analysis of Smart Grid Attacks and Countermeasures. Journal of Communications, 8(8): 473-479.
- Bedi G, Venayagamoorthy GK, Singh R, Brooks RR, Wang K, 2018. Review of Internet of Things (IoT) in Electric Power and Energy Systems. IEEE Internet of Things Journal, 5(2): 847-870.
- Cintuglu MH, Mohammed OA, Akkaya K, Uluagac AS, 2017. A Survey on Smart Grid Cyber-Physical System Testbeds. IEEE Communications Surveys and Tutorials, 19(1): 446-464.
- Colak I, Sagiroglu Ş, Fulli G, Yesilbudak M, Covrig CF, 2016. A survey on the critical issues in smart grid technologies. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 54: 396-405.
- Eder-Neuhauser P, Zseby T, Fabini J, Vormayr G, 2017. Cyber attack models for smart grid environments. Sustainable Energy Grids and Networks, 12: 10-29.
- Gunduz MZ, Das R, 2018. Analysis of cyber-attacks on smart grid applications. International Conference on Artificial Intelligence and Data Processing, 1-5.
- Gündüz MZ, Daş R, 2019. Analysis of cyber-attacks in IoT-based critical infrastructures. International Journal of Information Security Science, 8(4): 122-133.
- Kaur R, Sangal AL, Kumar K, 2014. Modeling and simulation of DDoS attack using Omnet++. International Conference on Signal Processing and Integrated Networks, 220-225.

- Khelifa B, Abla S, 2015. Security concerns in smart grids: Threats, vulnerabilities and countermeasures. *International Renewable and Sustainable Energy Conference*, 1-6.
- Kimani K, Oduol V, Langat K, 2019. Cyber security challenges for IoT-based smart grid networks. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 25: 36-49.
- Kumar P, Lin Y, Bai G, Paverd A, Dong JS, Martin A, 2019. Smart Grid Metering Networks: A Survey on Security, Privacy and Open Research Issues. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 21(3): 2886 - 2927.
- Lopez C, Sargolzaei A, Santana H, Huerta C, 2015. Smart Grid Cyber Security: An Overview of Threats and Countermeasures. *Journal of Energy and Power Engineering*, 9(7): 632-647.
- Mendel J, 2017. Smart Grid Cyber Security Challenges: Overview and Classification. *e-mentor*, 1(68): 55-66.
- Mrabet ZE, Kaabouch N, Ghazi HE, Ghazi HE, 2018. Cyber-security in smart grid: Survey and challenges. *Computers and Electrical Engineering*, 67: 469-482.
- NIST, 2014. Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards. <https://www.nist.gov/publications/nist-framework-and-roadmap-smart-grid-interoperability-standards-release-30>. (Erişim Tarihi:15.12.2019)
- Otuoze AO, Mustafa MW, Larik RM, 2018. Smart grids security challenges: Classification by sources of threats. *Journal of Electrical Systems and Information Technology*, 5(3): 468-483.
- Pandey RK, Misra M, 2016. Cyber security threats-Smart grid infrastructure. *National Power Systems Conference*, 1-6.
- Peng C, Sun H, Yang M, Wang Y, 2019. A Survey on Security Communication and Control for Smart Grids Under Malicious Cyber Attacks. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 49(8): 1554-1570.
- Pillitteri VY, Brewer TL, 2014. Guidelines for Smart Grid Cybersecurity. <https://www.nist.gov/publications/guidelines-smart-grid-cybersecurity>. (Erişim Tarihi:14.12.2019)
- Radoglou-Grammatikis PI, Sarigiannidis PG, 2019. Securing the Smart Grid: A Comprehensive Compilation of Intrusion Detection and Prevention Systems. *IEEE Access*, 7, 46595-46620.
- Rawat DB, Bajracharya C, 2015. Cyber security for smart grid systems: Status, challenges and perspectives. *IEEE SoutheastCon Conference*.
- Rizzetti TA, Wessel P, Rodrigues AS, Silva BM, Milbradt R, Canha LN, 2015. Cyber security and communications network on SCADA systems in the context of Smart Grids. *50th International Universities Power Engineering Conference*, 1-6.
- Shapsough S, Qatan F, Aburukba R, Aloul F, Ali ARA, 2015. Smart grid cyber security: Challenges and solutions. *International Conference on Smart Grid and Clean Energy Technologies*, 170-175.
- Tan S, De D, Song WZ, Yang J, Das SK, 2017. Survey of Security Advances in Smart Grid: A Data Driven Approach. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 19(1), 397-422.
- Tong W, Lu L, Li Z, Lin J, Jin X, 2016. A Survey on Intrusion Detection System for Advanced Metering Infrastructure. *Sixth International Conference on Instrumentation Measurement, Computer, Communication and Control*, 33-37.
- Usman A, Shami SH, 2013. Evolution of Communication Technologies for Smart Grid applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 19: 191-199.
- Wang W, Lu Z, 2013. Cyber security in the Smart Grid: Survey and challenges. *Computer Networks*, 57(5): 1344-1371.
- Wang Z, 2017. An Identity-Based Data Aggregation Protocol for the Smart Grid. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 13(5): 2428-2435.
- Yi P, Zhu T, Zhang Q, Wu Y, Li J, 2014. A denial of service attack in advanced metering infrastructure network. *IEEE International Conference on Communications*, 1029-1034.

## Tereftalat ile [N-(2-Hidroksietil)-Etilendiamin] İçeren Karışık ligantlı Bakır(II) Kompleksinin Sentezi, Spektral, Termal ve Yapısal Karakterizasyonu

Tuğba AYCAN<sup>1</sup>, Hümevra PAŞAOĞLU<sup>1</sup>

**ÖZET:** [Cu(Hydet-en)<sub>2</sub>].(Tpht) (Tpht=Tereftalik asit dianyonu, Hydet-en=N-(2-hidroksietil)etilendiamin) kompleksi sentezlenmiştir. Kompleks tek kristal X-ışını tayini, FT-IR spektroskopisi, UV-Vis spektroskopisi, termogravimetrik analiz ve elementel analiz ile karakterize edilir. Her bir hydet-en ligandı bakır metaline iki dişli olarak koordine olurken, tpht<sup>2-</sup> anyonu ise birim hücrede serbest olarak bulunmaktadır. Bakır merkezi düzgün bir kare düzlem geometriye sahiptir. Kare düzlem geometriye sahip kompleksin ekvatorial düzlemini hydet-en ligantlarının birincil ve ikincil amin grupları oluşturmaktadır. Monomerler O-H...O ve N-H...O hidrojen bağlarıyla bağlanarak supramoleküler yapıyı oluşturur. Kompleksin FT-IR araştırması, orta IR bölgesi içinde gerçekleştirildi. Esas olarak tereftalik asit ve N-(2-hidroksietil)etilendiamin) ligantlarının karakteristik titreşimleri göz önünde bulundurularak kompleksin titreşimlerine odaklanıldı. TG, DTA ve DTG teknikleri kullanılarak kompleksin termal davranışları izlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Tek Kristal XRD, FT-IR Spektroskopisi, Termogravimetrik Analiz, Elektronik Geçişler, Tereftalik Asit

## Synthesis, Spectral, Thermal and Structural Characterization of Mixed ligand Copper(II) Complex Containing [N-(2-Hydroxyethyl)-Ethylenediamine] with Terephthalate

**ABSTRACT:** The complex [Cu(hydet-en)<sub>2</sub>].(tpht) synthesized is characterized by single crystal X-ray determination, FT-IR spectroscopy, UV-Vis spectroscopy, thermogravimetric analysis and elemental analysis (tpht=dianion of terephthalic acid, hydet-en=N-(2- hydroxyethyl)ethylenediamine). While each hydet-en ligand coordinates to copper metal as bidentate, the tpht<sup>2-</sup>anion is freely available in the unit cell. Copper center has a square plane geometry. In the square geometry, the equatorial plane of the complex is composed of primary and secondary amine groups of hydet-en ligands. Monomers are bonded with O-H...O and N-H...O hydrogen bonds to form a supramolecular structure. FT-IR investigation of the complex was performed in the middle IR region. The vibrations of the complex were focused mainly considering the characteristic vibrations of terephthalic acid and N-(2- hydroxyethyl)ethylenediamine ligands. Thermal behaviour of the complex was followed using TG, DTA and DTG techniques.

**Anahtar Kelimeler:** Single Crystal XRD, FT-IR spectroscopy, Thermogravimetric Analysis, Electronic Transitions, Terephthalic Acid.

<sup>1</sup> Tuğba AYCAN (Orcid ID: 0000-0002-5313-7807), Sinop Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Sinop, Türkiye

<sup>2</sup> Hümevra PAŞAOĞLU (Orcid ID: 0000-0003-0892-0621), Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Samsun, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Tuğba AYCAN, e-mail: taycan@sinop.edu.tr

\* Bu çalışma Tuğba Aycan'ın doktora tezinden üretilmiştir.

Makale 7-10 Kasım 2019 tarihleri arasında Ankara'da düzenlenen "IV. International Scientific and Vocational Studies Congress-Science and Health (BİLMES SM 2019)" de sözlü olarak sunulmuştur.

Geliş tarihi / Received: 20-11-2019

Kabul tarihi / Accepted: 15-02-2020



## GİRİŞ

Karboksilik asitler karboksil grubu olan organik asitlerdir. -COH formülüne sahiptirler ve genelde -COOH veya CO<sub>2</sub>H olarak da yazılır. Karboksilik asitler bir karbonil grubu ve bir hidroksil grubu içerirler (Şekil 1). Karboksilik asitler Bronsted asitleridir, yani proton vericileridir. Karboksilik asitlerin tuz ve anyonlarına karboksilat denir. Karboksilik asitler ticari ve biyolojik açıdan önem taşır. Karboksilik asitler günümüzde gıda, tekstil, deri, kağıt ve polimer başta olmak üzere kimya sanayinin pek çok alanında hammadde olarak geniş kullanım alanına sahiptir. Aynı zamanda aspirin, yağları oluşturan yağ asitleri, insan vücudundan bulunan hormonlar ve proteinlerin yapıtaşısı olan aminoasitler birer karboksilik asit örneğidir. Karboksilik asit türevlerinde hidrokarbon grubunun alkil (R) veya aril (Ar) olmasına göre "aromatik karboksilik asit türevleri" veya "alifatik karboksilik asit türevleri" olarak ifade edilirler. Alifatik karboksilik asitler ve türevleri organik bileşiklerin geniş bir alanını kapsar. Bu asitler petrokimya, polimer kimyası, farmakoloji, yiyecek endüstrisi, deterjan üretimi, bitki ilacı, böcek ilacı gibi endüstrinin çeşitli alanlarında kullanılmaktadır. Ayrıca, temel yağlar, mumlar, reçine gibi doğada da bulunmaktadır ve metabolizmanın çalışması sırasında canlı organizmalar tarafından yoğun olarak üretilmektedir (Golovanov and Zhenodarova, 2006). Benzoik asit (1-benzenkarboksilik asit, BA), izofitalik asit (1,3-benzenkarboksilik asit, IA), trimesik asit (1,3,5-benzenkarboksilik asit, TMA) gibi aromatik karboksilik asitler ise periferikal karboksilik asitler (COOH) ve bir merkez fenil halkasından oluşur. Bir boyutlu bant ve şeritler, iki boyutlu ağlar veya üç boyutlu kristaller gibi supramoleküler bileşikler ve kristal mühendisliğinde örnek kontrol birimleri olarak kullanılır. Aromatik karboksilik asitler ve onların metal kompleksleri çeşitli moleküler nano yapıların yapı taşlarını oluşturur. Merkez yapı motifleri, metal iyon/ligant koordinasyonu ve hidrojen bağına sahiptir (Han et al., 2007). Karboksilat anyonlar geçiş metal elementleriyle hazırlanan monomerik, dimerik ve polimerik yapılarda köprü ligant görevi görmektedirler. Diğer köprü ligantlar gibi karboksilat anyonlar bu bileşiklerin temel özelliklerini belirlemektedirler. Karboksilat iyonları farklı bağlanma modlarına sahiptirler. Karboksilik asitler iyonize olmamış karboksil gruplarını muhafaza edip metal atomlarına tek dişli bağlanabilmekte ve dolayısıyla da moleküller arası hidrojen bağlarının oluşumuna olanak sağlamaktadır. Bu olay, geçiş metal elementleriyle hazırlanan polimerik ve dimerik bileşikler supramoleküler yapılarda temel birimler olarak davranmaktadır. Polimerik ve dimerik komplekslerin oluşumu ve kararlılığı, fiziksel ve kimyasal özellikleri ve ayrıca supramoleküler sistemlerin oluşumuna olanak sağlaması, karboksilik asitin gücü ve karboksilat iyonunun verici ve pi-alıcı gücü gibi karakteristik özelliklerine bağlıdır. Bu özellikler -R grubunun yapısından da etkilenmektedir (Panina et al., 2002). Geçiş metalleri ve organik ligantlar kullanılarak elde edilen metal-supramoleküler örnekler, yapısal çeşitlilikleri ve fonksiyonel malzemeler olarak potansiyel uygulama alanına sahip olmalarından ötürü yaygın olarak incelenmektedir (Liu et al., 2008). Karboksilat gruplarıyla birleştirilen farklı metal merkezli bileşiklerin yapıları ve özellikleri günümüzde yoğun biçimde çalışılmaktadır. Çünkü bu bileşikler, köprülü sistemlerde geçiş ve nadir toprak iyonları arasında manyetik etkileşimler göstermekte ve yüksek sıcaklık-süperiletkenlerin elde edilmesinde potansiyel olarak kullanılabilir (Zou et al., 2004). Karboksilik asitler ve türevleri ilaç endüstrisinde anti-bakteriyel, anti-viral ve anti-tümör gibi tedavilerin uygulamaları için katalizör veya nano-malzemelerin ön maddeleri olarak çalışılmakta ve kozmetik alanında da kullanılmaktadır (Feng and Xu, 2001; Férey, 2001).

Tereftalik asit aynı zamanda 1,4-benzendikarboksilik asit, p-fitalik asit ve p-benzendikarboksilik asit olarak da isimlendirilir. Tereftalik asit benzen halkası üzerinde 1 ve 4 nolu karbonlarda karboksil gruplarının koordine olmasıyla oluşur (Şekil 1). Tereftalik asit doymuş poliesterlerin oluşumunda, bazı

kanatlı hayvanların yemlerine ve antibiyotiklere ilave edilir ve yün işlemlerinde kullanılır. Ayrıca boya ve kaplama katkı maddelerinde, otomotiv bakım ürünleri, plastik ve kauçuk ürünlerde de kullanılır (Luttrell and Hester, 2016).



Şekil 1. Tereftalik asitin moleküler yapısı

Dikarboksilatlar arasında bulunan tereftalat anyonu (tpht) ile alakalı literatürde oldukça fazla çalışma bulunmaktadır. Tereftalik asit; (a) Daha büyük boyutlarda yapılar üretebilen çoklu koordinasyona sahiptir. (b) Tamamen veya kısmen protonlanabilir iki karboksil grubuna sahiptir ve böylece asitliğe bağlı koordinasyon modlarıyla sonuçlanır (Mautner et al., 2008). (c) Protonlanmış karboksil grubun varlığı nedeniyle sadece hidrojen alıcı değil verici olarak da davranır. (d) Bir karboksilatın ucu ile kısa köprüler veya benzen halkası ile uzun köprüler oluşturabilir. Bu nedenlerden dolayı tereftalik asit ilginç yapıların oluşumuna sebebiyet verir (Choubey et al., 2013).

Çalışmada ilk olarak tereftalik asitin ( $H_2tpht$ ) Hydret-en ile Cu(II) kompleksi sentezlendi. Elde edilen kristallerin yapısal (XRD) ve spektral (IR ve UV-Vis) analizleri yapıldı. TG, DTG ve TGA eğrileri çizdirilerek termik özellikleri incelendi.

## MATERYAL ve YÖNTEM

### Sentez

Tereftalik asit (5 mmol, 0.83g) 50 ml DMF de çözülürken içerisine Cu(acec). $H_2O$  nun sulu çözeltisi (2.5 mmol, 0.5 g) eklenerek karıştırıldı. Son olarak Hydret-en'in sulu çözeltisi (5 mmol, 0.52 g) eklenerek ısıtılıp karıştırıldı. 5 ay sonunda mavi renkte tek kristaller elde edildi.

### X-ışını Kırınım Sistemi

Bu çalışmadaki tüm kristallerin moleküler yapıları tek kristal X-ışını kırınım yöntemiyle deneysel olarak incelenmiştir. Kristallere ait kırınım şiddet verileri, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fizik Bölümü X-ışınları Laboratuvarı bünyesindeki, STOE IPDS 2 difraktometresi ile  $MoK\alpha$  ışınması kullanılarak elde edilmiştir. Veri toplama ve indirgeme süreçlerinde sırasıyla X-Area (Farrugia, 1999) ve X-RED (Farrugia, 1999) programları kullanılmıştır. Kristal yapılar, direkt yöntemler kullanılarak WinGX (Stoe and Cie, 2002) programı içerisinde bulunan SHELXS-2013 (Sheldrick, 2008) yazılımı yardımıyla çözümlenmiş SHELXL-2014 (Sheldrick, 2008) yazılımı ile arıtılmıştır. Bulunan sonuçlar Ortep-3 (Farrugia, 1997) ve Platon (Spek, 2009) yazılımları kullanılarak görsel hale getirilmiştir.

İncelenen tüm kristallerde çözüm işlemi ile hidrojen dışındaki tüm atomların konumları belirlenmiş ve yapı arıtımına başlanmıştır. Arıtımın ilk aşamasında, atomların konumlarının daha duyarlı hale gelmesi ve eksik atomların belirlenmesi için izotropik arıtım yapılmıştır. Arıtım sonucunda, hidrojen atomları dışında eksik atom olmadığı görülmüş ve anizotropik arıtım yapılmıştır.

## Fiziksel Ölçümler

İncelenen bileşiklerin IR spektrumları KBr ile disk yapılarak 4000-400  $\text{cm}^{-1}$  aralığında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Karadeniz İleri Teknolojileri Araştırma Merkezinde (KİTAM) bulunan Bruker Tensor 27 FT-IR spektrometresinde kaydedildi. Saf su ile hazırlanan sıvı çözeltilerin elektronik soğurma spektrumu; 190-1100 nm aralığında Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya bölümünde bulunan Thermo Scientific Evolution Array UV-Vis spektrometresiyle kaydedilmiştir. Termik analiz çalışmalarında, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Karadeniz İleri Teknolojileri Araştırma Merkezinde (KİTAM) bulunan TA Q600 SDT Termik Analiz cihazı kullanıldı. Sentezlenen bileşiklerin TG, DTG ve DTA eğrileri aşağıda belirtilen şartlarda eşzamanlı olarak kaydedildi. Numune miktarı 5-10 mg kullanılmıştır. Isıtma hızı 10  $^{\circ}\text{C}$   $\text{dak}^{-1}$  dir. Malzemelerin 20-1000  $^{\circ}\text{C}$  aralığında azot atmosferinde (20  $\text{mL min}^{-1}$ ) platin potalar kullanılarak sıcaklık değişimleri incelenmiştir. Tüm bileşiklerin elementel analizi ODTÜ araştırma merkezinde yapılmıştır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### [Cu(hydet-en)<sub>2</sub>].(tpht) tek kristalinin yapı tayini

[Cu(hydet-en)<sub>2</sub>].(tpht) kristal yapı analizleri sonucunda elde edilen geometrik parametreler Çizelge 1' de verilmektedir.

**Çizelge 1.** [Cu(hydet-en)<sub>2</sub>].(tpht) kompleksinin kristal verileri

	Kompleks
Deneysel formül	C <sub>16</sub> H <sub>28</sub> N <sub>4</sub> O <sub>6</sub> Cu
Molekül ağırlığı	435.96
Kristal sistem	Monoklinik
Uzay grubu	P21/n
Kristal rengi	Mavi
Kristal boyutu (mm)	0.39 x 0.19 x 0.07
Sıcaklık (K)	293
a (Å)	7.019(4)
b (Å)	12.262(4)
c (Å)	11.384(4)
$\alpha$ ( $^{\circ}$ )	90
$\beta$ ( $^{\circ}$ )	106.92(5)
$\gamma$ ( $^{\circ}$ )	90
V (Å <sup>3</sup> )	937.42(11)
Z	2
$\mu$ (Mo K $\alpha$ ) (mm <sup>-1</sup> )	1.21
D <sub>hes</sub> (g.cm <sup>-3</sup> )	1.545
F(000)	458
Veri toplama $\theta$ aralığı ( $^{\circ}$ )	2.5-27.3
Ölçülen yansımalar	6856
Bağımsız yansımalar	2096
R <sub>1</sub> , wR <sub>2</sub>	0.061, 0.138
Goof değeri	0.90
$\Delta\rho_{\text{mak}}$ , $\Delta\rho_{\text{min}}$ (eÅ <sup>-3</sup> )	0.58, -0.37

Cu(II) iyonunun simetri merkezinde bulunduğu yapıda iki hydet-en ligantı iki dişli olarak koordine olurken, tpht<sup>2-</sup> anyonu ise serbest olarak yapıda bulunmaktadır. Bakır merkezi düzgün bir kare düzlem geometriye sahiptir. L Yang et al. (2007) dört koordinatlı yapıları tanımlamak için  $\tau_4 = \frac{360^{\circ} - (\alpha + \beta)}{141^{\circ}}$  eşitliğini üretmişlerdir. Bu eşitliğe göre  $\alpha$  ve  $\beta$  en büyük açılardır ( $\alpha=180^{\circ}$  ve  $\beta=180^{\circ}$ ) (Çizelge 2). Eğer  $\tau_4$  0 olursa mükemmel bir kare düzlem, 1 ise mükemmel bir tetrahedral geometriye sahip olacağını gösterir,  $0 < \tau_4 < 1$  aralığında ise trigonal piramit geometrisine sahip olacaktır. Çizelge 2 de ki açılı

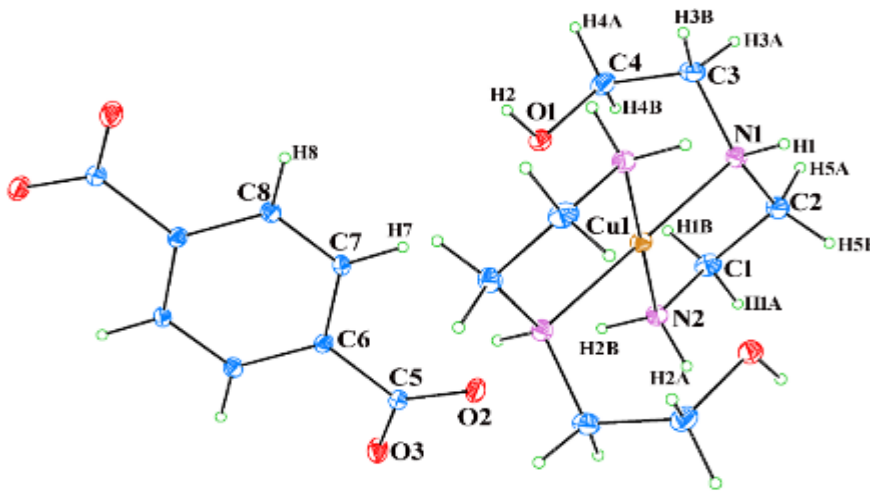
kullanarak elde edilen  $\tau_4$  değeri 0 dır. Bu değer de mükemmel bir kare düzlem geometrisini desteklemektedir. Kare düzlem geometriye sahip kompleksin ekvatorial düzlemini hydet-en ligantlarının birincil ve ikincil amin grupları oluşturmaktadır (Şekil 2).

Çizelge 2'ye bakıldığında Cu1...O1 arasındaki en uzun etkileşim 2.490 Å dur. Bu durum genişletilmiş sözde oktahedral 4+2 koordinasyon küresi ile sonuçlanır (Johnston et al., 2010). Cu-O (2.490 (16) Å) uzaklığı dört Cu-N uzaklığından daha uzundur. Tüm N-Cu-N bağ açıları 90°'den oldukça sapmıştır. Bu durum muhtemelen ligantların şeklinden kaynaklanan sterik etkilerden kaynaklanmaktadır. Bu sapmalar literatürdeki diğer hydet-en içeren kompleksler ile uyumludur (Grirrane et al., 2004).

Tereftalat anyonu Cu(II) metaline koordine olmadığından, anyondaki karboksilat grupları fenil düzlemine göre çok az dönmüştür. Fenil halkası ve karboksilat grupları arasındaki torsiyon açıları O3-C5-C6-C7=17.6(6)°, O3-C5-C6-C8<sup>ii</sup>=20.1(7)°, O2-C5-C6-C8<sup>ii</sup>=-160.5° ve O3-C5-C6-C7=-160.7°'dir. Bu verilere göre karboksil grupları fenil halkasından bir miktar sapmıştır.

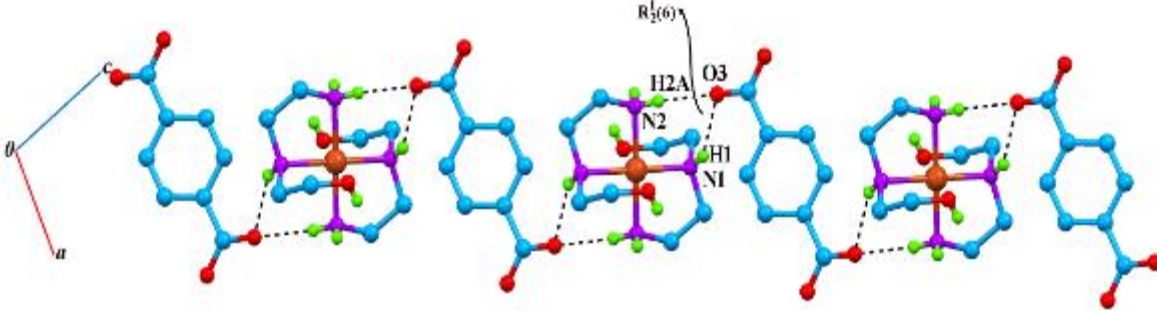
**Çizelge 2.** [Cu(hydet-en)<sub>2</sub>].(tpht) kompleksi için bazı geometrik parametreleri (Simetri kodları: (i)-x,-y,-z, (ii)-x-1,-y,-z-1) [Cu(hydet-en)<sub>2</sub>].(tpht) (Karadag et al., 2007)

Bağ uzunluğu (Å)		
Cu-N1/N1 <sup>i</sup>	2.037(4)	2.138(2)
Cu-N2/N2 <sup>i</sup>	2.005(4)	2.178(2)
Cu...O1/O1 <sup>i</sup>	2.490(4)	-
C5-O2	1.261(3)	-
C5-O3	1.237(3)	-
Bağ açısı (°)		
N1-Cu-N1 <sup>i</sup>	180.00(3)	180.00
N1-Cu-N2	85.26(16)	81.83(8)
N1-Cu-N2 <sup>i</sup>	94.74(16)	81.83(8)
N2-Cu-N2	180.0(3)	180.00
N2-Cu-N1 <sup>i</sup>	94.74(16)	81.83(8)
N1 <sup>i</sup> -Cu-N2 <sup>i</sup>	85.26(16)	81.83(8)
Torsiyon açıları (°)		
O2-C5-C6-C7	17.6(6)	-
O3-C5-C6-C8 <sup>ii</sup>	20.1(7)	-
O2-C5-C6-C8 <sup>ii</sup>	-160.5(5)	-
O3-C5-C6-C7	-161.7(5)	-



**Şekil 2.** [Cu(hydet-en)<sub>2</sub>].(tpht) bileşiğinin kristal yapısı (Yerleşim parametreleri %20 olasılıkla çizilmiştir)

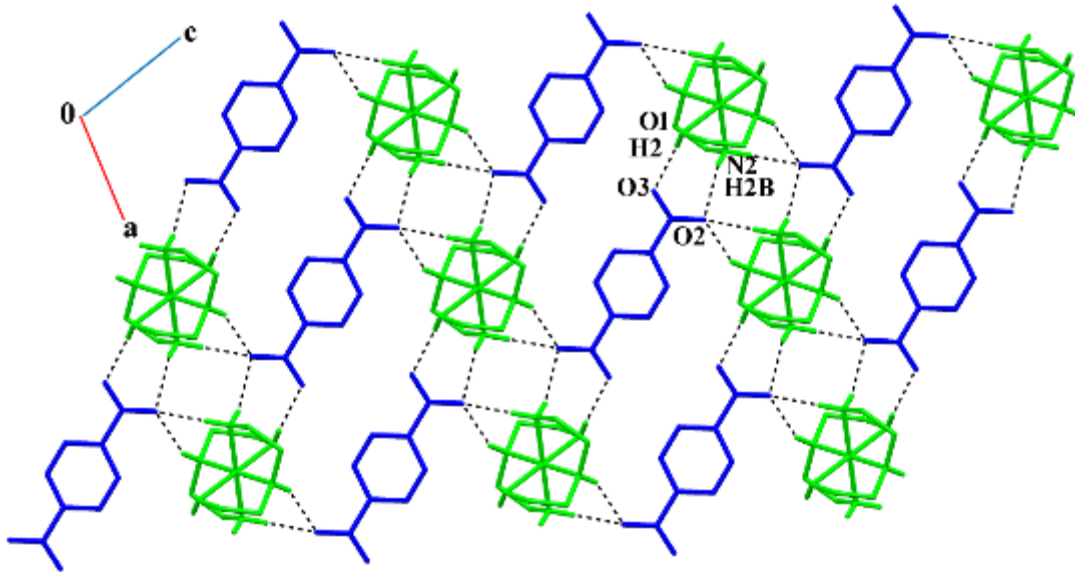
Ayrık bulunan  $[\text{Cu}(\text{hydet-en})_2]^{2+}$  kationu ile  $\text{tpht}^{2-}$  anyonu birbirlerine hidrojen bağları ile bağlanmaktadır. Hydet-en liganının amin grupları ile tereftalat anyonunun karboksilat grupları arasında  $\text{N1-H1}\cdots\text{O2}$  ve  $\text{N2-H2A}\cdots\text{O2}$  hidrojen bağları  $[101]$  doğrultusunda bir boyutlu doğrusal bir zincir oluşturur (Çizelge 3). Koordinasyon monomeri  $R_2^1(6)$  halkalarını oluşturur ve halka merkezleri  $\frac{1}{4}+n_1$ ,  $0$ ,  $n_2$  ( $n_1$  ve  $n_2$ ;  $0$  veya tamsayı) konumundadır (Etter, 1990) (Şekil 3).



Şekil 3.  $[\text{Cu}(\text{hydet-en})_2].(\text{tpht})$  bileşiğinin hydet-en ve tpht ligantları arasında  $[101]$  doğrultusunda  $R_2^1(6)$  halkalarının oluşturduğu 1D polimerik yapı (şekilde hidrojen bağı yapmayan hidrojen atomları sadelik açısından gösterilmemiştir)

Çizelge 3.  $[\text{Cu}(\text{hydet-en})_2].(\text{tpht})$  kompleksinin hidrojen bağ geometrisi

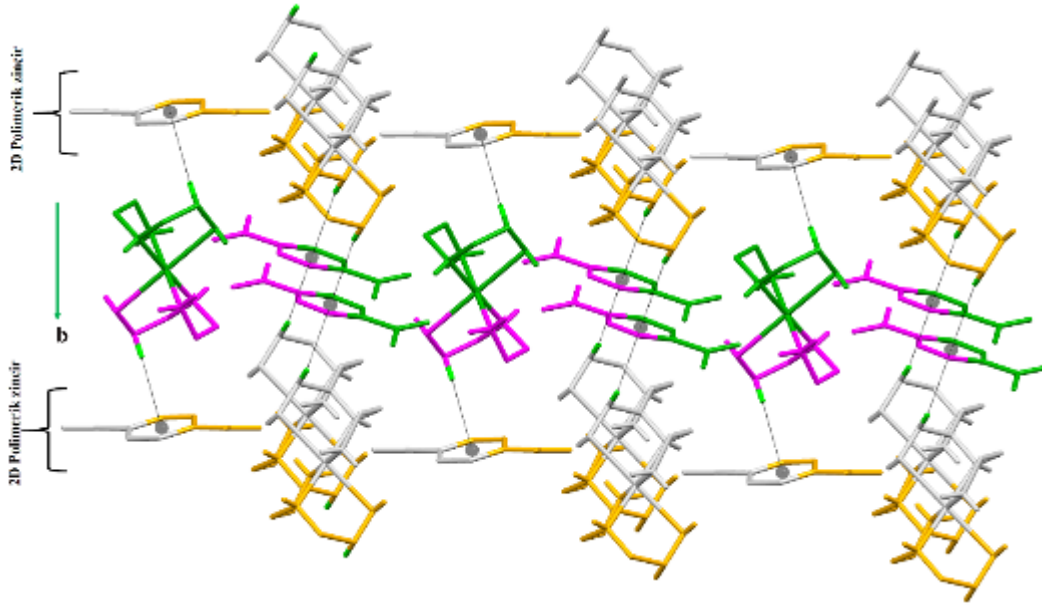
D-H...A	d(D-H)	d(H...A)	d(D...A)	$\angle\text{D-H}\cdots\text{A}$	Simetri kodu
$\text{N1-H1}\cdots\text{O2}^{\text{i}}$	0.91 (3)	2.26(3)	3.058(3)	146(3)	i: $1/2-x, 1/2+y, 1/2-z$
$\text{N2-H2A}\cdots\text{O2}^{\text{ii}}$	0.90(4)	2.09(4)	2.911(3)	151(3)	ii: $1/2+x, 1/2-y, 1/2+z$
$\text{N2-H2B}\cdots\text{O2}^{\text{iii}}$	0.90(4)	2.13(4)	3.004(3)	164(3)	iii: $3/2-x, 1/2+y, 1/2-z$
$\text{O1-H2}\cdots\text{O3}^{\text{iv}}$	0.68(4)	2.00(4)	2.621(3)	154(3)	iv: $-1/2+x, 1/2-y, 1/2+z$
X-H... $\pi$	d(X-H)	d(H... $\pi$ )	d(X... $\pi$ )	$\angle\text{X-H}\cdots\pi$	Simetri Kodu
$\text{C4-H4A}\cdots\pi^{\text{v}}$	0.84(4)	2.81(4)	3.649(3)	145(3)	v: x, y, z



Şekil 4.  $[\text{Cu}(\text{hydet-en})_2].(\text{tpht})$  bileşiğinde amin grupları ile karboksilat grupları arasında bulunan asimetric  $\text{N-H}\cdots\text{O}$  ve  $\text{O-H}\cdots\text{O}$  hidrojen bağlarının oluşturduğu  $R_2^2(8)$  halkaları (şekilde hidrojen bağı yapmayan hidrojen atomları sadelik açısından gösterilmemiştir)



Terefitalat anyonunun karboksilat grupları ile hydet-en ligantlarının birincil aminleri arasındaki (N-H···O) hidrojen bağları ve hidroksil grupları arasındaki (O-H···O) hidrojen bağları 1D polimerik tabakaları birbirlerine bağlayarak 2D düzlemsel yapı oluşturur. Koordinasyon polimerleri  $R_2^2(8)$  sintonlarını oluşturur ve halka merkezleri  $0.83-n_1$ ,  $0.03$ ,  $1.14+n_2$  ( $n=0$  veya tamsayı) konumundadır (Şekil 4). Hydet-en ligantının C4-H4A bağı terefitalat anyonunun benzen halkasına  $\pi$  etkileşimi yaparak 2D polimerik düzlemleri 3D supramoleküler yapıya tamamlar (Şekil 5).

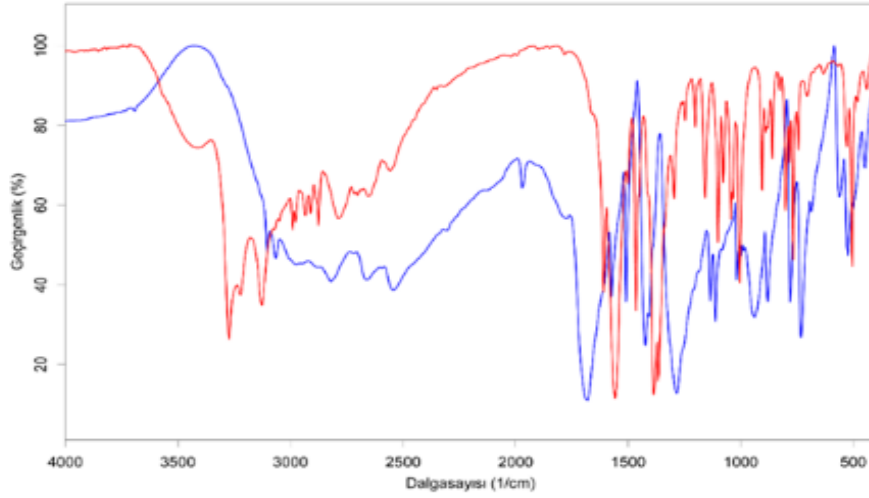


Şekil 5. [Cu(hydet-en)<sub>2</sub>].(tpht) bileşiğinde C-H··· $\pi$  etkileşimleri ile 2D polimerik yapının b-yönünde ilerlemesi

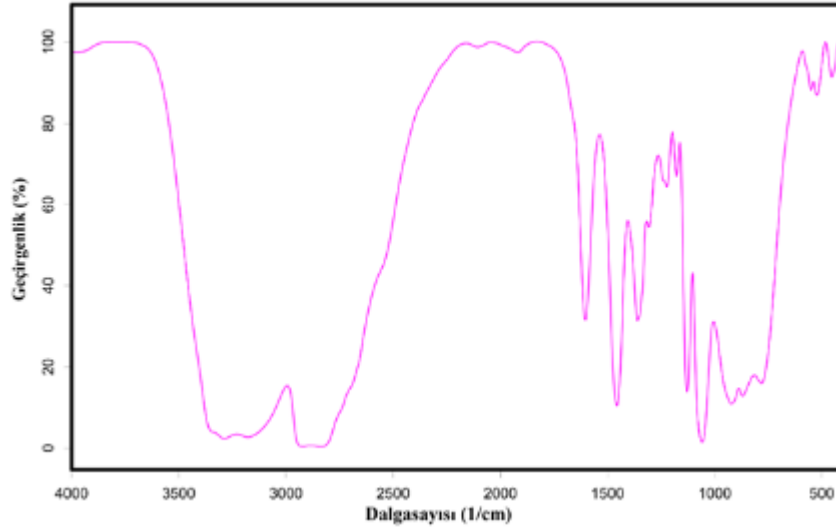
### FT-IR spektroskopisi

Bu çalışmada, [Cu(hydet-en)<sub>2</sub>].(tpht) bileşiğinin titreşimsel olarak incelenmesi orta IR bölgesinde, terefitalat anyonunun ve hydet-en ligantının karakteristik titreşimleri göz önüne alınarak yapılmaktadır. Terefitalik asit (Al-Hashemi et al., 2010), Hydeten ve bileşiğin IR spektrumu Şekil 7-8’de verilmektedir. Terefitalik asitin yapısal davranışı karboksil grupların simetrik ve asimetric gerilme titreşimi ile karakterize edilir. Karboksilik asitin koordine olup olmamasına, protone ve deprotone durumlarına veya hidrojen bağına katılıp katılmama durumuna göre bu titreşim frekanslarında yüksek ya da alçak değerlere doğru kaymalar gözlenmektedir.

Serbest terefitalik asitin IR spektrumunda, karboksil grubunun  $\nu(C=O)$  titreşimi  $1684\text{ cm}^{-1}$ ’de gözlenirken deprotone terefitalat anyonunda  $\nu(C=O)$  titreşimi  $1663\text{ cm}^{-1}$  e kaymaktadır. [Cu(hydet-en)<sub>2</sub>].(tpht) bileşiğinin spektrumunda bu kaymalar C=O çift bağı karakterinin zayıflamasına neden olan hidrojen bağından kaynaklanmaktadır (Álvarez et al., 2010; Malaestean et al., 2008). Ayrıca  $1558\text{ cm}^{-1}$  ve  $1338\text{ cm}^{-1}$  de sırasıyla  $\nu_{as}(COO^-)$  ve  $\nu_s(COO^-)$  gerilme titreşimleri ortaya çıkması terefitalik asitin deprotone olduğunu desteklemektedir ve bu değerler literatürle uyumludur (L N Yang et al., 2013) (Çizelge 4). Komplekste benzen halka soluklanma titreşimi ( $1005\text{ cm}^{-1}$ ) serbest duruma göre ( $1013\text{ cm}^{-1}$ ) büyük ölçüde bir değişim gözlenmemiştir.



Şekil 7. [Cu(hydet-en)<sub>2</sub>].(tpht) bileşiğinin IR spektrumu (kırmızı çizgi), tereftalik asitin IR spektrumu (mavi çizgi)



Şekil 8. Hydeten liganının IR spektrumu

Bu çalışmada serbest tereftalik asitin OH gerilme titreşimi yaklaşık  $3297\text{ cm}^{-1}$  de gözlenirken komplekste gözlenememiştir. Bunun nedeni tereftalik asitin tamamen deproton olmasıdır. X-ışını analizinden de görüldüğü gibi kompleksin spektrumunda  $3413\text{ cm}^{-1}$  de ortaya çıkan titreşim piki hydet-en liganının OH grubundan kaynaklanmaktadır. Bakır-hydeten komplekslerinin IR spektrumlarından yararlanarak yapılan yapısal tartışmalarda genellikle hidroksil (OH), ikincil amin (NH) ve birincil amin (NH<sub>2</sub>) gruplarının gerilme titreşimi dikkate alınmaktadır. Hydeten liganının IR spektrumunda asimetrik ve simetrik  $\nu(\text{NH}_2)$  titreşimlerinden dolayı sırasıyla  $3288\text{ cm}^{-1}$  ve  $3178\text{ cm}^{-1}$  de şiddetli bantlar ortaya çıkmaktadır. Komplekste ise  $3273\text{ cm}^{-1}$  ve  $3127\text{ cm}^{-1}$  de ortaya çıkmaktadır. Görüldüğü gibi kompleksin spektrumunda gözlenen bu kaymalar metal-ligant koordinasyonundan veya hidrojen bağından kaynaklanmaktadır. Serbest hydeten liganı ile kompleksin IR spektrumu karşılaştırıldığında  $\nu(\text{NH})$  titreşimi  $3222\text{ cm}^{-1}$  de görülmektedir (Karadag et al., 2005).

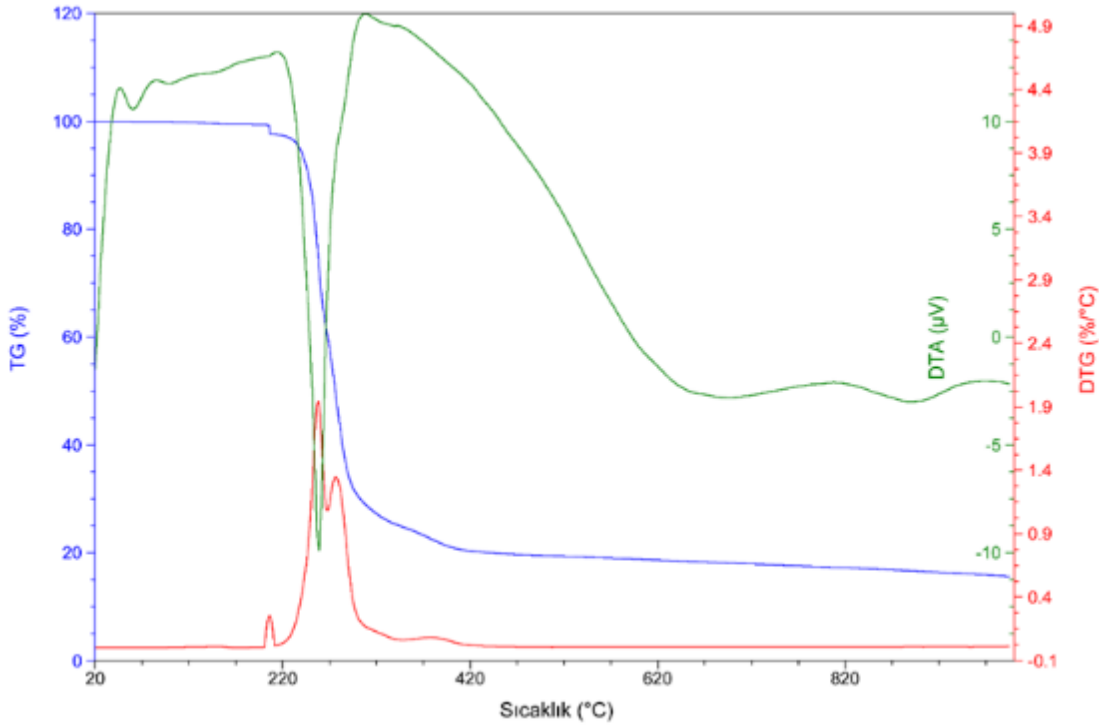
## Tereftalat ile [N-(2-Hidroksietil)-Etilendiamin] İçeren Karışık liganlı Bakır(II) Kompleksinin Sentezi, Spektral, Termal ve Yapısal Karakterizasyonu

**Çizelge 4.** Bakır-Tereftalik asit- N-(2-hidroksietil)etilendiamin bileşikleri ile tereftalik asitin bazı karakteristik titreşim pikleri ( $\text{cm}^{-1}$ ) ve literatür değerleri

H <sub>2</sub> tpht	H <sub>2</sub> tpht <sup>a</sup>	Hydet-en	Cu-tpht <sup>b</sup>	Kompleks	Titreşimler
-	-	3352	-	3413	$\nu(\text{OH})_{\text{hydeten}}$
3297	3450,3445	-	3461	-	$\nu(\text{OH})_{\text{karboksil}}$
-	-	-	-	-	$\nu(\text{OH})_{\text{w}}$
-	-	3288	-	3273	$\nu_{\text{as}}(\text{NH}_2)$
-	-	-	-	3222	$\nu(\text{NH})$
-	-	3178	-	3127	$\nu_{\text{s}}(\text{NH}_2)$
3104,3066	3100,3060	-	3225,3105	3071,3049	$\nu(\text{CH})$
-	-	2921	-	2991,2977,2933	$\nu_{\text{as}}(\text{CH}_2)$
-	-	2832	-	2911,2876	$\nu_{\text{s}}(\text{CH}_2)$
1684	1690,1680	-	1700	1663	$\nu(\text{C}=\text{O})$
-	-	1603	-	1609	$\delta(\text{NH}_2)$
1574	1580	-	-	1574	$\nu(\text{halka})$
1540,1424	1510,1430	-	1433	-	$\delta(\text{OH})$
1481	-	-	1657	1500	$\nu(\text{C}=\text{C})$
-	-	-	1609	1558	$\nu_{\text{as}}(\text{COO}^-)$
-	-	1456	-	1466,1451	$\delta(\text{CH}_2)$
1407,1387	1410	1360	-	1413,1387,1366	$\nu(\text{CC})$
-	-	-	1364	1338	$\nu_{\text{s}}(\text{COO}^-)$
-	-	1306	-	1330	$\omega(\text{CH}_2)$
-	1280	-	-	1296	$\nu(\text{C}-\text{C})$
1251	-	-	-	1259	$\nu(\text{halka})$
-	-	1223	-	1249	$\delta(\text{NH}_2)+\delta(\text{CH}_2)$
-	-	1178	-	1202	$\nu(\text{C}-\text{O})$
1136	1140,1020	-	-	1158	$\delta(\text{CH})$
-	-	1129	-	-	$\text{tw}(\text{CH}_2)$
1113	-	-	-	1113,1101	$\nu(\text{CC})+\delta(\text{CH})$
-	-	1059	-	1078	$\nu(\text{NH}_2)$
1018	-	-	-	1005	Halka soluklanması
996	-	-	-	-	$\delta(\text{halka})$
986	990,970	-	-	982	$\nu(\text{C}-\text{O})$
-	940,930	922	-	905	$\gamma(\text{OH})$
880	-	-	-	890,882	$\gamma(\text{CH})$
813	-	-	-	828	$\delta(\text{halka})$
-	-	869,781	-	860,755	$\gamma(\text{OH})$
-	-	-	-	801	$\delta(\text{COO}^-)$
780	780,775	-	-	784	$\delta(\text{CC}=\text{O})$
734	730,725	-	-	744	$\gamma(\text{CH})$
-	-	-	-	705	$\delta(\text{COOH})$
560,525	560,530	454	-	566,529	$\gamma(\text{CCC})$
-	-	-	-	506	$\nu(\text{M}-\text{O})$
-	450	412	-	481	$\gamma(\text{CC}=\text{O})$

<sup>a</sup>(Karthikeyan et al., 2015); <sup>b</sup>(Al-Hashemi et al., 2010)**Termogravimetrik Analiz**

[Cu(hydet-en)<sub>2</sub>].(tpht) kompleksinin termal analiz eğrisi iki basamakta gerçekleşmektedir (Şekil 9). Kompleksin TG bozunma eğrisinde ilk basamak 207-289 °C sıcaklık aralığında hızlı bir bozunma gerçekleşmekte ve maksimumları 256, 277 °C'de birer mol hydeten ligantı ve tereftalat anyonu bozunmaktadır. Son basamakta ise kalan son hydeten ligantının 382 °C'de bozunduğu görülmektedir. Bu basamakta 289-998 °C sıcaklık aralığında %19.0'lık kütle azalması ile sonuçlanmaktadır (hes: %20.2). Kompleksin son bozunma ürünü CuO'dur ve deneysel %84.3, hesaplanan %82.2 lik kütle kaybı ile değerler hemen hemen bir biriyle uyum içindedir.

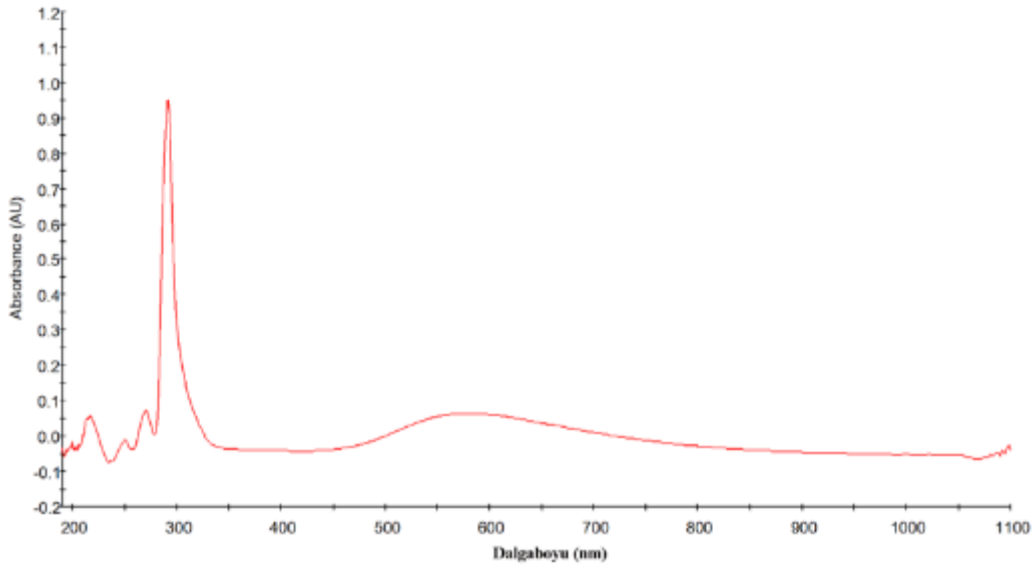
Şekil 9. [Cu(hydet-en)<sub>2</sub>].(tpht) kompleksinin termik analiz eğrisi

### UV-Vis spektroskopisi

[Cu(hydet-en)<sub>2</sub>].(tpht) kompleksi ise mükemmel bir kare düzlem geometriye sahiptir. Kare düzlem çevreye sahip  $d^9$  konfigürasyona sahip Cu(II) metali  ${}^2B_{1g} \rightarrow {}^2A_{1g}$  (917 nm),  ${}^2B_{1g} \rightarrow {}^2B_{2g}$  (763 nm) ve  ${}^2B_{1g} \rightarrow {}^2E_g$  (699 nm) olmak üzere üç d-d geçişi gözlenmektedir. Buna rağmen kare düzlem geometriye sahip komplekslerin UV-Vis spektrumunda genellikle geniş bir bant gözlenir (Nishida and Kida, 1979; Willett et al., 1967). Bu bant [Cu(hydet-en)<sub>2</sub>].(tpht) 578 nm de ortaya çıkmaktadır (Şekil 10). 350 nm'nin altındaki absorpsiyon bantları izofitalat anyonu ve hydet-en liganının, ligan-ligan ve ligan-metal veya metal-ligan yük aktarım geçişlerinden kaynaklanmaktadır. Komplekslerde gözlenen 200 nm ile 300 nm aralığındaki bu pikler izofitalik asitin ve hydet-en liganının  $\pi \rightarrow \pi^*$  ve  $n \rightarrow \pi^*$  geçişlerinden kaynaklanmaktadır (Li et al., 2016; Mahalakshmi and Raman, 2013) (Çizelge 5). 300 nm ile 450 nm aralığındaki pikler ise ligan-metal veya metal-ligan yük aktarım geçişinden kaynaklı olarak ortaya çıkar (Shi et al., 2011).

Çizelge 5. Bakır(II)-tpht-hydeten bileşiklerinin elektronik spektrum sonuçları

Kompleksler (Renk)	$\lambda_{\text{maks}}$ (nm)			d→d geçiş türü
	L→L	L→M	d→d	
<b>Kompleks</b> (Açık mavi)	200	393	578	${}^2B_{1g} \rightarrow {}^2A_{1g}$
	213			${}^2B_{1g} \rightarrow {}^2B_{2g}$
	250			${}^2B_{1g} \rightarrow {}^2E_g$
	270			
	291			
<b>Tereftalik asit</b> (Renksiz)	205	-	-	-
	219			
	247			
	273			
	298			



Şekil 10. [Cu(hydet-en)<sub>2</sub>].(tpht) kompleksinin elektronik spektrumu

## SONUÇ

Bu çalışmada izofitalik asit içeren [Cu(hydet-en)<sub>2</sub>].(tpht) karışık ligantlı tek kristal sentezlenmiş, yapısı X-ışını kırınım yöntemi ile aydınlatılmıştır. Kompleks de termal analiz (TG, DTG, DTA), FT-IR, UV-Vis spektroskopik yöntemleri ile incelenmiştir. Bakır (II) metaline heydet-en ligantları iki dişli bağlanırken tereftalat anyonu ise birim hücrede serbest olarak bulunmaktadır. Kompleks kare düzlem geometriye sahiptir. Kompleksin supramoleküler yapısı hidrojen bağları ve C-H... $\pi$  etkileşimleri ile sağlanmaktadır. Tereftalik asit ile hazırlanan komplekslerin IR spektrumlarında  $1558\text{ cm}^{-1}$  ve  $1338\text{ cm}^{-1}$  de ortaya çıkan asimetric ve simetric  $\nu(\text{COO}^-)$  gerilme pikleri dikarboksilat anyonlarının metale bağlanma şekli hakkında bilgi vermektedir.  $\Delta\nu$  değeri  $220\text{ cm}^{-1}$  olarak bulunmuştur. Bu değer literatür ile karşılaştırıldığında hiç bağ yapmadığını göstermektedir. Diğerleri ise çift dişli veya şelat bağ yapma durumuna göre  $\Delta\nu$  değeri farklılık göstermektedir. Komplekslerin termik özellikleri TG, DTG ve DTA teknikleri ile incelendi. Komplekslerin azot atmosferinde bozunmaları sonucunda son ürün olarak metal oksitleri meydana gelmiştir. Komplekslerin UV-Vis spektrumlarında 200-350 nm aralığında meydana gelen yüksek enerjili  $\pi \rightarrow \pi^*$  ve  $n \rightarrow \pi^*$  geçişlerine ait pikler ve yük aktarım geçişleri gözlenirken, görünür bölgede kompleksde d-d geçişi 578 nm de gözlenmektedir ve  ${}^2B_{1g} \rightarrow {}^2E_g$  geçişine karşılık gelir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma finansal olarak Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (Project No: PYO.FEN.1904.10.07).

## EK MATERYAL

Bu çalışma için CCDC No: 1966210 ek kristalografik verileri içerir. Bu veri <http://www.ccdc.cam.ac.uk/> adresinden ücretsiz olarak elde edilebilir.

## KAYNAKLAR

Al-Hashemi R, Safari N, Amani S, Amani V, Abedi A, Reza Khavasi H, Weng Ng S, 2010. Synthesis, characterization, and crystal structure determination of two copper (II) complexes:[Cu (dm4bt) Cl<sub>2</sub> (DMSO)] and [ $\{\text{Cu (dm4bt)(H}_2\text{O)(tpht)}\} \cdot \text{H}_2\text{O}$ ] n. Journal of Coordination Chemistry, 63(18): 3207-3217.



- Álvarez L, Grirrane A, Moyano R, Álvarez E, Pastor A, Galindo A, 2010. Comparison of the coordination capabilities of thiodiacetate and oxydiacetate ligands through the X-ray characterization and DFT studies of  $[V(O)(tda)(phen)] \cdot 4H_2O$  and  $[V(O)(oda)(phen)] \cdot 1.5H_2O$ . *Polyhedron*, 29(16): 3028-3035.
- Choubey S, Roy S, Bhar K, Ghosh R, Mitra P, Lin C-H, Ribas J, Ghosh BK, 2013. Syntheses, structures, and magnetic properties of terephthalato bridged dinuclear copper(II) and manganese(II) complexes with a tetradentate N-donor Schiff base. *Polyhedron*, 55: 1-9.
- Etter MC, 1990. Encoding and decoding hydrogen-bond patterns of organic compounds. *Accounts of chemical research*, 23(4): 120-126.
- Farrugia LJ, 1997. ORTEP-3 for Windows-a version of ORTEP-III with a Graphical User Interface (GUI). *Journal of Applied Crystallography*, 30(5-1): 565-565.
- Farrugia LJ, 1999. WinGX suite for small-molecule single-crystal crystallography. *Journal of Applied Crystallography*, 32(4): 837-838.
- Feng S, Xu R, 2001. New materials in hydrothermal synthesis. *Accounts of chemical research*, 34(3): 239-247.
- Férey G, 2001. Microporous solids: From organically templated inorganic skeletons to hybrid frameworks... ecumenism in chemistry. *Chemistry of materials*, 13(10): 3084-3098.
- Golovanov I, Zhenodarova S, 2006. Quantitative structure-property relationship: XXVI. Toxicity of aliphatic carboxylic acids. *Russian journal of general chemistry*, 76(1): 40-44.
- Grirrane A, Pastor A, Mealli C, Ienco A, Rosa P, Prado-Gotor R, Galindo An, 2004. Synthesis, structure, magnetic and electrochemical properties of an oxydiacetate iron(II) complex. *Inorganica Chimica Acta*, 357(14): 4215-4219.
- Han L, Sakamoto Y, Terasaki O, Li Y, Che S, 2007. Synthesis of carboxylic group functionalized mesoporous silicas (CFMSs) with various structures. *Journal of Materials Chemistry*, 17(12): 1216-1221.
- Johnston LL, Nettleman JH, Braverman MA, Sposato LK, Supkowski RM, LaDuca RL, 2010. Copper benzenedicarboxylate coordination polymers incorporating a long-spanning neutral co-ligand: Effect of anion inclusion and carboxylate pendant-arm length on topology and magnetism. *Polyhedron*, 29(1): 303-311.
- Karadag A, Bulut A, Senocaky A, Uçar İ, Bueyuekguengoerz O, 2007. Preparations, IR spectra and crystal structures of cyano-bridged bimetallic complexes of zinc (II) and cadmium (II) with tetracyanopalladate (II). *Journal of Coordination Chemistry*, 60(19): 2035-2044.
- Karadag A, Pasaoglu H, Kastan G, Büyükgüngör O, 2005. Synthesis, IR spectrum, thermal behaviour and crystal structure of a novel one-dimensional cyano-bridged zinc(II)/nickel(II) complex. *Zeitschrift für Kristallographie - Crystalline Materials*, 220(1): 74.
- Karthikeyan N, Joseph Prince J, Ramalingam S, Periandy S, 2015. Electronic [UV-Visible] and vibrational [FT-IR, FT-Raman] investigation and NMR-mass spectroscopic analysis of terephthalic acid using quantum Gaussian calculations. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 139: 229-242.
- Li X, Wang R, Zhao H, Wu B, 2016. Co-MOFs with 1,1'-(5-methyl-1,3-phenylene)bis(1H-imidazole) and aromatic carboxylates as coligands: synthesis, structure, and spectroscopic and thermal characterizations. *Journal of Coordination Chemistry*, 69(15): 2247-2262.
- Liu B, Hu W, Robertson GP, Guiver MD, 2008. Poly (aryl ether ketone) s with carboxylic acid groups: synthesis, sulfonation and crosslinking. *Journal of Materials Chemistry*, 18(39): 4675-4682.
- Luttrell WE, Hester RL, 2016. Terephthalic acid. *Journal of Chemical Health and Safety*, 23(6): 49-52.
- Mahalakshmi R, Raman N, 2013. Enthused research on DNA-binding and DNA-cleavage aptitude of mixed ligand metal complexes. *Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc*, 112: 198-205.
- Malaestean Y, Filippova IG, Ellern A, Simonov YA, Baca SG, 2008. Supramolecular architecture of the  $[M(1-MeIm)_2(H_2O)_4]^{2+}$  (M = Ni, Co) complexes with the terephthalate anion. *Russian Journal of Coordination Chemistry*, 34(5): 334-338.

- Mautner FA, Vicente R, Louka FRY, Massoud SS, 2008. Dinuclear fumarato- and terephthalato-bridged copper(II) complexes: Structural characterization and magnetic properties. *Inorganica Chimica Acta*, 361(5): 1339-1348.
- Nishida Y, Kida S, 1979. Splitting of d-orbitals in square planar complexes of copper (II), nickel (II) and cobalt (II). *Coordination Chemistry Reviews*, 27(3): 275-298.
- Panina N, Belyaev A, Simanova S, 2002. Carboxylic acids and their anions. Acid and ligand properties. *Russian journal of general chemistry*, 72(1): 91-94.
- Sheldrick GM, 2008. A short history of SHELX. *Acta Cryst. A: Found Adv.*, 64(1): 112-122.
- Shi Z, Li L, Niu S, Jin J, Chi Y, Zhang L, Liu J, Xing Y, 2011. A series of dn transition metal coordination complexes: Structures and comparative study of surface electron behaviors (n=9, 8, 7, 6, 5). *Inorganica Chimica Acta*, 368(1): 101-110.
- Spek AL, 2009. Structure validation in chemical crystallography. *Acta Crystallographica Section D: Biological Crystallography*, 65(2): 148-155.
- Stoe, Cie X, 2002. Area (Version 1.18) and X-Red32 (Version 1.04). Stoe&Cie, Darmstadt, Germany.
- Willett RD, Liles Jr O, Michelson C, 1967. Electronic absorption spectra of monomeric copper (II) chloride species and the electron spin resonance spectrum of the square-planar CuCl<sub>4</sub><sup>2-</sup> ion. *Inorganic Chemistry*, 6(10): 1885-1889.
- Yang L, Powell DR, Houser RP, 2007. Structural variation in copper (I) complexes with pyridylmethylamide ligands: structural analysis with a new four-coordinate geometry index,  $\tau_4$ . *Dalton Transactions*(9): 955-964.
- Yang LN, Zhou CH, Zhi YX, Hei JH, Li J, Zhang FX, 2013. pH-dependent syntheses and crystal structures, characterizations, and DFT calculations of complexes with 2,2'-biimidazole and terephthalic acid ligands. *Russian Journal of Coordination Chemistry*, 39(8): 620-627.
- Zou Z, Chung B, Nguyen T, Mentone S, Thomson B, Biemesderfer D, 2004. Linking receptor-mediated endocytosis and cell signaling evidence for regulated intramembrane proteolysis of megalin in proximal tubule. *Journal of Biological Chemistry*, 279(33): 34302-34310.

## Türkiye’de Nükleer Enerji Öncesi Trabzon İlinde Yaşayan Bazı İnsanlarda Tritiyum Konsantrasyonları

Serdar DİZMAN<sup>1\*</sup>

**ÖZET:** Çalışma, Türkiye’nin kuzey doğusunda ve Karadeniz sahilinde yer alan Trabzon ilinde gerçekleştirilmiştir. Trabzon ilinin merkez ilçesinde 317 520 kişi yaşamaktadır. İnsanlardaki trityum konsantrasyonu, idrarlarındaki trityum aktivite konsantrasyonunun ölçülmesi suretiyle belirlenir. Bu kapsamda, Türkiye İstatistik Kurumu tarafından belirlenen hanelerde yaşayan 100 katılımcıdan idrar örnekleri alındı ve analiz edildi. Örneklerdeki trityum konsantrasyonları sıvı sintilasyon sayacı (LSC) ile belirlendi. Katılımcıların yaşı 18 ile 65 arasında değişmekte olup, yaş ortalaması 34.99’dur. Katılımcıların idrar örneklerinde ortalama trityum konsantrasyonu  $13.37 \pm 2.33$  Bq L<sup>-1</sup>, maksimum konsantrasyon 33.23 Bq L<sup>-1</sup> olarak bulundu. Uygulanan metodun MDA’sı 2.59 Bq L<sup>-1</sup> olarak belirlendi. 23 örneğin (%23) trityum konsantrasyonu MDA’nın altında tespit edildi. Kadın ve erkeklerin idrar örneklerinde ortalama trityum konsantrasyonları sırasıyla  $13.45 \pm 2.39$  Bq L<sup>-1</sup> ve  $13.32 \pm 2.30$  Bq L<sup>-1</sup> olarak bulundu. Ayrıca, yıllık etkin doz oranları kadınlar için 11.13 nSv ve erkekler için 12.78 nSv olarak hesaplandı. Hesaplanan bu yıllık etkin doz oranları, Uluslararası Radyasyondan Korunma Komitesi (ICRP) tarafından önerilen değerlerden oldukça düşüktür.

**Anahtar Kelimeler:** Tritiyum, insan, yıllık etkin doz, Trabzon.

### Tritium Concentrations in Some People Living in Trabzon Ahead of Nuclear Energy in Turkey

**ABSTRACT:** The study was conducted in Trabzon province wherein north-east Turkey and situated on the Black Sea coast. The population of Trabzon city center is 317 520 people. The tritium concentration in the human body is estimated by measuring the activity concentration of tritium in urine. In this context, urine samples was taken and analyzed from 100 participants living in households determined by Turkey Statistical Institute. Tritium concentrations in the samples were measured by the liquid scintillation counter (LSC). The ages of participants range from 18 to 65, with the average is 34.99. The average tritium concentration in their urine samples was found as  $13.37 \pm 2.33$  Bq L<sup>-1</sup> and the maximum 33.23 Bq L<sup>-1</sup>. The MDA for this method was 2.59 Bq L<sup>-1</sup>. The tritium concentrations of 23 samples (23%) were below of the MDA. The average tritium concentrations in urine samples of females and males were found as  $13.45 \pm 2.39$  Bq L<sup>-1</sup> and  $13.32 \pm 2.30$  Bq L<sup>-1</sup>, respectively. Also, the annual effective dose rates were calculated as 11.13 nSv for females and 12.78 nSv for males. Calculated annual effective dose rates are quite lower than the recommended values by International Commission on Radiological Protection (ICRP).

**Keywords:** Tritium, people, annual effective dose, Trabzon.

<sup>1</sup>Serdar DİZMAN (Orcid ID: 0000-0002-6511-9526), Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Rize, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Serdar DİZMAN, e-mail: serdar.dizman@erdogan.edu.tr

**ETİK KURUL ONAYI / ETHICS COMMITTEE APPROVAL:** Bu makalede yer alan insan deneyi için “Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmaları Etik Kurulu Başkanlığı”nın Tarih: 05.10.2012, Dosya No: 2012-145 ve Karar No: 2012/139 sayılı kararı ile Etik Kurul Onayı alınmıştır.

Geliş tarihi / Received: 26-11-2019

Kabul tarihi / Accepted: 05-01-2020

## GİRİŞ

İnsanoğlu var oluşundan bu yana sürekli olarak radyasyonla iç içe yaşamak zorunda kalmıştır. Dünyanın oluşumuyla birlikte tabiatta yerini alan çok uzun ömürlü (milyarlarca yıl) radyoaktif çekirdekler yaşadığımız çevrede normal ve kaçınılmaz olarak kabul edilen doğal bir radyasyon düzeyi oluşturmuşlardır. Doğal radyasyonlar, Güneş ve yıldızlardan gelen kozmik ışınlar ile yer kabuğunda bulunan radyoizotoplar dolayısıyla toprak, su ve gıdalar gibi doğal kaynaklardan yayınlanan radyasyonlardan ileri gelmektedir. Doğal radyasyonun yanı sıra hızla ilerleyen teknolojinin getirdiği insan kaynaklı (yapay) radyasyon kaynakları çevredeki radyasyon konsantrasyonlarını arttırmaktadır. İnsan kaynaklı yapay radyasyon kaynakları çevreye kontamine olmadan önce insanlardaki ve çevredeki radyasyon düzeylerinin (background) belirlenmesi son derece önemlidir.

Tritiyum, hidrojenin radyoaktif bir izotopudur ve maksimum enerjisi 18.6 keV olan düşük enerjili bir beta parçacığı yayınlar (UNSCEAR, 1982). Tritiyumun yarı ömrü 12.35 yıldır. Tritiyum atmosferin üst tabakalarındaki kozmik nötronların azot atomlarıyla reaksiyona girmesi sonucu doğal olarak, insan aktiviteleri sonucunda ise yapay olarak oluşur. Özellikle nükleer teknolojiye insan kaynaklı üretilen ve ayrıca doğal yolla oluşan radyoaktif tritiyum, izlenmesi gereken radyoizotoplardan birisidir. Çünkü çağımızda doğal enerji kaynaklarının azalması ile birlikte dünyamızın enerji ihtiyacının karşılanması için nükleer enerjinin kullanılması sonucu oluşan insan kaynaklı yapay radyasyon kaynakları, çevresel ortamdaki radyasyon konsantrasyonlarını arttırmaktadır. Tritiyum, atmosfere salındığında hızlı bir şekilde oksitlenerek, tritiumlanmış su (HTO veya T2O) formuna geçer. HTO, insan sağlığı için zararlı olan tritiyum formlarından biridir ve insanlarda iç ışınlanmaya sebep olur (Okada ve Momoshima, 1993; Hill ve Johnson, 1993). HTO, su ve süt gibi sıvı gıdalarla, yiyeceklerle, havadan gaz formu solunumla ve ayrıca deriden soğurularak insan vücuduna girebilir ve tüm vücutta dolaşım sağlayabilir (Belloni ve ark., 1983; Cawley ve ark., 1985; Hill ve Johnson, 1993).

Nükleer santrallerin rutin çalışmalarında çevreye tritiyum saldıkları yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır (Makhijani ve Makhijani, 2009). Ayrıca, 2011 yılı Mart ayında Japonya’da meydana gelen deprem sonrası oluşan tsunami, ülkedeki Fukushima Daiichi Nükleer Santralinin zarar görmesine neden olmuştur. Nükleer santral çevresinde yapılan araştırmalar neticesinde, havadaki tritiyum miktarının ortalamanın üzerine çıktığı yapılan araştırmalarla gösterilmiştir (Matsumoto ve ark., 2013). Ülkemizde de, biri Mersin diğeri Sinop olmak üzere iki adet nükleer santral kurulumu için anlaşmalar imzalanmıştır. Kurulacak olan her iki nükleer santralde basınçlı su reaktörü tipinde olacaktır (ETKB, 2012; ETKB, 2013). Mersin Akkuyu’da kurulacak olan reaktörün ilk ünitesinin 2023 yılında, diğeri üç ünitenin ise birer yıl arayla devreye girmesi planlanmaktadır. Bu nedenle, ülkemizde kurulması planlanan nükleer santrallerde çalışacak olan insanların aldığı tritiyum düzeylerinin, santralden uzakta yaşayan insanlarla karşılaştırılması konusunda mutlaka verilere ihtiyaç duyulacaktır. Bu veriler, ileride oluşabilecek herhangi bir nükleer sızıntı veya nükleer kaza sonucu çevrede yaşayan halkın maruz kalacağı doz değerinin kıyasının yapılabilmesi için gerekli olacak ve referans değerlerini oluşturacaktır.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye’nin nükleer enerjiye geçmeden önce Trabzon ilinde yaşayan bazı insanların idrar örneklerinde tritiyum radyoizotopunun düzeylerini belirlemek ve örnek alınan insanların yıllık olarak alacağı etkin doz oranlarını hesaplamaktır. Ayrıca, hesaplanan yıllık etkin doz oranlarını ICRP (Uluslararası Radyasyondan Korunma Komitesi) tarafından önerilen referans değerlerle mukayese ederek, radyasyon güvenliği açısından değerlendirmektir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmanın etik kurul onayı, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmaları Etik Kurulu Başkanlığı’ndan 05.10.2012 tarih ve 2012/139 nolu kararla alınmıştır.

## Çalışma Bölgesi

Trabzon, Türkiye’nin kuzey doğusunda, Karadeniz sahili kenarında yer alan bir ildir (Şekil 1). Trabzon ili  $38^{\circ} 30'$  –  $40^{\circ} 30'$  doğu meridyenleri ile  $40^{\circ} 30'$  –  $41^{\circ} 30'$  kuzey paralelleri arasında yer almaktadır. Trabzon ilinin alanı  $6934 \text{ km}^2$ 'dir. Trabzon’un merkez ilçe nüfusu 317 520 olup, bu nüfusun 155 450’si erkek, 162 070’i ise kadındır (TÜİK, 2019). Trabzon nüfus sıralamasına göre Türkiye'nin 28. büyük şehridir.



Şekil 1. Türkiye haritasında Trabzon ilinin konumu ve il merkezi

## Örneklerin Toplanması ve Ölçüme Hazırlanması

Çalışmada, idrar örneği alınacak hane adresleri TÜİK tarafından rastgele belirlenmiş olup, her haneden bir kişi çalışmaya dâhil edilmiştir.

Trabzon ilinde yaşayan ve yaşları 18 ile 65 arasında değişen 100 gönüllüden 100 mL’lik polietilen kaplarla 50 mL idrar örneği alındı. Alınan örnekler hızlı bir şekilde laboratuvara ulaştırıldı. İdrar örneklerinden 25 mL alındı ve üzerine 1.25 g aktif karbon eklenerek yaklaşık 5 dk karıştırıldı. Karışım bir süre bekletildi ve ardından süzülerek temiz idrar örneği elde edildi. Filtre edilen örnekler hem idrarın rengini hem de içindeki bazı kimyasal maddeleri yok etmek için destile edildi. Destile örneklerden ayarlı pipetle 10 mL alınarak plastik ölçüm vialleri (Zinsser Analytics, 20 ml) içerisine aktarıldı ve üzerine 10 mL de sintilasyon kokteyli (Ultima Gold LLT, Perkin Elmer Inc) eklenerek ölçüm vialleri hazırlandı. Hazırlanan vialler homojen bir karışım olması için yavaş bir şekilde yaklaşık 1 dk kadar çalkalandı ve vialler, kimyasal etkileşimlerin neden olduğu istenmeyen lüminesans etkilerini yok etmek için karanlık bir ortamda 2 gün saklandı (Puhakainen ve Heikkinen, 2008). Ayrıca, viallerin kapak dışındaki tüm dış yüzeyi kirliliklerin neden olacağı kontaminasyonu önlemek için saf alkollü ve iz bırakmayan bir bezle silindi. Background örneği, trityum içermeyen ultra saf sudan hazırlandı.

## Trityum Konsantrasyonlarının Hesaplanması

Ölçümler, Perkin Elmer Tricarb 2910 TR Sıvı Sintilasyon Sayacı ile gerçekleştirildi. Sıvı sintilasyon sayım yöntemi çevresel ve biyolojik örneklerde trityumun belirlenmesi için en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Ölçüm süresi 60 dk ve 10 tur olmak üzere toplamda 600 dk olarak ayarlandı. Sıvı



sintilasyon sayacında ölçülen örneklerin sonuçları count per minute (cpm) biriminde alındı ve bu sonuçlardan idrar örneklerindeki trityum aktivite konsantrasyonu Eşitlik 1 kullanılarak hesaplandı.

$$A(Bq L^{-1}) = \frac{S - B}{60 \cdot \varepsilon \cdot V} \quad (1)$$

formülde, S örneğin ortalama sayım hızı (cpm), B background örneğinin ortalama sayım hızı (cpm),  $\varepsilon$  sayım verimi, V örneğin hacmi (litre) ve 60 cpm biriminden cps birimine dönüşüm katsayısıdır.

Sayım verimini hesaplamak için sertifikalı trityum standart kaynağından (Eckert & Ziegler, P.O. No.: P700723, Kaynak No: 1676–44) DWS standart vialı hazırlandı ( $4124.90 \pm 132.50 Bq L^{-1}$ ). DWS standart vialinin ölçüm sonucu temelinde uygulanan analiz yönteminin sayım verimi Eşitlik 2 kullanılarak hesaplandı.

$$\varepsilon = \frac{DWS_m - B}{60 \cdot DWS_A} \quad (2)$$

formülde,  $DWS_m$  DWS standardının ortalama sayım hızı (cpm), B background örneğinin ortalama sayım hızı (cpm) ve  $DWS_A$  DWS standardının ölçüm tarihindeki aktivitesidir (dps).

Ölçüm belirsizliği %95 güven düzeyinde değerlendirildi. Bu çalışmada uygulanan ölçüm metodunun minimum dedekte edilebilir aktivitesi (MDA) Eşitlik 3 kullanılarak hesaplandı (Currie, 1968).

$$MDA (Bq L^{-1}) = \frac{3.29 \sqrt{\frac{B}{t_s} + \frac{B}{t_b} + \frac{2.71}{t_s}}}{60 \cdot \varepsilon \cdot V} \quad (3)$$

formülde, B background örneğinin ortalama sayım hızı (cpm),  $t_s$  örneğin sayım süresi (dakika),  $t_b$  background örneğinin sayım süresi (dakika),  $\varepsilon$  sayım verimi ve V örnek hacmidir (litre). Yıllık etkin doz oranları Uluslararası Radyasyondan Korunma Komitesi (ICRP) tarafından tavsiye edilen referans değerler ve ölçüm sonuçları temelinde Eşitlik 4 kullanılarak hesaplandı (ICRP, 1997).

$$H (Sv) = 0.73 \times M \times EDK \times A \quad (4)$$

formülde, M vücut ağırlığı (kg), EDK etkin doz katsayısı ( $1.8 \times 10^{-11} Sv Bq^{-1}$ ), A idrarda bulunan trityum konsantrasyonu ( $Bq L^{-1}$ ) ve 0.73 vücuttaki su kütlelerinin dönüşüm katsayısıdır.

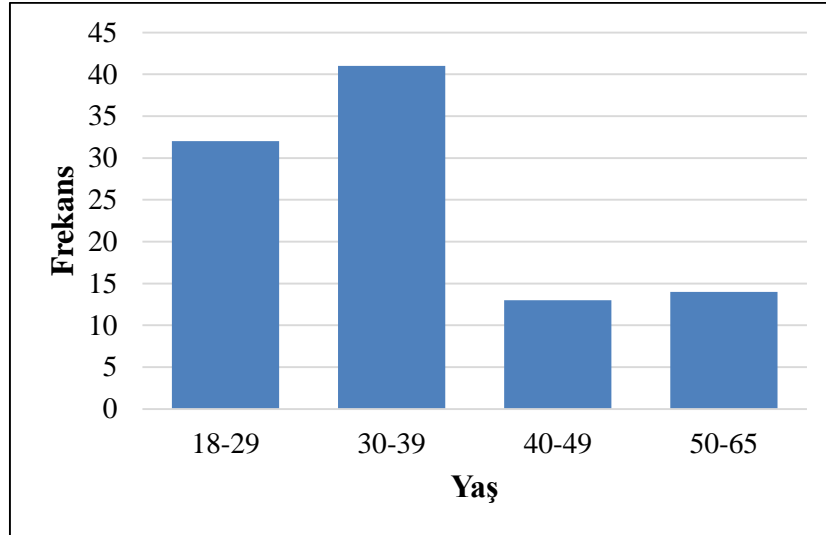
### İstatistiksel Analizler

İstatistiksel analizlerde SPSS yazılımı (IBM, sürüm 21) kullanıldı ve istatistiksel olarak  $p < 0.05$  düzeyi anlamlı kabul edildi. Cinsiyete göre trityum aktivite konsantrasyonları arasında fark olup olmadığı, Mann-Whitney U testi ile değerlendirilmiştir.

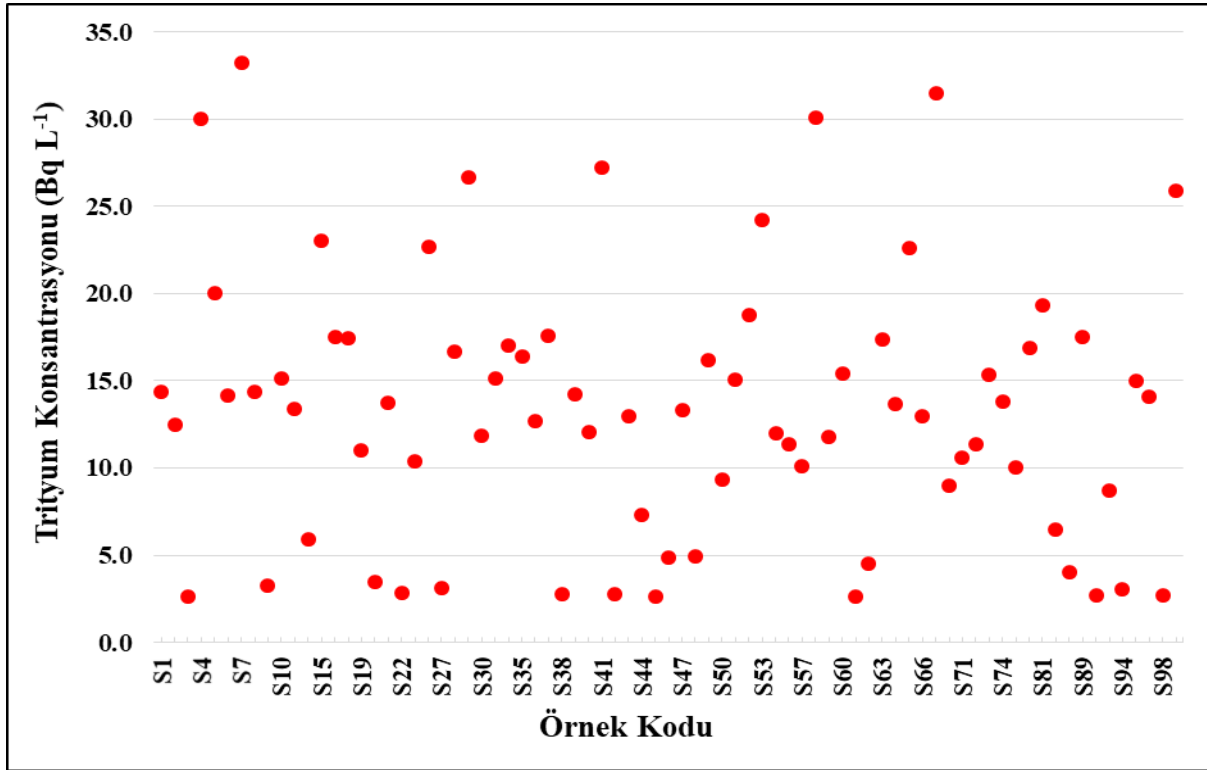
### BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırmaya katılarak idrar örneği veren 100 gönüllünün 58’i erkek (%58), 42’si kadındır (%42). Araştırmaya katılan gönüllülerin yaşları 18 ile 65 arasında değişmekte olup yaş ortalaması 34.99 olarak hesaplandı. Bu gönüllülerin yaşları 18-29, 30-39, 40-49 ve 50-65 olarak yaş gruplarına bölündüğünde, oluşan frekans dağılımı Şekil 2’de gösterilmektedir.

Araştırmaya katılanlardan alınan idrar örneklerinde bulunan trityum aktivite konsantrasyonlarının dağılımı Şekil 3’de verilmektedir. İdrar örneklerinde belirlenen trityum aktivite konsantrasyonları  $< MDA$  ile  $33.23 Bq L^{-1}$  aralığında değişmekte olup, ortalama trityum konsantrasyonu  $13.37 \pm 2.33 Bq L^{-1}$  olarak bulundu.



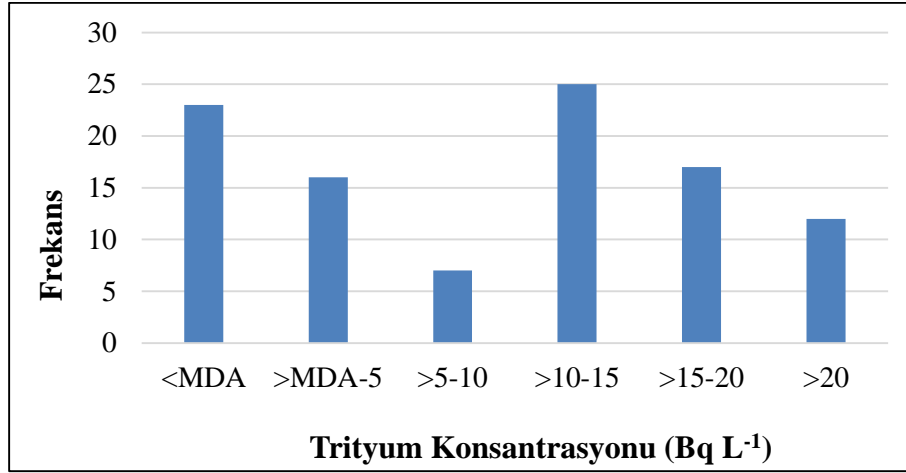
Şekil 2. Katılımcıların yaşlarının frekans dağılımı



Şekil 3. İdrar örneklerinde trityum konsantrasyonlarının dağılımı

Uygulanan analiz yönteminin MDA'sı  $2.59 \text{ Bq L}^{-1}$  olarak hesaplandı ve idrar örneklerinin 23 tanesinin (%23) trityum aktivite konsantrasyonu MDA'nın altında kaldı. İdrar örneklerindeki trityum aktivite konsantrasyonları kategorik olarak gruplandırıldığında, elde edilen frekans dağılımı Şekil 4'de gösterilmektedir.

Kadınların idrar örneklerinde ortalama trityum konsantrasyonu  $13.45 \pm 2.39 \text{ Bq L}^{-1}$  ve maksimum konsantrasyon  $33.23 \text{ Bq L}^{-1}$  olarak bulundu. Erkeklerin idrar örneklerinde ortalama trityum konsantrasyonu  $13.32 \pm 2.30 \text{ Bq L}^{-1}$  ve maksimum konsantrasyon  $31.48 \text{ Bq L}^{-1}$  olarak bulundu. Kadınların idrar örneklerindeki ortalama trityum konsantrasyonu erkeklerinkinden biraz daha yüksek bulundu. Uygulanan istatistiksel test sonucunda, cinsiyete göre trityum aktivite konsantrasyonları arasında anlamlı bir fark olmadığı ( $p > 0.05$ ) bulundu.



Şekil 4. Tritiyum konsantrasyonlarının frekans dağılımı

İnsanlar tarafından vücuda alınan trityumun, içme sularının dışında yiyecek ve diğer kaynaklardan alındığı bilinmektedir. Bununla ilgili Japonya’da 1993 yılında yapılan bir çalışmada, trityum alımının %52’sinin içme sularıyla, %39’unun yiyeceklerden ve %9’unun da havadan alındığı gösterilmiştir (Okada ve Momoshima, 1993). Bunun yanında, araştırmaya katılan gönüllüler trityum içeren boyalardaki trityumlanmış organik bileşikleri solumayla veya trityum barındıran ve kendi kendine parıldayan ürünlerin kullanılması neticesinde trityuma maruz kalmış olabilirler.

ICRP 89 raporunda, kadınlar ve erkekler için ortalama vücut ağırlıkları sırasıyla 60 ve 73 kg olarak verilmektedir. Eşitlik 4’te ilgili değerler yerine konulduğunda, kadınlar ve erkekler için ortalama yıllık etkin dozlar sırasıyla 11.13 ve 12.78 nSv olarak bulundu. Erkeklerin ortalama yıllık etkin doz oranı, kadınların ortalama yıllık etkin doz oranından daha yüksektir. Bununla birlikte vücutta trityum için müsaade edilen yıllık etkin doz oranı 40 000 nSv’dir (ICRP, 1994). Cinsiyete göre bulunan bu yıllık etkin doz oranları müsaade edilen doz limitlerinden oldukça düşüktür. Dolayısıyla, bu çalışmaya katılan gönüllüler için trityum açısından herhangi bir risk olmadığı söylenebilir.

Dünyanın farklı ülkelerinde ve ülkemizde idrar örneklerinde trityum düzeyini belirlemek üzerine yapılmış çalışmalar mevcuttur. İdrar örneklerinde trityum düzeyinin belirlendiği bu çalışma ile ülkemiz ve farklı ülkelerde yapılmış olan çalışmaların ortalama trityum konsantrasyon değerleri Çizelge 1’de verilmiştir. Trabzon ilinde yaşayan insanların idrar örneklerinin ortalama trityum konsantrasyonu, İtalyan ve Türkiye-Giresun halkının idrar örneklerindeki ortalama trityum konsantrasyonundan düşük olmakla birlikte Finlandiya, Kore, Çin ve Türkiye-Rize halkının idrar örneklerindeki ortalama trityum konsantrasyonundan ise yüksektir. Çizelge 1’de görüldüğü üzere, ülkeler arasındaki bu trityum konsantrasyon farklılığı, farklı ekosistemlerde çevresel trityum konsantrasyonunun değişkenliğiyle ve davranışıyla açıklanabilir.

Çizelge 1. Bu çalışmada bulunan trityum konsantrasyonlarının literatür değerleriyle karşılaştırılması

Ülkeler	Tritiyum Konsantrasyonu (Bq L <sup>-1</sup> )	Referans
İtalya	28.86	Belloni ve ark., 1983
Finlandiya	2.55	Puhakainen ve Heikkinen, 2008
Kore	2.80	Yoon ve ark., 2013
Çin	3.53	Shen ve ark., 2015
Türkiye-Giresun	14.35	Dizman ve ark., 2018
Türkiye-Rize	4.66	Dizman ve ark., 2015
Türkiye-Trabzon	13.37	Bu çalışma

## SONUÇ

Trabzon’da yaşayan 100 katılımcıdan alınan idrar örneklerinde ortalama trityum konsantrasyonu  $13.37 \pm 2.33 \text{ Bq L}^{-1}$  ve maksimum konsantrasyon  $33.23 \text{ Bq L}^{-1}$  olarak bulundu. Sonuçların %23’ünün (23 örnek) MDA’nın altında olduğu görüldü. Kadınlar ve erkeklerin idrar örneklerindeki trityum konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olmadığı belirlendi ( $p>0.05$ ). Elde edilen sonuçlar ülkemizde ve farklı ülkelerde yapılan çalışmalarla kıyaslandı. Kadınlar ve erkekler için yıllık etkin doz oranları hesaplandı ve uluslararası kuruluşlar tarafından önerilen değerlerle karşılaştırıldı. Hesaplanan bu yıllık etkin doz oranlarının müsaade edilen doz limitlerinin oldukça altında olduğu tespit edildi. Sonuç olarak, bu çalışmaya katılan gönüllülerde trityum açısından herhangi bir risk olmadığı belirlenmiştir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından “214S221” kodlu proje ile desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Belloni P, Clemente GF, Di Pietro S, Ingra G, 1983. Tritium levels in blood and urine samples of the members of the Italian general population and some exposed subject. *Radiation Protection Dosimetry*, 4: 109–113.
- Cawley CN, Lewis BA, Cannon LA, 1985. Possible parameters in the urinary excretion of tritium. *Transactions of the American Nuclear Society*, 50: 39–44.
- Currie LA, 1968. Limits for qualitative detection and quantitative determination. *Analytical Chemistry*, 40: 586–593.
- Dizman S, Keser R, Yılmaz A, Çakır B, 2018. Giresun ilinde yaşayan insanlarda trityum düzeyleri. *Nature Sciences*, 13(1): 1-6.
- Dizman S, Yılmaz A, Keser R, 2015. Determination of tritium concentrations in humans before the development of a nuclear power plant in Turkey. *Isotopes in Environmental and Health Studies*, 51: 478-484.
- ETKB, 2012. Nükleer Santraller ve Ülkemizde Kurulacak Nükleer Santrale İlişkin Bilgiler. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ankara, 1: 1-61.
- ETKB, 2013. Nükleer Güç Santralleri ve Türkiye. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ankara, 2: 1-28.
- Etnier EL, Travis CC, Hetrick DM, 1984. Metabolism of organically bound tritium in man. *Radiation Research*, 100: 487–502.
- Hill RL, Johnson JR, 1993. Metabolism and dosimetry of tritium. *Health Physics*, 65: 628–647.
- ICRP, 1999. Protection of the public in situations of prolonged radiation exposure. *International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 82, Ann. ICRP 29, Ottawa.*
- ICRP, 1997. Individual monitoring for internal exposure of workers. *International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 78, Ann. ICRP 27, Ottawa.*
- ICRP, 1994. Limits for intakes of radionuclides by workers. *International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 30, Ann. ICRP 2, Ottawa.*
- Makhijani A, Makhijani A, 2009. Radioactive Rivers and Rain: Routine Releases of Tritiated Water from Nuclear Power Plants. *Science for Democratic Action*, 16: 1-10.
- Matsumoto T, Maruoka T, Shimoda G, Obata H, Kagi H, Suzuki K, Yamamoto K, Mitsuguchi T, Hagino K, Tomioka N, Sambandam C, Brummer D, Klaus P M, Aggarwal P, 2013. Tritium in Japanese precipitation following the March 2011 Fukushima Daiichi Nuclear Plant accident. *Science of the Total Environment*, 445: 365-370.
- Okada S, Momoshima N, 1993. Overview of tritium characteristics, sources, and problems. *Health Physics*, 65: 595–609.
- Puhakainen M, Heikkinen T, 2008. Tritium in the urine in Finnish people. *Radiation Protection Dosimetry*, 128: 254–257.

- Shen BM, Ji YQ, Tian Q, Shao XZ, Yin LL, Su X, 2015. Determination of total tritium in urine from residents living in the vicinity of nuclear power plants in Qinshan, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12: 888–894.
- TÜİK, 2019. Adrese Dayalı Nüfus Kayıt sistemi. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- UNSCEAR, 1982. Sources and Effects of Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects. Report to the General Assembly with Annexes, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, New York.
- Yoon S, Ha WH, Lee SS, 2013. Tritium analysis of urine samples from the general Korean public. *Applied Radiation and Isotopes*, 81: 276–278.



**Karaman İl Merkezinde Yaşayan Halkın Bilinçli Gıda Tüketim Derecesinin Araştırılması**

Sabire YERLİKAYA<sup>1\*</sup>, Şura Nur KARAMAN<sup>1</sup>, Süheyla TUNA<sup>1</sup>, Hülya ŞEN ARSLAN<sup>1</sup>

**ÖZET:** Araştırmada Karaman şehir merkezinde ikamet eden demografik özellikleri birbirinden farklı rastgele seçilmiş 280 tüketiciye gıda tüketim bilincini belirlemeye yönelik 14 sorudan oluşan bir anket uygulanmıştır. Gıda ürünü satın alırken marka faktörüne dikkat edilip edilmediği ile ilgili sorulan soruya verilen cevaplar ile araştırmaya katılan bireylerin meslek durumları arasındaki ilişkinin önemli olduğu bulunmuştur (P=0.000). Gıdalarda gözlenen bombaj (şişkinlik) olayının neyi ifade ettiği sorulmuş ve alınan cevaplar ile eğitim durumu arasındaki ilişkinin önemli olduğu belirlenmiştir (P=0.021). Eğitim durumu arttıkça verilen cevapların doğruluğu da artmıştır. Fakat katılımcıların büyük bir kısmı et ve süt ile ilgili sorulan sorulara doğru cevaplar verememiştir. Et ve süt ürünleriyle ilgili daha çok anket çalışması yapılmalı ve alınacak sonuçlara göre çeşitli eğitimler düzenlenerek Karaman halkının bilinç derecesi artırılmalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Karaman, gıda bilinci, et, süt, ekmek

**Investigation of The Conscious Food Consumption of People Lived in Karaman City Center**

**ABSTRACT:** In the present study, a questionnaire, consists of 14 questions related to food consumption awareness was conducted on randomly selected 280 individuals living in the city center of Karaman. It was found that the relationship between the answers to the question about whether brand factor was paid attention when purchasing food products and professional status of the individuals participating in the research were significant (P=0.000). What the meaning of the bombing (bloating) observed in foods was asked and the relationship between the answers and educational level was found to be important (P=0.021). As the education level increases, the accuracy of the answers increases. However, most of the participants could not give correct answers to the questions about meat and milk. More surveys on meat and dairy products should be conducted and according to the results, various trainings should be organized and the awareness of Karaman people should be increased.

**Keywords:** Karaman, food conscious, meat, milk, bread

<sup>1</sup> Sabire YERLİKAYA (Orcid ID:0000-0001-9842-5848), Şura Nur KARAMAN (Orcid ID:0000-0002-3469-0535), Süheyla TUNA (Orcid ID:0000-0003-4801-8747), Hülya ŞEN ARSLAN (Orcid ID:0000-0002-1662-2942), Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Karaman, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Sabire YERLİKAYA, e-mail: sabirebattal@kmu.edu.tr

Geliş tarihi / Received: 13-09-2019

Kabul tarihi / Accepted: 18-01-2020

## GİRİŞ

Gıda, insan tüketimine uygun olmayan hayvan, yem, hasat edilmemiş bitkiler, tedavi amaçlı kullanılan tıbbi ürünler, kozmetikler vb. hariç insanlar tarafından yenilen, içilen her türlü maddeyi ifade eder (Kütahya Valiliği İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, 2015).

İnsan ihtiyaçları önceliklerine göre sıralandığında gıda ilk sırayı almaktadır (Dölekoğlu ve Yurdakul, 2004). Beslenme ise; hayatsal faaliyetleri yerine getirerek uzun süre yaşayabilmek için gerekli olan besin maddelerinin alınması ve vücutta kullanılması işlemidir (Baysal, 1995). Bilinçli Tüketici; mal veya hizmeti satın alırken, ondan yarar sağlamayı amaçlar. Asıl ihtiyaçlarını düşünerek, planlı alışveriş yapar; alışverişin nesnesi değil öznesi olduğunun bilincinde olur. Kalitesi yüksek, sağlıklı, güvenli, çevreci ürünü seçmeye çalışır, tüm bunlarla birlikte bütçesine en uygun ürünü seçip tasarrufa önem verir. Aynı zamanda kaliteyi denetler. Bilinçli tüketici bu durumun bir sonucu olarak da ekonomiyi verimliliğe yönlendirir (Anonim a, 2019). Beslenme toplumlar arası farklılık gösterir. Bu durum toplumdaki bilinçli tüketici sayısı ile ilişkilidir. Sağlığın korunması düzenli beslenmekten geçer. Sağlıklı ve düzenli beslenmek ise bilinçli tüketim ile mümkündür. Bilinçli tüketici kavramı gıda güvenliği ile ilgili problemleri sorunları önleyerek ekonomik kayıpları azaltmak amacıyla ortaya çıkmıştır. Gıda güvenliği, tüketilmesi halinde herhangi bir sorun teşkil etmeyen, besin değeri olan gıda maddesi üretmek olarak belirtilmiştir (Topuzoğlu ve ark., 2007). Bir toplumda bilinçli tüketici sayısının fazla olması bireylerin beslenme, gıda güvenliği gibi konulara yeterince önem verdiğini gösterir.

Gıda ürünleri satın alınırken dikkat edilen hususlar ile ilgili yürütülen bir çalışmada, incelenen kadınlar arasında 32.5 puan alan bir kadının ortalama bir bilinç düzeyine sahip olduğu belirtilmiştir. Fakat kadınların %44.05'i bu ortalamanın altında bir bilinç düzeyine sahipken, ideal bir davranış sergileyen kadınların %3.57'lik bir paya sahip olduğu görülmüştür. Ele alınan gıda güvenliği kriterleri arasında, kadınlar tarafından en fazla önem verilen konunun gıdaların son tüketim tarihi (%78.57) olduğu belirtilmiştir (Uzunöz ve ark., 2008).

Ekmek çeşitleri tüketim tercihlerini ve tüketici bilincini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada erkeklerin beyaz ekmek dışındaki ekmek çeşitlerini kadınlardan daha az oranda tercih ettiği belirlenmiştir. Cinsiyet-tüketim miktarı arasındaki ilişkinin önemli olduğu saptanmıştır. Aynı zamanda besin değeri bakımından daha iyi özelliklere sahip olan diğer ekmek çeşitleri ile ilgili bireylerin bilgilendirilmesinin ve tercih edilebilirliğinin artırılmasının gerekli olduğu gözlemlenmiştir (Aksoylu ve ark., 2014).

Bir diğer çalışmada Tokat ilinde gıda güvenliği konusunda tüketici bilinci incelenmiştir. Tüketicilerin %48.39'unun gıda güvenliği kavramını bilmediği ve bu kavramı hiç duymadığı, %51.61'inin ise gıda güvenliğini daha önce duyduğu saptanmıştır. Duyanların %79.69'u bu kavramı doğru tanımlamıştır. %20.31'i ise bu kavramı daha önce duyduğunu belirtmiş ancak ne anlama geldiğini bilmediği veya yanlış bildiği görülmüştür (Gülse Bal ve ark., 2006)

Dengeli, düzenli ve doğru beslenme konusunda her geçen gün önemli gelişmeler olmaktadır. Buna bağlı olarak da bilinçli tüketici sayısı giderek artmaktadır. Bu doğrultuda kişilerin gıda satın almalarında ve gıdayı hazırlayıp tüketmelerindeki tutum ve davranışlarını ölçmek amacıyla bireylere bir grup soru yöneltilmiştir.

Bu çalışmanın amacı Karaman il merkezinde ikamet eden halkın bilinçli gıda tüketimi karşısındaki bilgi ve tutumlarının incelenmesidir. Literatürde yer alan, Karaman ilinde daha önce gerçekleştirilen benzer anket çalışmaları oldukça sınırlıdır. Söz konusu anket sonuçları Karaman ili merkez ilçede yaşayan bireylerin bilinçli tüketici olma derecesini göstermesi açısından önemlidir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Bilinçli gıda tüketim derecesinin araştırılması amacıyla hazırlanan anketler Karaman ili merkezinde ikamet eden tesadüfi olarak seçilen 280 kişi ile yüz yüze görüşülerek yapılmıştır. Bu amaçla gıdaların tüketilmesi ile ilgili tüketim davranışlarını belirleyici toplam 14 soru içeren bir anket formu hazırlanmıştır. Anket çalışması 2018 yılı Ekim, Kasım, Aralık aylarında gerçekleştirilmiştir.

Anket formu, benzer çalışmalar incelenerek önce taslak olarak hazırlanmış, bireyler tarafından kolaylıkla uygulanabilecek hale getirilerek uygulanmıştır. Ankete katılan tüketicilere genel bilgiler (yaş, cinsiyet, aylık gelir...) ile gıdaları satın alırken öncelikleri, dikkat ettikleri konular, tükettikleri ekmek çeşitleri, dondurulmuş eti çözdürme yöntemleri gibi konular hakkında bilgi sahibi olup olmadıkları ile ilgili sorular yöneltilmiştir.

Verilerin değerlendirilmesinde, SPSS 22 (IBM Corp, Drmonk, NewYork, USA) paket programı kullanılmıştır. Bulgular tablolarda sayı ve yüzde (%) olarak ifade edilmiştir. İstatistiksel analizde ki-kare ( $\chi^2$ ) önemlilik testi kullanılmış (Eşitlik 1.) ve 0.05'ten küçük p değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

$$X_p^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \frac{(Gözlenen_{ij} - Model_{ij})^2}{Model_{ij}} \quad \text{ve} \quad sd=(r-1)(c-1) \quad \text{Eşitlik 1.}$$

Burada  $i = 1$ , r sıra belirteci;  $j = 1$ , c sütun belirteçlerini ifade etmektedir.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırmaya katılanların %58.6'sını kadınlar, %41.4'ünü erkekler oluşturmaktadır. Katılımcıların %65.7'si öğrenciyken, bunu %13.2 ile serbest meslek sahipleri, %12.5 ile memurlar ve %5 ile de ev hanımları izlemektedir. Araştırmaya katılanların %38.2'sinin 0-500 TL, %26.1'inin 1000-3000 TL, %19.3'ünün 500-1000TL ve %11.4'ünün 3000 TL ve üzeri geliri olduğu bulunmuştur. Katılımcıların eğitim durumuna bakıldığında %65.4'ünün lisans, %20'sinin orta öğretim, %5'inin ilköğretim, %3.9'unun yüksek lisans, %2.9'unun doktora seviyesine sahip olduğu bulunmuştur. Araştırma kapsamında katılımcıların %57.9'u 18-23, %18.6'sı 24-28, %10.4'ü 29-35, %7.1'i 36-45, %5.7'si 46 ve üzeri yaşlarda olduğu tespit edilmiştir. Araştırmaya katılanların %3.6'sı mesleklerini, %5'i aylık gelirini, %2.8'i eğitim durumlarını, %0.3'ü yaşlarını belirtmemişlerdir (Çizelge 1). Anket çalışmasına katılma konusunda 18-23 yaş aralığındaki bayan lisans öğrencilerin daha istekli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 2 araştırmaya katılanlara sorulan sorularla yaş, cinsiyet, meslek, aylık gelir ve eğitim durumu arasındaki ilişkileri göstermektedir.

### Genel Tüketim Bilinci

Araştırmaya katılanlara ilk olarak alışveriş yaparken ilk dikkat ettikleri konu sorulmuştur (Soru 1). Alışveriş yapılırken ilk dikkat edilen konu ile bireylerin yaş, cinsiyet, meslek, aylık gelir ve eğitim durumu arasındaki ilişkilerin önemsiz olduğu belirlenmiştir ( $P \geq 0.05$ ). Katılımcıların en fazla dikkat ettikleri konu üretim ve son tüketim tarihi (%51) olurken; gıdanın içeriği (%31) dikkat edilen ikinci önemli konu olmuştur. Bu durumun sebebinin yazılı ve görsel basında gösterilen haberlerin olduğu düşünülmektedir. Bireyler genellikle bilinçli gıda tüketicisi olmanın tek şartının gıdaların son kullanma tarihini bilmekten geçtiğini düşünmektedir. Halbuki sadece bu durum, bilinçli gıda tüketicisi olmak için yeterli değildir. Araştırmaya katılan bireylerin %10'unun gıdanın ambalajına; %2.5'inin gıdanın rengine önem verdiği belirlenmiştir. Çakır ve ark.'nın (2010) Adnan Menderes Üniversitesi öğrencilerinin katılımı ile yaptığı çalışmada, katılımcıların %5'inin gıdanın rengine önem verdiği

belirtilmiştir. Tokat'ta yapılan bir araştırmaya göre ise katılımcıların %90.47'si son tüketim tarihine dikkat ettiği bildirilmiştir (Uzunöz ve ark., 2008). Gündüz ve Aydoğan (2015) tarafından yürütülen ve İnönü Üniversitesi'nde önlisans eğitimi alan öğrencilerin katıldığı bir araştırmada üretim ve son kullanma tarihine dikkat etme sıklığına büyük oranda 'genellikle' cevabı verildiği belirtilmiştir. Amasya'da 470 kişi ile yapılan bir araştırmada katılımcıların %63.2'sinin son tüketim tarihine dikkat ettiği ve %18.3'ünün ambalajlı ürün tercih ettikleri bildirilmiştir (İncedal ve ark., 2017). Manisa'da yapılan bir araştırmaya göre de katılımcıların %60'ı ekmeğin ambalajlı olmasına dikkat etmemektedir (Aksoylu ve ark., 2014). Gözener ve ark.'nın (2009) araştırmasında son tüketim tarihine dikkat edenlerin oranı %90.38; Alpuğuz ve ark.'nın (2009) araştırmasında %60.7; Yaman ve Özgen'in (2007) çalışmasında %78.42 olarak belirtilmiştir.

**Çizelge 1.** Araştırmaya katılanların demografik özellikleri (n=280)

CİNSİYET	n	%
Kadın	164	58.6
Erkek	116	41.4
<b>MESLEK</b>		
Öğrenci	184	65.7
Memur	35	12.5
Serbest Meslek	37	13.2
Ev Hanımı	14	5
<b>AYLIK GELİR (TL)</b>		
0-500	107	38.2
500-1000	54	19.3
1000-3000	73	26.1
3000 ve üzeri	32	11.4
<b>EĞİTİM</b>		
İlköğretim	14	5
Ortaöğretim	56	20
Lisans	183	65.4
Yüksek Lisans	11	3.9
Doktora	8	2.9
<b>YAŞ</b>		
18-23	162	57.9
24-28	52	18.6
29-35	29	10.4
36-45	20	7.1
46 ve üzeri	280	5.7

**Çizelge 2.** Ankete Katılan Bireylerin Demografik Özellikleri ile Anket Soruları Arasındaki ilişkilerin  $\chi^2$  ve P değerleri

Sorular	Yaş		Cinsiyet		Meslek		Aylık gelir		Eğitim durumu	
	$\chi^2$	P	$\chi^2$	P	$\chi^2$	P	$\chi^2$	P	$\chi^2$	P
1	28.138	0.106	6.322	0.176	25.306	0.190	19.093	0.264	22.782	0.300
2	25.656	0.177	5.210	0.266	53.201	0.000	23.560	0.100	27.624	0.119
3	19.379	0.497	9.311	0.054	17.128	0.645	12.817	0.686	34.751	0.021
4	23.917	0.067	9.078	0.028	21.225	0.130	26.992	0.008	17.983	0.264
5	22.153	0.104	5.555	0.135	8.975	0.879	25.872	0.011	13.859	0.536
6	19.428	0.195	6.567	0.087	27.202	0.027	16.032	0.190	4.297	0.997
7	8.875	0.544	2.749	0.253	5.176	0.879	7.1270	0.523	6.349	0.785
8	15.946	0.101	1.936	0.380	19.505	0.034	23.587	0.003	7.364	0.691
9	26.271	0.003	1.007	0.604	25.306	0.005	14.037	0.081	26.116	0.004
10	8.833	0.886	14.634	0.002	11.688	0.702	22.876	0.029	30.309	0.011
11	12.502	0.898	3.779	0.437	38.089	0.009	23.414	0.103	5.638	0.999
12	51.33	0.000	0.934	0.920	17.649	0.611	13.570	0.631	39.047	0.007
13	29.831	0.073	15.198	0.004	33.116	0.33	40.383	0.001	25.410	0.186
14	21.405	0.374	8.899	0.064	19.394	0.496	18.757	0.281	17.505	0.620

2.soru olarak katılımcılara gıda ürünü satın alınırken marka faktörüne dikkat edilip edilmediği sorulmuştur. Demografik değişkenlere bağlı değerlendirme yapıldığında verilen cevaplar ile araştırmaya katılan bireylerin meslek durumları arasındaki ilişkinin önemli olduğu bulunmuştur ( $P=0.000$ ). Katılımcıların %76,4'ü satın aldıkları gıdaların markalarına önem verdikleri tespit edilmiştir. Araştırmaya katılan bireylerin meslek durumları incelendiğinde öğrenci ve memur olan katılımcıların satın aldıkları gıdaların markalarına daha çok dikkat ettiği görülmüştür. Aksoylu ve ark., (2014) yaptıkları bir araştırmada ekmekte marka bilinci ile Manisa'daki katılımcıların cinsiyetleri arasındaki ilişkiyi önemli bulmuşlardır. Bu sonuçlar Akgümüş'ün (2010) elde ettiği sonuçlarla paralellik göstermektedir. Malatya ilinde yapılan bir çalışmada ise 'gıdaların markasına dikkat etme sıklığı'na büyük bir çoğunluğun 'genellikle' cevabını verdiği bildirilmiştir (Gündüz ve Aydoğan, 2015).

Raflarda görülen ürünlerde bombaj (şişkinlik) olmasının neyi ifade ettiği sorulmuştur (Soru 3). Alınan cevaplar ile eğitim durumu arasındaki ilişkinin önemli olduğu belirlenmiştir ( $P=0.021$ ). Soruya cevap veren katılımcıların eğitim durumu arttıkça verilen cevapların doğruluğu da artmıştır. Katılımcıların büyük bir çoğunluğu (%56) bombaj oluşumunun sebebi olarak ürünün hava almış olabileceği seçeneğini tercih etmiştir. Sorulara cevap verenlerin %23'ü ise ürünlere mikrop bulmuş olabileceğini düşünmektedir. Buna bağlı olarak bu şekilde bombaj olan ürünler raflarda görüldüğünde verdikleri tepki sorulmuştur (Soru 4). Cevaplar ile cinsiyet ve aylık gelir arasındaki ilişkinin önemli olduğu belirlenmiştir ( $P=0.028$ ;  $P=0.008$ ). Bayanların bu durum karşısında daha hassas davrandıkları tespit edilmiştir. Aylık geliri düşük olan katılımcı grup (%54.2) kesinlikle satın almayacağı, yetkiliye haber vereceği yönünde cevap vermiştir. Katılımcıların %0.54'ü ise 'önemli değil, satın alırım' seçeneğini işaretlemiştir. Uzunöz ve ark., yaptığı bir araştırmada Tokat ilinde katılımcıların %15.48'inin gıdalardaki bombajı önemsemediklerini bildirmişlerdir (Uzunöz ve ark., 2008).

### **Ekmek ve Makarna Tüketim Bilinci**

Bireylerin tükettiği ekmek çeşidinin sorulduğu soruya (Soru 5) verilen cevaplar ile aylık gelir arasındaki ilişkinin istatistikî olarak önemli olduğu belirlenmiştir ( $P=0.011$ ). Katılımcıların %60'ı, beyaz ekmeği tam buğday ekmeğinin de dahil olduğu diğer ekmek çeşitlerinden daha çok tükettiği tespit edilmiştir. Bu durumun bireylerin alışkanlıklarının, yetiştirilme şekillerinin, damak tatlarının ve beyaz ekmeğin fiyatının diğer ekmek çeşitlerine göre daha uygun olmasının bir sonucu olduğu düşünülmektedir. Bu sonuç Aksoylu ve ark.'nın (2014) Manisa ilinde yaptıkları bir çalışma ile benzerlik göstermektedir. Bu çalışma sonuçlarına göre araştırmaya katılanların %75'inin beyaz ekmek tükettiği belirlenmiştir. Sivas (Akgümüş, 2010), Adana (Gül ve ark., 2003) ve Tekirdağ'da (Tanık, 2006) yapılan çalışmalara göre bu oran sırasıyla %50, %89.6 ve %78 olarak belirlenmiştir. Bununla ilişkili olarak katılımcılara tam buğday ekmeği ile kepekli ekmek arasındaki en önemli farkın bilinip bilinmediği sorulmuştur (Soru 6). Cevaplar ile meslek arasındaki ilişkinin önemli olduğu belirlenmiştir ( $P=0.027$ ). Bu önemli farkı bilen (%34) ve konu hakkında hiçbir fikri olmayan katılımcı yüzdesinin eşit olduğu tespit edilmiştir (%34). Makarna haşlama suyunun kullanılıp kullanılmadığıyla ilgili soruya (Soru 11) verilen cevaplar ile bireylerin yaş, cinsiyet, meslek, aylık gelir ve eğitim durumu arasındaki ilişkilerin önemsiz olduğu belirlenmiştir ( $P\geq 0.05$ ). Katılımcıların %77'lik kısmı makarna suyunu kullanmayıp, attığını belirtmiştir.

### **Süt ve Peynir Tüketim Bilinci**

Araştırmaya katılan bireylere UHT, pastörize ve çiğ süt arasındaki fark ve çiğ sütün kullanılıp kullanılmadığıyla ilgili sorular yöneltilmiştir (Soru 8, 9). UHT ve pastörize süt arasındaki farkın bilinmesiyle ilgili soruya verilen cevaplar ile bireylerin meslek ve aylık gelir durumlarının arasındaki



ilişkilerin istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir ( $P=0.034$  ve  $P=0.003$ ). Katılımcıların UHT ve pastörize süt arasındaki farkı çok önemsemedikleri, alışveriş yaptıkları yerde bulunan süt çeşitlerini tükettikleri öğrenilmiştir. Ayrıca katılımcıların %65.7'si iki süt çeşidi arasındaki farkı bilmedikleri tespit edilmiştir. Çiğ süt kullanılıp kullanılmadığına dair sorulan soruya verilen cevaplar ile ankete katılan bireylerin yaş, meslek ve eğitim durumları arasındaki ilişkinin istatistiki olarak önemli olduğu bulunmuştur ( $P=0.003$ ;  $P=0.005$ ;  $P=0.004$ ). Eğitim durumu lisans ve üzeri olan katılımcıların çiğ sütü diğerlerine göre daha az kullandığı, hazır sütü daha çok tercih ettiği belirlenmiştir. Bu durum bireylerin çiğ sütte bulunabilecek mikrobiyal yük, bulaşma kaynakları hakkında bilgi sahibi olduğunu göstermektedir. Ankete katılan bireylerin eğitim durumu yükseldikçe, çiğ süt için verilen olumsuz tepkilerin de arttığı gözlemlenmiştir. Araştırmaya katılanların %58.9'u hazır sütü tercih ederken; %38.5'i çiğ sütü tercih etmiş ve %2.6'sı bu soruya cevap vermemiştir. Amasya Üniversitesi'nde yapılan bir araştırmada katılımcıların %31.5'i kesinlikle pastörize ve UHT sütü; %15.7'si de çiğ sütü tercih ettiklerini belirtmişlerdir (İncedal ve ark., 2017).

Peynir gibi gıdalarda bölgesel küflenme gözlemlendiğinde tercih edilen tüketim şekli sorulmuş (soru 10) ve alınan cevaplar ile bireylerin cinsiyet ( $P=0.002$ ), aylık gelir (0.029) ve eğitim durumları (0.011) arasındaki ilişkinin istatistiki olarak önemli olduğu tespit edilmiştir. Katılımcıların %59.3'ü gıdaların sadece küflenmiş kısımlarını ayırarak attığını, geri kalan kısmı tükettiğini belirtirken; %32.8'i gıdanın tamamını attığını belirtmiş ve %6'sı gıdalarda meydana gelen küflenme olayını önemsemediğini, gıdayı küflü olarak da tükettiğini belirtmiştir. Katılımcıların %1.9'u bu soruya cevap vermemiştir. Aksoylu ve ark., (2014) yaptığı bir çalışmada ekmekte bozulma olması durumunda katılımcıların %53'ünün ekmeğin tamamını attığını; %20'sinin bozulan kısmı ayırıp kalanını tükettiğini belirtmişlerdir. Amasya Üniversitesi'nde yapılan bir araştırmaya göre benzer soruya katılımcılar %16.2'si gıdaların sadece küflenmiş kısımlarını ayırarak attığını, geri kalan kısmı tükettiğini bildirirken; %47.4'ü gıdayı kesinlikle küflü olarak da tükettiğini belirtmiştir (İncedal ve ark., 2017).

Bir diğer soruda yoğurdun jel yapısının bozulmasıyla su açığa çıkması durumunda, bu yoğurdu tüketip tüketmeyecekleri sorulmuştur (soru 11). Verilen cevaplar ile bireylerin meslek durumları arasındaki ilişki istatistiki olarak önemli bulunmuştur ( $P=0.009$ ). Katılımcıların %65.7'lik kısmı yoğurdun su salmasının olumsuz bir durum olmadığını belirterek, bu şekildeki yoğurtları tükettiklerini ifade etmişlerdir.

### Et Tüketim Bilinci

Araştırmaya katılan bireylere kurban bayramında hayvanı kestikten ne kadar süre sonra eti tükettikleri sorulmuş (soru 12) ve alınan cevaplar ile katılımcıların yaş ( $P=0.000$ ) ve eğitim durumu ( $P=0.007$ ) arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Bireylerin %38.2'lik kısmı tüketim süresine 'hemen' cevabı verirken; %35'lik kısmı '6-8 saat sonra'; %17.1'lik kısmı '12-24 saat sonra'; %6.8'lik kısmı '10-12 saat sonra' cevabı vermiştir. %2.9'luk kısmı ise bu soruya cevap vermemiştir. Araştırmaya katılan bireylerin çoğunluğunun 'hemen' cevabı vermesinin sebebinin uzun yıllar süren alışkanlıklardan, örf-adetlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Buzluktan çıkarılan etin çözündürülme şeklinin sorulduğu bir diğer soruya (soru 13) verilen cevaplar ile bireylerin cinsiyet ( $P=0.004$ ) ve aylık gelirleri ( $P=0.001$ ) arasındaki ilişki istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Katılımcıların %48'i 'su içinde'; %24.6'sı 'buzdolabında'; %20'si 'mutfak tezgâhında (oda sıcaklığında)'; %5.4'ü 'mikrodalga fırında' cevabını vermiş olup; %2'si bu soruya cevap vermemiştir. Antalya'da yapılan bir araştırmada katılımcıların %48.7'sinin buzluktan çıkarılan eti buzdolabında, %32.8'inin mutfak tezgâhında bekleterek, %11.4'ünün soğuk su içinde, %5.8'inin sıcak su içinde çözdürdükleri belirlenmiştir (Demirel, 1997). Yapılan benzer bir çalışmada ise

bireylerin %44.7'sinin donmuş et, tavuk ve balığı, mutfak tezgâhında bekleterek; %29.0'ının buzdolabında; % 16.6'sının soğuk su içinde, %7.7'sinin sıcak su içinde çözdürdüğü bildirilmiştir (Koçak, 2005). Katılımcılara yöneltilen son soru (soru 14) buzluktan çıkarılan etin ne kadar süre sonra tüketilmesi idi. Verilen cevaplar ile bireylerin demografik özellikleri arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $P \geq 0.05$ ). Katılımcıların %75.2'si '3-5 saat sonra' cevabını vermiştir.

## SONUÇ

Karaman il merkezinde yapılan çalışma sonucunda katılımcıların yaş, cinsiyet, meslek, aylık gelir ve eğitim durumu gibi demografik özelliklerine göre tüketim bilincinde farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Araştırmaya katılan bireylerin büyük çoğunluğunu kadınlar ve öğrenciler oluşturmaktadır. Katılımcıların gıda ambalajının üzerinde en fazla önem verdikleri konu üretim ve son tüketim tarihi olmuştur. Neyi, ne kadar tükettiğini bilen bir toplum yaratılması amacıyla gıdaların içeriği ile ilgili daha çok bilinçlendirme yapılmalıdır.

Katılımcıların gıda ürünlerinde olması muhtemel bombaj olayı ile ilgili yeterli bilgiye sahip olduğu gözlenmiştir. Herhangi bir sebepten dolayı bozulma meydana gelen gıdaları satın almayıp, yetkiliye haber verme konusunda yeterince bilinçli oldukları tespit edilmiştir. Ülkemizin diğer illerinde yapılan farklı çalışma sonuçlarıyla paralellik gösterecek şekilde, Karaman'da da en fazla tüketilen ekmek çeşidinin beyaz ekmek olduğu bulunmuştur. Ancak beyaz ekmek ile tam buğday ekmeği arasındaki fark hiç bilinmemektedir.

Katılımcılar çiğ süt ile hazır sütler arasındaki farkı bilmemekle beraber; hazır sütü daha fazla tercih etmektedirler. Bireylerin büyük oranda eti hayvan kesiminden hemen sonra tükettiği bulunmuştur. Kasın ete dönüşmesi için en az 12 saat beklenilmesi gerektiğini kesinlikle kabul etmemektedirler. Süt ve et ürünleri ile ilgili daha geniş kapsamlı araştırmalar yapılmalı ve sonuçların çalışmamızla paralellik göstermesi halinde eğitimler düzenlenmelidir.

## KAYNAKLAR

- Anonim a, [www.tupadem.hacettepe.edu.tr](http://www.tupadem.hacettepe.edu.tr) (Erişim Tarihi: 08.02.2019)
- Akgümüş ŞY, 2010. Sivas İlinde Ekmek Tüketim Alışkanlıkları ve Üretici-Tüketici Dinamiklerinin Belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, Türkiye, 131 s.
- Alpuğuz G, Erkoç F, Mutluer B, Selvi M, 2009. Gençlerin (14-24 Yaş) Gıda Hijyeni ve Ambalajlı Gıdaların Tüketimi Konusundaki Bilgi ve Davranışlarının İncelenmesi. Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi, 66 (3): 107-115.
- Aksoylu Z, Yeyinli Savlak N, Yanğış Ç, Çağındı Ö, Köse E, 2014. Manisa İl Merkezinde Bireylerin Ekmek Çeşitlerini Tüketim Alışkanlıklarının Belirlenmesi. GIDA Dergisi, 39 (3): 147-154.
- Baysal A, 1995. Genel Beslenme. 9. Basım. Hatipoğlu Yayınları: Ankara.
- Çakır M, Çakır F, Usta G, 2010. Üniversite Öğrencilerinin Tüketim Tercihlerini Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi. Organizasyon ve Yönetim Bilimleri Dergisi Cilt 2, Sayı 2.
- Demirel YN, 1997. Antalya İli Merkez İlçede Farklı Sosyoekonomik Düzeydeki Kadınların Yiyecek Hazırlama, Pişirme ve Saklamaları Üzerine Bir Araştırma. Gazi Üniversitesi, Yayımlanmamış Bilim Uzmanlığı Tezi.
- Dölekoğlu CÖ, Yurdakul O, 2004. Adana İlinde Hane Halkının Beslenme Düzeyleri ve Etkili Faktörlerin Logit Analizi ile Belirlenmesi. Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi 8:62-86.
- Gözener B, Büyükbay EO, Sayılı M, 2009. Gıda Güvenliği Konusunda Öğrencilerin Bilgi Düzeylerinin İncelenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 26(2): 45-53.

- Gül A, Işık H, Bal T, Özer S, 2003. Bread Consumption and Waste of Households in Urban Area of Adana Province. *The Electronic Journal of Polish Agricultural Universities* 6(2): 10-16. 12.
- Gülse Bal H, Göktolga Z, Karkacier O, 2006. Gıda Güvenliği Konusunda Tüketici Bilincinin İncelenmesi (Tokat İli Örneği). *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 12 (1 ve 2), 9-18.
- Gündüz O, Aydoğan C, 2015. Ön lisans Öğrencilerinin Gıda Güvenliği Bilinç Düzeyleri Üzerine Bir Araştırma. *Akademik Yaklaşımlar Dergisi*, cilt 6, sayı 1; 34-44.
- İncedal Sonkaya Z, Balcı E, Ayar A, 2017. Üniversite Öğrencilerinin Gıda Okuryazarlığı ve Gıda Güvenliği Konusunda Bilgi, Tutum ve Davranışları “Amasya Üniversitesi Sabuncuoğlu Şerefeddin Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Örneği”. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 75(1); 53-64.
- Koçak H, 2005. Amasya İli Merkez İlçesi ve Köylerinde Yiyecek Hazırlama, Pişirme ve Saklama Uygulamaları. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kütahya Valiliği İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, 2015. Güvenilir Gıda, Kütahya.
- Tanık O, 2006. Ekmek Üretiminde Kalite Uygulamaları ve Müşteri Memnuniyet Dinamiklerinin Belirlenmesi. *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*, Tekirdağ, Türkiye, 85 s.
- Topuzoğlu A, Hıdıroğlu S, Ay P, Önsüz F, İkişik H, 2007. Tüketicilerin Gıda Ürünleri ile İlgili Bilgi Düzeyleri ve Sağlık Risklerine Karşı Tutumları. *TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni*, 6 (4).
- Uzunöz M, Büyükbay EO, Bal HSG, 2008. Kırsal Kadınların Gıda Güvenliği Konusunda Bilinç Düzeyleri (Tokat İli Örneği). *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, ayf:35-46.
- Yaman M, Özgen L 2007. Üniversite Öğrencilerinin Yurtlarındaki Besin Hijyeni Yaklaşımları ve Besin Hazırlama Uygulamaları. *Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi*, (20): 28-38.

## Elma Ekstraktının Toplam Fenolik Madde Miktarı ve Antioksidan Aktivitesi Üzerine Değişkenlerin Etkilerinin Yanıt Yüzey Yöntemi ile Belirlenmesi

Recep PALAMUTOĞLU<sup>1\*</sup>, Cemal KASNAK<sup>1</sup>

**ÖZET:** Elma (*Malus domestica*) besin öğeleri bakımından fonksiyonel özelliklere sahip olan ve hoşça giden tadı ile severek tüketilen bir meyvedir. Elmalar ve polifenolik bileşikleri içeren diğer gıdaların ekstraksiyonunda farklı çözümler ve farklı metotlar kullanılmaktadır. Son yıllarda ekstraksiyon verimliliğinin artırılması amacıyla ultrasound destekli ekstraksiyon uygulamaları üzerine çalışmalar artmaktadır. Bu çalışmada farklı sürelerle ultrasound uygulaması, farklı etanol konsantrasyonu ve farklı örnek miktarı parametrelerinin elmalardan fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu ve ekstraktların antioksidan aktiviteleri üzerine etkileri yanıt yüzey yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Buna göre toplam fenolik madde miktarı ve ABTS (2,2'-azino-bis(3)-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic asit) sonuçları için lineer modellemeler geliştirilirken DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) sonuçları için quadratik modelleme belirlenmiştir. Ultrasonik su banyosu içerisinde farklı sürelerle ekstraksiyon işleminin toplam fenolik madde miktarına dolayısıyla da antioksidan aktivite göstergesi olan DPPH ve ABTS radikal süpürme aktiviteleri üzerine önemli bir etkisi olmadığı belirlenmiştir. Optimum ekstraksiyon koşulları ise %76.153 etanol konsantrasyonu, 12.452 dk ultrasound uygulaması ve 2.844 g örnek miktarı şeklinde tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** ABTS, DPPH, Elma, Yanıt Yüzey Metodu, Ultrasound

## Determination of the Effects of Variables on Total Phenolic Content and Antioxidant Activity of Apple Extracts by Response Surface Method

**ABSTRACT:** Apple (*Malus domestica*) is a fruit which has a pleasant taste so consumed with pleasure and have functional properties in terms of nutrients. Different solvents and different methods are used in the extraction of apples and other foods which contains polyphenolic compounds. In recent years, studies on ultrasound assisted extraction applications have been increasing to increase extraction efficiency. In this study, the effects of ultrasound application at different times, different ethanol concentration and different sample amount parameters on the extraction of phenolic compounds from apples and antioxidant activities of apples were determined using response surface method. Accordingly, linear modeling was developed for total phenolic content and ABTS (2,2'-azino-bis (3) -ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) results, while quadratic modeling was determined for DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) results. It was determined that the extraction process with different periods in the ultrasonic water bath had no significant effect on the total phenolic content and thus on the antioxidant activity DPPH and ABTS radical scavenging activities. Optimum extraction conditions were determined as 76.153% ethanol concentration, 12.452 min ultrasound application and 2.844 g sample amount.

**Keywords:** ABTS, DPPH, Apple, Response Surface Method, Ultrasound

<sup>1</sup> Recep PALAMUTOĞLU (Orcid ID: 0000-0002-1168-081X), Cemal KASNAK (Orcid ID: 0000-0002-8312-7829), Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Afyonkarahisar,

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Recep PALAMUTOĞLU, e-mail: receppalamutoglu@hotmail.com

## GİRİŞ

Elmalar (*Malus domestica*) sahip oldukları hoşça giden tatları, vitaminler bakımından zengin olmaları, biyoaktif bileşenleri içermeleri ve yıl boyunca kolay bulunabilmeleri nedeni ile insan beslenmesinde yaygın tüketilen bir meyve türüdür. Birçok çalışma ile de elmaların sahip oldukları biyoaktif özellikler ortaya konmuştur (Jakobek ve ark., 2015). Türkiye’de kişi başı elma tüketimi 2015-2016 yıllarında ortalama 23 kg olarak gerçekleşmiştir (Taşcı, 2017). Elmaların içeriğindeki polifenollerin, serbest radikalleri süpürme etkilerinden dolayı insan sağlığıyla ilişkili olduğu bildirilmiştir (Jakobek ve ark., 2015). Polifenoller insan beslenmesinde en çok bulunan antioksidan etkili maddelerdir. C vitamini gibi temel besin öğelerinden ziyade elmadaki antioksidan etkinin de önemli bir kısmını polifenoller oluşturmaktadır (Tsao ve ark., 2005). Polifenoller bir veya daha fazla hidroksil grubuna sahip bir veya daha fazla aromatik halka içeren sekonder metabolitleri temsil eden bir gruptur. Sahip oldukları konjuge bağlar ve hidroksil grupları antioksidan aktivitelerinden sorumludur. Elmalarda başlıca 5 grup polifenolik bileşik bulunmaktadır; flavanoller (kateşin, epikateşin, prosiyanidin), fenolik asitler (başta klorojenik asit), dihidrokalkonlar (floretilin glikozitler), flavonoller (kuersetin glikozitleri) ve antosiyaninler (siyanidin) (Wojdyło ve ark., 2008). Polifenoller homojenize elma örneklerinden farklı solventler kullanılarak sıvı-katı ekstraksiyonu ile elde edilmektedir. Bu amaçla uygulanan işlemler sırasında genellikle metanol, farklı konsantrasyonlarda metanol-su karışımı, farklı konsantrasyonlarda etanol-su karışımı, farklı konsantrasyonlarda su- etanol- metanol karışımı vb gibi çözücüler kullanılmaktadır. Elma örnekleri bu çözücüler içerisinde farklı sürelerle ve farklı karıştırıcılar kullanılarak homojen hale getirilirler (Jakobek ve ark., 2015). Uygun olmayan ekstraksiyon süresi, solvent ve bitki materyali / solvent oranı, polifenollerin yetersiz ekstraksiyonuna yol açabilir. Bu nedenle polifenollerin uygun şekilde belirlenmesi ve miktar tayini için uygun ekstraksiyon parametreleri seçilmeli ve optimize edilmelidir (Jakobek ve ark., 2015). Ekstraksiyon işlemleri sırasında ultrasound uygulaması en basit ve en ucuz teknik olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu sayede çeşitli çözücülerin ve düşük sıcaklıkların kullanılmasına imkan tanır, ekstrakte edilecek bileşiğin polaritesi veya bulunduğu matrisin nem miktarı ekstraksiyona herhangi bir sınırlama getirmemektedir ve tekrarlanabilir ve ölçek artırma potansiyeline sahip bir uygulamadır (Ghitescu ve ark., 2015). Aynı zamanda ekstraksiyon ve proses süresini, kullanılan enerji ve çözücü miktarını, CO<sub>2</sub> emisyonunu da azaltması başlıca yararlarından (Chemat ve ark., 2017; Medina-Torres ve ark., 2017).

Bu çalışmada çözücü (etanol; % 60, 75, 90), ultrasound uygulaması (süre; 5, 10, 15 dk) ve örnek miktarının (g; 1, 2, 3) elmaların toplam fenolik, DPPH ve ABTS radikal süpürme aktivitesi üzerine etkilerinin yanıt yüzey yöntemi kullanılarak belirlenmesi ve işlem parametrelerinin optimizasyonunun sağlanması amaçlanmaktadır. Bu sayede ultrasound uygulamasının ve ekstraksiyon parametrelerinin toplam fenolik miktarı ve antioksidan aktivite üzerine etkisi belirlenerek daha az çözücü kullanımı, daha az enerji kullanımı ve daha yüksek verim ile fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu sağlanmaya çalışılacaktır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Deney Tasarımı ve İstatistik Analizler

Araştırmada optimum ekstraksiyon koşulları Minitab 17 kullanılarak yanıt yüzey yöntemine göre Box-Behnken Design deney tasarımı şartlarında araştırılmıştır. Buna göre bağımsız değişkenler etanol konsantrasyonu (%60, 75 ve 90, X<sub>1</sub>), Ultrasound süresi (5, 10 ve 15 dk, X<sub>2</sub>), elma miktarıdır (1, 2 ve 3 g, X<sub>3</sub>). Yanıtlar ise 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), toplam fenolik miktarı (TPC) and 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) değerlerinden oluşmaktadır. Deney tasarımına



göre 15 deneme 4 aksiyal, 4 küp ve 7 merkezi noktadan oluşmaktadır. Çizelge 1’de Box-Behnken Design deney tasarımına ait faktörler verilmiştir. Analizler iki paralelli olarak gerçekleştirilmiştir.

**Çizelge 1.** Box-Behnken Design deney tasarımına göre bağımsız değişkenler ve seviyeleri

Bağımsız Değişkenler	Birim	Seviye		
		-1	0	1
Etanol konsantrasyonu ( $X_1$ )	(%)	60	75	90
Ultrasound süresi ( $X_2$ )	Dakika (dk)	5	10	15
Örnek ağırlığı ( $X$ )	(g)	1	2	3

### Örnek hazırlama

Elma örnekleri Afyonkarahisar’da yerel bir marketten temin edilmiştir. Star King cinsi elmalar aynı büyüklükte, aynı fiziksel görünümde olanlar arasından temin edilmiştir. Elmalar yıkanıp, durulanıp kurutulduktan sonra kabukları soyulmuş ve rendelenerek örnekler alınmıştır.

### Elma ekstraktlarının hazırlanması

1 g rendelenmiş elma örneği 11000 rpm’de 20 ml %60-90 etanol içerisinde 3 dk homojnize edilmiştir. Daha sonra homjenizat 5-15 dk ultrasonik su banyosunda (40 kHz, WUC-D03H, Daihan/Korea) bekletilmiştir. Ardından filtre kağıdı ile süzülen süpernatant analizler gerçekleştirilinceye kadar ağzı kapalı test tüplerinde – 18 C’de muhafaza edilmiştir.

### DPPH radikal süpürme aktivitesi tayini

Elma ekstraktlarının antioksidan aktivitesi DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) radikali süpürme metoduna göre gerçekleştirilmiştir (Choi ve ark., 2016). Metanol içerisinde 4.1075 M DPPH çözeltisi hazırlanmıştır. 400 µl DPPH çözeltisi ile 1600 µl elma ekstraktı karıştırılarak 30 dk karanlıkta bekletilmiştir. Tüm örnekler absorbansları 517 nm’de (Optizen pop spektrofotometre/Kore) belirlenmiştir. Kontrol olarak örnek yerine methanol kullanılmıştır. Antioksidan aktivite; kontrol absorbansından örnek absorbansının çıkarılıp kontrol absorbansına bölünmesi sonucunun 100’le çarpımı ile (%) olarak tespit edilmiştir.

### ABTS radikal süpürme aktivitesi analizi

ABTS radikal süpürme aktivitesi analizi Re ve ark., (1999)’nin önerdiği metodun modifikasyonu ile belirlenmiştir. ABTS<sup>•+</sup> katyon radikali 2,2'-azino-bis(3)-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic asitin saf su içerisinde potasyum persülfat (2.45 mM) ile reaksiyonu sonucu oluşur. Bu karışım 1 gün boyunca karanlıkta ve oda sıcaklığında bekletilmiştir. ABTS çözeltisi kullanılmadan önce 732 nm’deki absorbansı 0.70±0.02 olacak şekilde metanolla seyreltilmiştir. Ardından 990 µl ABTS çözeltisi ve 10 µl elma ekstraktı karıştırılarak köre göre absorbansları belirlenmiştir. Sonuçları troloks eğrisi ( $r^2 > 0.99$ ) üzerinden eşdeğerlik olarak belirtilmiştir.

### Toplam fenolik miktarı (TFM)

Elma ekstraktlarından 0.5 ml alınarak üzerine 7 ml distile su ve 0.5 ml Folin-Chiocalteu reaktifi ilave edilip karıştırılarak 3 dk inkübe edilmiştir. Ardından 2 ml %2’lik Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> eklenip karıştırılmıştır. Elde edilen son karışım 25 °C’de 1 saat su banyosunda bekletilmiştir. Örneklerin absorbansları 765 nm’de belirlenmiştir. Sonuçlar gallik asit standart eğrisi ( $r^2 > 0.99$ ) kullanılarak belirlenmiştir (Kaur & Kapoor, 2002).

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Elmanın farklı etanol konsantrasyonları, ultrasound uygulaması süresi ve örnek miktarı ile ekstrakte edilmesi için düzenlenen deneme deseni ve buna göre elde edilen analiz sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Deneme deseni ve analiz sonuçları

Test No	Faktör Kodları			Faktörler			Yanıtlar		
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	Etanol	Ultrasound	Örnek Miktarı	TFM (mg Gallik asit/100 g)	DPPH (%)	ABTS (mg Troloks eşdeğeri/ 100 g)
1	-1	-1	0	60	5	2	260	72.73	307.29
2	1	-1	0	90	5	2	350	86.92	343.24
3	-1	1	0	60	15	2	270	68.96	309.37
4	1	1	0	90	15	2	350	86.92	364.33
5	-1	0	-1	60	10	1	130	82.21	216.11
6	1	0	-1	90	10	1	190	91.74	208.61
7	-1	0	1	60	10	3	420	65.52	389.26
8	1	0	1	90	10	3	400	84.79	362.27
9	0	-1	-1	75	5	1	100	85.74	172.42
10	0	1	-1	75	15	1	170	87.09	192.69
11	0	-1	1	75	5	3	440	70.56	365.34
12	0	1	1	75	15	3	380	67.35	361.70
13	0	0	0	75	10	2	220	82.47	259.08
14	0	0	0	75	10	2	240	83.22	278.86
15	0	0	0	75	10	2	280	82.40	297.53

### Yanıtların varyans analizleri (ANOVA)

Yanıt yüzey metodu bağımsız değişkenler ile bu değişkenlere karşılık elde edilen verilerin tanımlanması için kullanılan bir grup matematiksel ve istatistiksel tekniğin genel adıdır. Yanıt yüzey metodu değişkenlerin tek tek veya birlikte etkilerin tanımlanması olup deneysel bir metodoloji ve matematiksel bir model de oluşturmaktadır. Elde edilen bu matematiksel modelin grafik perspektifine yanıt yüzey metodu terimi denilmiştir. Kimyasal ve biyokimyasal işlemler çok sayıda parametreden etkilenir. Tüm parametrelerin etkilerini belirlemek mümkün olmadığından ana etkileri olan parametreleri seçmek gerekir (Bas ve Boyacı, 2007).

Çizelge 3’te verilen elmaların toplam fenolik madde miktarları için varyans analizi sonuçları incelendiğinde modelin p-değerinin 0.05’ten küçüktür bu da modelin oldukça önemli olduğunu göstermektedir. Uyum eksikliğinin p değerinin ( $p > 0.05$ ) anlamlı olmadığı belirlenmiştir ki bu da uygunluk modelinin, verileri yorumlamak için iyi olduğunu göstermektedir. Örnek miktarının toplam fenolik madde miktarı üzerine istatistiki olarak çok önemli oranda etkili olduğu belirlenmiştir. Buna göre modelin ve değişkenlere verilen cevapların p-değerinin 0.05’ten küçük olması parametrelerin yanıtlar üzerinde anlamlı etkisinin olduğunu göstermektedir (Ekici ve ark., 2014).

Toplam fenolik miktarı için varyans analizi sonuçlarına göre geliştirilen matematiksel model Eşitlik 1’de verilmiştir.

Tahmini  $R^2$  (0.8073) ile düzeltilmiş  $R^2$  (0.8663) arasındaki fark 0.2’den az olduğu için deneysel değerler ile öngörülen değerler oldukça tutarlıdır.

$$\text{TFM} = 280.0 + 26.25 X_1 + 2.5 X_2 + 131.25 X_3 \quad (1)$$

**Çizelge 3.** Elma ekstraktlarının TFM linear model için varyans analizi sonuçları

Varyans	SS*	df*	MS*	F-değeri	p-değeri
<b>Model</b>	1.434E+05	3	47791.67	31.25	< 0.0001
X <sub>1</sub> -Etanol	5512.50	1	5512.50	3.60	0.0842
X <sub>2</sub> -Ultrasound Süresi	50.00	1	50.00	0.0327	0.8598
X <sub>3</sub> -Örnek Miktarı	1.378E+05	1	1.378E+05	90.10	< 0.0001
Artık	16825.00	11	1529.55		
Uyum Eksikliği	14958.33	9	1662.04	1.78	0.4109
Hata	1866.67	2	933.33	31.25	
<b>Toplam</b>	1.602E+05	14		3.60	
R <sup>2</sup> = 0.8950	Adj R <sup>2</sup> =0.8663	Pre.R <sup>2</sup> = 0.8073			

\*SS: Kareler toplamı, \*df: Serbestlik derecesi, \*MS: Ortalamanın karesi

Ilghami ve ark. (2015), kırmızı pancar ile yaptıkları çalışmada ekstraksiyon süresini 3.5 dk'dan 20 dk'ya çıkarmanın her iki yoğunlukta (düşük ve yüksek) ultrasound uygulamasında da toplam fenolik madde miktarında önemli bir artış sağladığını bildirmişlerdir. Sonuçlar çözgen içerisine pancar parçacıklarından fenolik bileşiklerin difüzyonunun ve çözünürlüğünün ekstraksiyon süresi ile arttığını tespit etmişlerdir.

Altemimi ve ark. (2016), balkabağı örneklerinde toplam fenolik miktarının ultrasound uygulama süresinin artışına (10 dk'dan 25,67 dk'ya) bağlı olarak arttığını bildirmişlerdir. Ultrasonik su banyolarının, balkabağının hücre duvarlarını kırmak için yeterli kavitsiyonu sağlayabileceğini ve bu sayede sonikasyonun hücre içeriğinin ekstraksiyon çözeltisi içerisine difüzyonunu arttırdığını ifade etmişlerdir. Çalışmamızda ultrasound süresinin etkisi istatistiki olarak önemli olmadığı görülmüştür. Uygulama süresinin kısa tutulması beklenen hücre duvarı parçalanmasını gerçekleştirememiş olabilir.

Bakht ve ark. (2018), yaptıkları çalışmada polifenolik bileşiklerin ekstraksiyonu için geleneksel yöntemin yanında ultrasonik banyo (40 kHz) ve prob (26 kHz) kullanarak ultrasound destekli ekstraksiyon gerçekleştirmişlerdir. Buna göre çay örneklerinden ekstrakte edilen polifenolik madde miktarının düşük frekans uygulanan örneklerde yüksek frekans uygulanmış örneklere göre daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Aynı frekans uygulanan örneklerin diğer değişkenlere verdikleri cevaplar arasında önemli farklılıklar gözlenmediğini ancak iki farklı frekans uygulamaları arasında önemli farklılık bulunduğunu bildirmişlerdir. González-Centeno ve ark. (2014), üzüm posasının su ile ekstraksiyonunda akustik frekans, ultrasonik güç ve ekstraksiyon süresinin etkilerini araştırdıkları çalışmada en iyi sonucu 40 kHz frekansta, 150 W/L güç yoğunluğunda ve 25 dk ekstraksiyon süresi ile elde edildiğini bildirmişlerdir. Araştırmamızda elde ettiğimiz sonuçlara göre de ultrasonik su banyosunda aynı frekansta (40 kHz) örnekleri farklı sürelerle bekletmenin arasında istatistiki olarak önemli bir fark olmadığını göstermiştir.

Ultrasound frekansı arttıkça, sıvıda kavitsiyon üretimi ve yoğunluğu azalır. Yüksek frekansta akustik kavitsiyonun başlatılması daha zor olacaktır, çünkü kavitsiyon kabarcıklarının seyreltme döngüsü sırasında başlaması için bir gecikmeye ihtiyacı vardır ve sıkıştırma-seyreltme işleminin döngüleri kabarcıkların kavitsiyonunun artmasına izin vermek için çok kısa olabilir. Seyreltme fazının uzunluğu ultrasonik frekansla ters orantılıdır; bu nedenle, yüksek frekanslarda, kavitsiyon oluşturmak için daha büyük genlikler ve yoğunluklar gerekir (Mason & Lorimer, 2002).

Ghafoor ve ark. (2009), üzüm çekirdeklerinden ekstrakte edilen toplam fenolik madde miktarının sabit ekstraksiyon sıcaklığında (50 °C), etanol konsantrasyonunun artmasıyla yavaşça arttığını en yüksek etanol konsantrasyonunda en yüksek değere yakın fenolik madde miktarına ulaşıldığını bildirmişlerdir.

Benzer şekilde sabit etanol konsantrasyonunda ekstraksiyon sıcaklığının artışına bağlı olarak fenolik madde miktarında kademeli bir artış olduğunu belirlemiştir.

Çizelge 4'te görüldüğü üzere Model F değeri (30.02), modelin önemli olduğunu göstermektedir. Gürültü nedeniyle bu kadar büyük bir F değerinin ortaya çıkma olasılığı sadece % 0.08'dir.

Etanol konsantrasyonunun ve örnek miktarının istatistiki olarak çok önemli olduğu belirlenmiştir ( $p < 0.01$ ). DPPH süpürme aktivitesinin varyans analizi sonuçları ile elde edilen matematiksel model Eşitlik 2'de verilmiştir.

**Çizelge 4.** Elmaların toplam DPPH analizi quadratik model için varyans analizi sonuçları

Varyans	SS*	df*	MS*	F-değeri	p-değeri
<b>Model</b>	982.11	9	109.12	30.02	0.0008
X <sub>1</sub> -Etanol	464.36	1	464.36	127.73	< 0.0001
X <sub>2</sub> -Ultrasound Süresi	3.96	1	3.96	1.09	0.3443
X <sub>3</sub> -Örnek Miktarı	428.66	1	428.66	117.91	0.0001
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	3.55	1	3.55	0.9774	0.3682
X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	23.72	1	23.72	6.52	0.0510
X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	5.20	1	5.20	1.43	0.2854
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	0.1740	1	0.1740	0.0479	0.8355
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	47.77	1	47.77	13.14	0.0151
X <sub>3</sub> <sup>2</sup>	7.39	1	7.39	2.03	0.2133
Artık	18.18	5	3.64		
Uyum Eksikliği	17.76	3	5.92	28.66	0.0339
Hata	0.4133	2	0.2066		
<b>Toplam</b>	1000.29	14			

R<sup>2</sup>= 0.9818, Adj R<sup>2</sup>= 0.9491, Pre.R<sup>2</sup>=0.7149

\*SS: Kareler toplamı, \*df: Serbestlik derecesi, \*MS: Ortalamanın karesi

$$\text{DPPH} = 82.70 + 7.62 X_1 - 0.7037 X_2 - 7.32 X_3 - 0.2171 X_1^2 - 3.6 X_2^2 - 1.41 X_3^2 + 0.9425 X_1 X_2 + 2.44 X_1 X_3 - 1.14 X_2 X_3 \quad (2)$$

Ilghami ve ark. (2015), çalışmalarında farklı uygulamaların DPPH serbest radikal inhibisyon kuvveti üzerine istatistiki olarak önemli ölçüde etkili olduklarını ancak varyans analizi sonuçlarına göre uyum eksikliğinin önemsiz olduğunu bildirmişlerdir.

Altemimi ve ark. (2016), balkabağı ve şeftali örneklerine uyguladıkları ultrasound frekansları (37. 80 kHz) arasında toplam fenolik madde miktarı ve DPPH aktivitesi açısından istatistiki olarak önemli ölçüde farklılık olduğunu bildirmişlerdir. Analiz sonuçları 37 kHz ultrasound uygulamasının yüksek frekans uygulamasına nazaran daha yüksek toplam fenolik madde miktarı ve DPPH serbest radikal süpürme aktivitesine sahip olduğunu belirlemiştir. Bunun yüksek frekans uygulaması sırasında numunelerde kabarcıkların çökmesine neden olabileceğini ve sonuç olarak yüksek frekansın kaviteasyon baloncuklarının tüm hedef bileşikleri elde edebilmek için yeterli zamana olanak vermemesi şeklinde olduğunu izah etmişlerdir.

Bakht ve ark. (2018), reaksiyon ortamına doğrudan prob daldırılarak 26 kHz'lik ultrasonik frekans uygulamasının örneklere güç uygulamasındaki %5-10'luk değişikliklerle bile fenolik madde ekstraksiyonu ve DPPH sonuçlarını etkileyebileceğini bununla birlikte ultrasonik banyo uygulamasındaki 40 kHz'lik frekans uygulamasının doğrudan örnekle temas olmaması sebebi ile sıcaklık ve güç uygulamalarından etkilenmediğini gözlemiştir.

Ghafoor ve ark. (2009), üzüm çekirdeği ekstraktlarında en yüksek antioksidan aktiviteyi % 60 etanol konsantrasyonu, 60 °C ekstraksiyon sıcaklığı ve 30 dk ekstraksiyon süresi ile elde etmişlerdir. Araştırmacılar antioksidan aktivite artışının üzerine ekstraksiyon süresinin etkisinin çözgen ile katı partiküllerin temas süresinin bir sonucu olarak fenolik madde difüzyonunu artıracak olduğunu bildirmişlerdir.

ABTS süpürme aktivitesinin varyans analizi sonuçları ile elde edilen matematiksel model Eşitlik 3'te verilmiştir.

$$ABTS = 295.21 + 705 X_1 + 4.98 X_2 + 86.09 X_3 \quad (3)$$

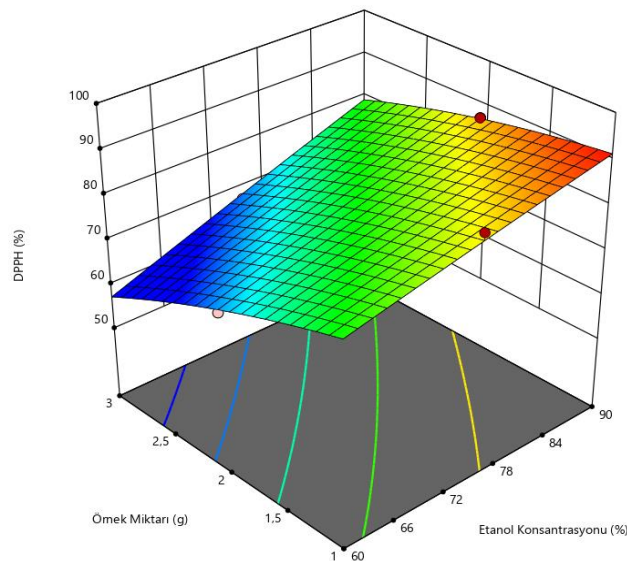
**Çizelge 5.** Elma ekstraktlarının ABTS analizleri linear model için varyans analizi sonuçları

Varyans	SS*	df*	MS*	F-değeri	p-değeri
<b>Model</b>	59894.76	3	19964.92	19.71	< 0.0001
X <sub>1</sub> -Etanol	397.92	1	397.92	0.3928	0.5436
X <sub>2</sub> -Ultrasound Süresi	198.05	1	198.05	0.1955	0.6670
X <sub>3</sub> -Örnek Miktarı	59298.79	1	59298.79	58.53	< 0.0001
Artık	11144.31	11	1013.12		
Uyum Eksikliği	10404.98	9	1156.11	3.13	0.2657
Hata	739.33	2	369.67		
<b>Toplam</b>	71039.07	14			

R<sup>2</sup>=0.8431, Adj R<sup>2</sup>=0.8003, Pre.R<sup>2</sup>=0.6861

\*SS: Kareler toplamı, \*df: Serbestlik derecesi, \*MS: Ortalamanın karesi

Çizelge 5 incelendiğinde modelin ve örnek miktarının istatistiki olarak çok önemli olduğu belirlenmiştir (p<0.01). ABTS süpürme aktivitesinin ANOVA sonuçları ile elde edilen matematiksel model denklem 3'te verilmiştir. Çizelge 5'te verilen elmaların ABTS radikal süpürme aktiviteleri için varyans analizi sonuçları incelendiğinde modelin p-değerinin 0.05'ten küçüktür bu da modelin oldukça önemli olduğunu göstermektedir. Uyum eksikliğinin p değerinin (p>0.05) anlamlı olmadığı belirlenmiştir ki uygunluk modelinin verilerini yorumlamak için iyi olduğunu göstermektedir. Çizelge 5'te gösterildiği gibi, belirleme R<sup>2</sup> ile öngörülen R<sup>2</sup> arasındaki fark 0.2'den küçüktür. Bu durum modelin deneysel veriler için makul bir uyum içinde olduğunu gösterir.



**Şekil 1.** Elma ekstraktlarının DPPH süpürme aktiviteleri üzerine örnek miktarı ve etanol konsantrasyonunun etkisi

Şekil 1'e göre en yüksek örnek miktarı ve en düşük etanol konsantrasyonu uygulamasında en düşük DPPH sonuçları elde edilmişken en düşük örnek miktarı ve en yüksek etanol konsantrasyonunda



en yüksek DPPH sonuçları elde edilmiştir. Yüksek frekans uygulamalarında kavitasyon oluşumu için daha geniş genlik ve yoğunluklara ihtiyaç olduğu bildirilmiştir. Kullanılan farklı çözümler ultrasound uygulanması sırasında farklı kavitasyon özellikleri sergilemektedirler. Aynı şekilde ortamda bulunan parçacık miktarının artışı (örnek miktarının artması) ve çözücünün içerisindeki farklı bir sıvının (su) oranının (% 10'dan % 40'a) yüksek olması kavitasyon oluşumunu geciktirmiş olabilir bu sebeple DPPH sonuçlarının düşük çıkması söz konusu olabilir (Bakht ve ark. 2018).

Araştırmamızda sonikasyon uygulamasında ultrasonik su banyosu kullanımı ve çözümler ile katı partiküllerin temas süresinin kısa tutulması sebebiyle ultrasound uygulama süresinin DPPH ve ABTS sonuçları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

Liu ve ark. (2018), *Phyllanthus urinaria* bitkisinden fenolik bileşenlerin ekstraksiyonu üzerine yanıt yüzey yöntemi kullanarak etanol konsantrasyonu, ultrasound uygulama süresi ve katı:sıvı oranının etkisini araştırdıkları çalışmada optimum koşulların 500W ve 53 kHz frekansta ultrasound süresinin 34 dk, etanol konsantrasyonunun %47 ve katı sıvı oranının 1:63 g/ml olduğunu bildirmişlerdir.

## SONUÇ

Araştırmanın sonuçlarına göre ultrasonik su banyosu içerisinde farklı sürelerle sonikasyon uygulamasının elmaların toplam fenolik madde miktarına dolayısıyla da antioksidan aktivite göstergesi olan DPPH ve ABTS radikal süpürme aktiviteleri üzerine önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Literatürde daha düşük frekanslarda ultrasound uygulamasının ve su banyosu yerine farklı sonikatörler kullanılmasının ekstraksiyon verimini arttırdığı bildirilmiştir (Bakht ve ark., 2018). Bu sebeple yapılacak çalışmalarda daha düşük frekanslarda sonikasyon uygulanması ekstraksiyon verimini ve antioksidan aktivitelerini önemli ölçüde arttıracaktır. İstatistiksel analizlerin sonucuna göre optimum ekstraksiyon koşulları ise %76.153 etanol konsantrasyonu, 12.452 dk ultrasound uygulaması ve 2.844 g örnek miktarı şeklinde tespit edilmiştir. Her ne kadar ultrasound destekli ekstraksiyon uygulamalarına araştırmacıların ilgileri oldukça fazla olsa da farklı gıdalarda ve farklı frekans ile güçlerde ultrasound uygulamasının sonuçları ile ilgili daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Altemimi A, Watson DG, Choudhary R, Dasari MR, 2016. Ultrasound Assisted Extraction of Phenolic Compounds from Peaches and Pumpkins, PLoS ONE, 11 (2): 1–20.
- Bakht A, Geesi MH, Riadi Y, Imran M, Ali I, 2018. Ultrasound-assisted extraction of some branded tea : Optimization based on polyphenol content , antioxidant potential and thermodynamic study. Saudi Journal of Biological Sciences, 26 (5): 1043–1052.
- Bas D, Boyacı İH, 2007. Modeling and optimization I: Usability of response surface methodology. Journal of Food Engineering, 78: 836–845.
- Chemat F, Rombaut N, Sicaire A, Meullemiestre A, Abert-vian M, 2017. Ultrasound assisted extraction of food and natural products . Mechanisms , techniques , combinations , protocols and applications . A review. Ultrasonics - Sonochemistry, 34: 540–560.
- Choi S-H, Kozukue N, Kim H-J, Friedman M, 2016. Analysis of protein amino acids, non-protein amino acids and metabolites, dietary protein, glucose, fructose, sucrose, phenolic, and flavonoid content and antioxidative properties of potato tubers, peels, and cortexes (pulps). Journal of Food Composition and Analysis, 50: 77-87.
- Ekici E, Uzun G, Kıvık T, 2014. Evaluation of The Effects of Cutting Parameters on The Surface Roughness During The Turning Of Hadfield Steel With Response Surface Methodology. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 19 (2): 19–28.

- Ghafoor K, Choi YH, Jeon JY, Jo IH, 2009. Optimization of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds, antioxidants, and anthocyanins from grape (*Vitis vinifera*) seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57 (11): 4988–4994.
- Ghiteșcu R-E, Volf I, Carausu C, Bühlmann A-M, Gilca IA, Popa VI, 2015. Optimization of ultrasound-assisted extraction of polyphenols from spruce wood bark. *Ultrasonics Sonochemistry*, 22: 535–541.
- González-centeno MR, Knoerzer K, Sabarez H, Simal S, Rosselló C, Femenia A, 2014. Effect of acoustic frequency and power density on the aqueous ultrasonic-assisted extraction of grape pomace (*Vitis vinifera* L.) – A response surface approach, *Ultrasonics Sonochemistry*, 21: 2176–2184.
- Ilghami A, Ghanbarzadeh S, Hamishehkar H, 2015. Optimization of the Ultrasonic-Assisted Extraction of Phenolic Compounds, Ferric Reducing Activity and Antioxidant Activity of the *Beta vulgaris* Using Response Surface Methodology, *Pharmaceutical Sciences*, 21: 46–50.
- Jakobek L, Boc M, Barron AR, 2015. Optimization of Ultrasonic-Assisted Extraction of Phenolic Compounds from Apples, *Food Analytical Methods*, 8: 2612–2625.
- Kaur C, Kapoor HC, 2002. Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. *International Journal of Food Science and Technology*, 37: 153–161.
- Liu Y, She X, Huang J, Liu M, Zhan M, 2018. Ultrasonic-extraction of phenolic compounds from *Phyllanthus urinaria*: optimization model and antioxidant activity, *Food Science and Technology* 38(Suppl. 1): 286–293.
- Mason TJ, Lorimer JP, 2002. General Principles. In *Applied Sonochemistry: Uses of Power Ultrasound in Chemistry and Processing* (pp. 25–74). Germany: Wiley-VCH Verlag.
- Medina-Torres N, Ayora-Talavera T, Espinosa-Andrews H, 2017. Ultrasound Assisted Extraction for the Recovery of Phenolic Compounds from Vegetable Sources. *Agronomy*, 7 (3): 47.
- 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 (9): 1231–1237.
- Taşcı F, 2017. Elma Ürün Raporu. T.C. Gıda, Tarım Ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Ekonomi Ve Politika Geliştirme Enstitüsü, Ankara.
- Tsao R, Yang R, Xie S, Sockovie E, Khanizadeh S, 2005. Which polyphenolic compounds contribute to the total antioxidant activities of apple? *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 4989–4995.
- Wojdyło A, Oszmiański J, Laskowski P, 2008. Polyphenolic compounds and antioxidant activity of new and old apple varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56 (15): 6520–6530.

**Evaluation of the Quality Characteristics of Siirt Herby Cheese: A Traditional Turkish Variety**Mubin KOYUNCU<sup>1\*</sup>, Yusuf TUNÇTÜRK<sup>2</sup>

**ABSTRACT:** Herby cheese produced in the Province of Siirt is one of the Turkish cheese varieties. The special parameters applied during the production stages give Siirt Herby cheese unique taste properties. The proteolytic, lipolytic, and electrophoretic parameters of Siirt Herby cheese samples were evaluated. The mean values of water-soluble nitrogen, trichloroacetic acid-soluble nitrogen, and phosphotungstic acid-soluble nitrogen of Siirt Herby cheese samples were  $9.49\pm 2.66\%$ ,  $6.33\pm 2.39\%$ , and  $1.48\pm 0.71\%$ , respectively. The mean values of free amino group and lipolysis levels were established as  $61.97\pm 30.84$  mM glycine, and  $6.00\pm 2.32$  ADV, respectively. The electrophoretic analysis showed that sheep milk was more preferable for Siirt Herby cheese production.

**Keywords:** Herby cheese, proteolysis, lipolysis, electrophoresis

<sup>1</sup> Mubin KOYUNCU (Orcid ID: 0000-0003-1798-8943) İğdir University, Research Center for Redox Applications in Foods, İğdir, Turkey

<sup>2</sup> Yusuf TUNÇTÜRK (Orcid ID: 0000-0001-5240-200X) Yüzüncü Yıl University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, Van, Turkey

\*Corresponding Author: Mubin KOYUNCU, e-mail: mubin.koyuncu@igdir.edu.tr

## INTRODUCTION

Traditional food products occupy an important place among our consumption habits. These products prepared by traditional methods in rural areas are more widely accepted by consumers compared to industrial products because they were observed as natural products produced faithfully to its origins.

Turkey possesses a wide variety of local cheeses. A lot of varieties of cheese are produced in quite narrow regions (Tarakci and Temiz, 2009). Herby cheese is one of the most preferred types of these types of cheese.

Herby cheese produced by the addition of some herbs grown in the Eastern and South-eastern Anatolia regions is the most widely produced cheese variety in these regions (Coşkun and Tunçtürk, 2000; Tekinşen, 2004; Ocak et al., 2015; Tunçtürk and Özgökçe, 2015; Tunçtürk et al., 2017). Herby cheese that has been in production for more than 200 years is called “Van Herby cheese” since it is produced more in the Province of Van. Van Herby cheese is one of the oldest traditional Turkish cheeses and has been designated of protected geographical indication (PGI) by Turkish Patent and Trademark Office (PDO) (C2017/070). In fact, Herby cheese is produced predominantly in Van as well as the Provinces of Diyarbakir, Siirt, Bitlis, and Hakkari (Coşkun and Tunçtürk, 2000; Tekinşen, 2004; Şenel et al., 2012). The demand for traditional products has increased due to the popularity of Herby cheese, and the production in industrial environment has enabled it to be recognized internationally (Coşkun and Tunçtürk, 2000; Hayaloglu and Fox, 2008; Tarakci and Akyuz, 2009; Ocak et al., 2015; Tunçtürk and Özgökçe, 2015).

Researchers (Coşkun and Tunçtürk, 1998) define Herby cheese as “usually made from sheep’s milk (cow’s milk is used in the industry), with the addition of some herbs such as wild garlic (*Allium* spp.), Mint (*Lamiaceae*), Thyme (*Thymus*), and some other local aromatic herbs like Mendo (*Anthriscus nemorosa*), Heliz (*Ferula haussknechtii*) and Çünk (*Ranunculus crateris*) and produced by traditional methods. These types of cheeses could be consumed fresh or partly ripened in plastic drums with dry salting or brining.

In the Eastern and Southeastern Anatolia regions of Turkey, the production of Herby cheese varieties has been continuing for centuries. Although the Herby cheese produced in the Province of Siirt and its districts shows similarities to the known (Van) Herby cheese in terms of production steps, it gains its own characteristics thanks to the differences in several steps during production, and proves that it can be considered as a different product under the title of Herby cheese. During the production of Siirt Herby cheese, it is observed that it gains a unique structure and taste by crumbling the curd, adding only one type of herb (Sirik, *Allium* species), and direct dry salting without adding cacık (Turkish dairy product) (Doğan, 2011).

In this study, proteolysis and lipolysis levels of Siirt Herby cheese were envisaged in addition to other chemical properties. The electrophoretic technique was used to determine the type of milk used in the production stage.

## MATERIALS AND METHODS

### Cheese Samples

Twenty Siirt Herby cheese samples used in the study were randomly selected from cheese stores of the authentic Helvacilar Bazaar of the Province of Siirt in June.

In the different analysis, high purity chemicals of Sigma-Aldrich (Steinheim, Germany) and Merck (Darmstadt, Germany) were used.

### Chemical and Biochemical Analysis

Dry matter (%), protein (%), N x 6.38, fat (%), salt (%), ash values (%) and lactic acid titration acidity (%) were performed according to the methods described in AOAC (Horwitz, 2000). The pH values were measured by using pH meter (Hanna Inst. 8521).

Water soluble nitrogen (WSN), trichloroacetic acid-soluble nitrogen (TCA-SN), and phosphotungstic acid-soluble nitrogen (PTA-SN) were determined according to the method given by Bütikofer et al. (1993).

The free amino group contents of samples were estimated by the trinitrobenzene sulfonic acid (TNBS) method (Polychroniadou, 1988). The quantity of free amino groups was expressed in glycine equivalents. Blank and calibration tests were carried out to determine the means and standard deviations in the method.

Determination of lipolysis was performed according to the BDI method (Jellema et al., 1991); 10 g of the crushed cheese sample was transferred to a butyrometer. 20 mL of BDI reagent was added and the butyrometers were allowed to stand in a boiling water bath for 20 minutes to separate the fat. BDI reagent was prepared by adding 30 g Triton X-100 and 70 g sodium tetrphosphate in 1 L of distilled water. The samples were centrifuged for 1 min in Gerber centrifuge. Enough aqueous methanol was added to bring the fat into column neck of the bottle and then centrifuged again for 1 min. Then, the fraction of fat was transferred into a 50-mL flask and weighed. A volume of 5 mL of solvent (4:1, petroleum ether: n-propanol) was added to the flask. Titration was carried out with 0.01 N tetra n-butyl ammonium hydroxide. The degree of lipolysis was reported as acid degree value (ADV) equation 1.

$$ADV = \frac{(A-B) \times N \times 100}{\text{weight of fat (g)}} \quad (1)$$

Herein; A is amount of 0.01 N tetra n-butyl ammonium hydroxide spent for sample (ml), B is amount of 0.01 N tetra n-butyl ammonium hydroxide spent for blank (ml), N is normality of tetra n-butyl ammonium hydroxide.

### Electrophoretic Analysis

Urea-PAGE electrophoresis of the Siirt Herby cheese was carried out according to the method of Tarakçı et al. (2004). Casein standard was obtained by dissolving sodium caseinate, prepared from sheep, goat and cow milk in urea buffer. The gels were scanned, and the pictures were transferred to the PC.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Chemical Composition

The chemical analysis results of Siirt Herby cheese samples are given in Table 1. The average acidity of the cheese samples in lactic acid was found as 0.83±0.30%. In their study, Doğan (2011) found the average acidity level of 2.44±0.62% for Siirt Herby cheese samples collected after maturation. In another study conducted on ripened Siirt Herby cheeses, acidity values were established to range between 0.99% and 3.00% (mean 2.28±0.59%) (Doğan, 2012). The results obtained by the previous researchers who used Van Herby cheese showed that the acidity values of the fresh Herby cheese samples were close to that of our results. However, the acidity values of ripened Herby cheese samples were found more higher (Şenel et al., 2012; Tarakçı and Akyuz, 2009; Tarakçı et al., 2004; Tarakçı and Küçüköner, 2006; Tekinşen, 2004; Tunçtürk et al., 2014). The mean pH value of Siirt Herby cheeses was 5.10±0.39, and similar values were found in other studies; while in ripened cheese samples, the pH values were found less than 5 (Tarakçı et al., 2004; Doğan, 2012; Şenel et al., 2012; Hayaloglu and



Karabulut, 2013a). As a matter of fact, it was reported that the mean pH value of ripened Siirt Herby cheeses is  $4.19 \pm 0.85$  (Doğan, 2011).

**Table 1.** Some chemical properties of Siirt Herby cheese samples.

Sample	Acidity (% LA)	pH	Dry Matter (%)	Protein (%)	Fat (%)	Ash (%)	NaCl (%)
1	0.18	6.02	57.55	23.53	28.00	4.13	2.48
2	1.13	5.23	55.33	25.21	23.00	6.51	4.74
3	0.86	4.80	54.72	21.34	24.00	6.67	6.43
4	0.77	4.35	47.31	21.22	18.00	4.76	3.92
5	1.35	5.07	59.29	25.20	27.00	4.99	4.97
6	1.08	5.16	47.33	19.06	18.00	7.51	5.56
7	1.35	4.80	54.97	20.75	24.00	8.06	8.01
8	0.77	5.12	43.56	19.54	16.00	6.03	5.03
9	0.86	5.39	46.32	20.81	20.00	4.87	4.27
10	1.17	4.90	54.11	20.67	28.00	5.49	5.44
11	0.41	5.22	57.52	20.78	30.00	5.36	4.92
12	1.04	5.01	54.01	22.48	25.00	5.68	5.56
13	0.81	5.43	47.59	23.60	17.00	6.01	5.19
14	0.77	4.77	50.08	22.46	21.00	6.34	5.67
15	0.90	5.36	52.99	20.29	21.00	7.35	6.26
16	0.86	4.73	58.04	23.38	28.00	4.84	4.74
17	0.68	5.40	54.32	20.31	25.00	4.95	4.86
18	0.59	4.98	53.93	20.31	27.00	4.73	4.33
19	0.54	5.70	55.29	21.26	29.00	3.85	3.39
20	0.50	4.58	54.33	19.90	28.00	5.47	5.14
Min.	0.18	4.35	43.56	19.06	16.00	3.85	2.48
Max.	1.35	6.02	59.29	25.21	30.00	8.06	8.01
Mean Value	0.83	5.10	52.93	21.61	23.85	5.68	5.05
SD ( $\sigma$ )	0.30	0.39	4.39	1.78	4.38	1.13	1.15

Dry matter, salt, and ash values of Herby cheeses in the literature have quite a broad range. This is due to the dry or brine salting practices of cheese samples or lack of a standard salting level. In our study, the mean dry matter value was  $52.93 \pm 4.39\%$ . This value is similar to the values obtained by some researchers (Tekinşen, 2004; Doğan, 2011; Doğan, 2012; Hayaloglu and Karabulut, 2013a). The mean ash value of our samples was  $5.68 \pm 1.13\%$ , this value was consistent with the values of fresh brined Herby cheese (Sağun et al., 2005). The mean salt value of Siirt Herby cheese samples was  $5.07 \pm 1.29\%$ , and this value was found as  $6.93 \pm 1.26\%$  by Doğan (2011),  $5.87 \pm 0.99\%$  by Doğan (2012), and  $5.19 \pm 0.81\%$  by Tarakçı et al. (2004) and in the fresh samples  $6.64 \pm 1.19\%$ , in the ripened cheese samples as  $5.52 \pm 1.85\%$  by Hayaloglu and Karabulut (2013a).

The mean protein value found in our study was  $21.61 \pm 1.78\%$  which matched the protein value obtained in many other studies (Tarakçı et al., 2004; Tarakci and Akyuz, 2009; Doğan, 2011; Doğan, 2012;). Tarakci et al., (2011) reported that adding herbs at 0.5% or 1% levels to Herby cheeses showed different protein values of cheese samples (Tarakçı et al., 2011). The mean fat value  $23.85 \pm 4.38\%$  was similar to that obtained by many studies (Tarakçı et al., 2004; Tarakci and Akyuz, 2009; Doğan, 2011; Doğan, 2012).

### Biochemical Composition

The biochemical analysis results of Siirt Herby cheese samples are given in Table 2. The mean values of WSN, TCA-SN and PTA-SN of the proteolysis level were  $9.49 \pm 2.66\%$ ,  $6.33 \pm 2.39\%$ , and  $1.48 \pm 0.71\%$ , respectively. In the study carried out by Doğan (Doğan, 2012), WSN and TCA-SN values of ripened Siirt Herby cheese samples were found as  $20.66 \pm 4.95\%$  and  $15.72 \pm 1.98\%$ , respectively. The

values obtained in our study showed WSN and TCA-SN values similar to those reported on Herby cheese (Tarakçı et al., 2004; Tarakçı et al., 2005). In a study conducted on Herby cheese produced by various milk types, the WSN, TCA-SN and PTA-SN values of the cheese samples made from raw milk obtained on the 30<sup>th</sup> day of storage were consistent with the sample values of our study. Another assay used to determine the level of proteolysis is the proteolysis value (free amino group). This mean value was  $61.97 \pm 30.84$  mM glycine level. The proteolysis values of the 30<sup>th</sup> day of storage Herby cheese samples obtained by Tunçtürk et al. (2014) were similar to our results. In another study, the values of the 30<sup>th</sup> day of storage White cheese (Cinbas and Kilic, 2006) samples were close to our results. The proteolysis values obtained in some White cheese studies are less than the values of our samples (Hesari et al., 2007; Kirkin et al., 2013). The development of proteolysis of Herby cheese samples which were not subjected to a standard maturing procedure differed according to the ambient conditions, and therefore, very different results were found in the proteolysis values of the samples (Table 2).

In order to investigate the lipolytic development of Herby cheese samples, it was determined that our samples showed mean value of  $6.00 \pm 2.32$  ADV. This value is higher than all the values of the reported studies (Coşkun and Tunçtürk, 2000; Tarakçı et al., 2004; Tarakçı et al., 2005; Tarakci and Akyuz, 2009; Tunçtürk et al., 2014). This increase in ADV values of our samples could be the result of the high lipase activity in raw milk samples, the contribution of the esterolytic activity of non-starter lactic acid bacteria (Hayaloğlu and Özer, 2011), the high temperature value of cheese storage permitting the growth of spoilage microorganisms, and the hydrolysis of these microorganisms that liberates lipolytic enzymes.

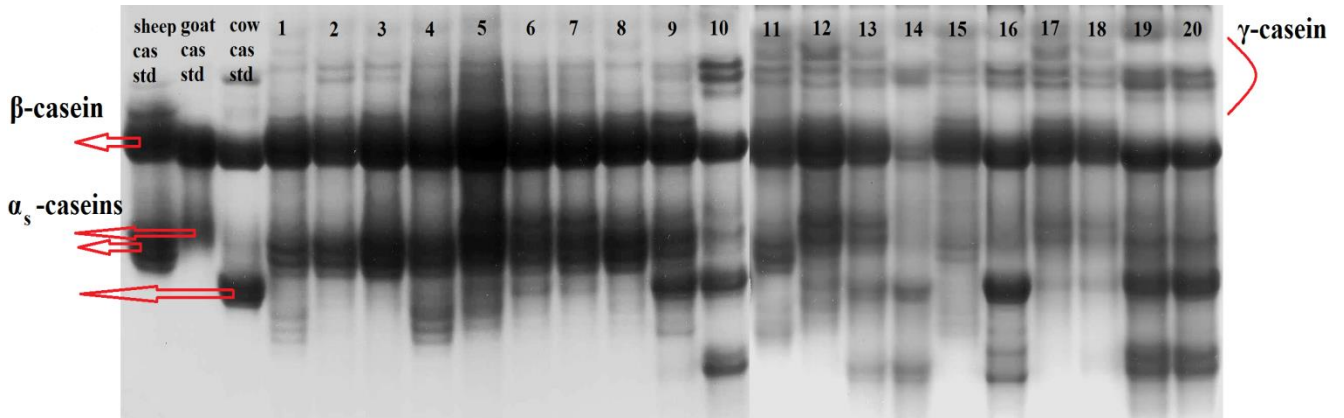
**Table 2.** Some biochemical properties of the Siirt Herby cheese samples.

Sample	Lipolysis (ADV)	Proteolysis (mM)	WSN (%)	TCA-SN (%)	PTA-SN (%)
1	5.04	71.99	8.25	6.35	1.08
2	4.47	42.00	8.64	3.01	0.73
3	0.94	6.19	3.51	2.44	0.28
4	4.47	62.34	9.31	6.61	1.28
5	4.23	35.94	8.20	5.88	1.02
6	7.38	37.79	8.84	6.79	1.49
7	6.64	13.58	8.60	6.44	1.59
8	4.63	82.18	7.47	1.25	1.46
9	4.84	50.24	10.98	8.24	1.32
10	3.52	74.28	11.80	8.96	1.80
11	6.24	44.01	10.29	6.01	1.56
12	4.75	70.04	9.91	6.63	1.43
13	7.01	81.90	9.04	5.68	2.34
14	7.14	42.33	10.08	6.54	1.17
15	7.69	59.99	5.88	4.56	1.03
16	6.48	58.81	8.42	6.80	1.06
17	8.47	123.03	10.24	8.68	1.85
18	12.46	131.61	16.29	12.20	3.83
19	7.02	79.66	13.82	6.09	1.80
20	6.59	71.42	10.14	7.46	1.44
Min.	0.94	6.19	3.51	1.25	0.28
Max.	12.46	131.61	16.29	12.2	3.83
Mean Value	6.00	61.97	9.49	6.33	1.48
SD ( $\sigma$ )	2.32	30.84	2.66	2.39	0.71

## Electrophoresis

As a result of electrophoretic analyses (Figure 1), the sheep's milk was more favourable in Siirt Herby cheese production than other milk types. In addition to sheep's milk, it was observed that cow's

and goat's milk or both were mixed with sheep's milk and used in the Herby cheese production. Tarakçı et al. (2004) reported that sheep's and cow's milk mixture is preferred in Van Herby cheese production. In the same study, only cow's milk was used for certain cheeses production. As a result of electrophoretic analysis in which proteolytic activity can be observed, almost all the caseins  $\alpha_s1$  were broken down, and that this was also seen in the free amino group values of the same samples (Figure 1 and Table 2; samples 17 and 18).



**Figure 1.** Ure-PAGE Electrophoretograms of Siirt Herby cheese samples. (sheep cas std: sheep casein standard; goat cas std: goat casein standard; cow cas std: cow casein standard).

## CONCLUSION

It is obvious that Siirt Herby cheese that is widely produced in different regions of Turkey needs more investigation studies to determine all of its characteristics. The high activity of proteolysis and lipolysis of these cheese samples could be related to the absence of a ripening stage. Another reason of this high activity of proteolysis and lipolysis could be the high temperatures of the storage places of cheeses. Another study could be performed to evaluate the effect of collection time of milk on the Herby cheese quality attributes.

## REFERENCES

- Bütikofer U, Rüeegg M, Ardö Y, 1993. Determination of nitrogen fractions in cheese: Evaluation of a collaborative study. *LWT-Food Science and Technology*. 26, 271–275.
- Cinbas T, Kilic M, 2006. Proteolysis and lipolysis in White cheeses manufactured by two different production methods. *International Journal of Food Science and Technology*. 41, 530–537.
- Coşkun H, Tunçtürk Y, 2000. The effect of *Allium* sp. on the extension of lipolysis and proteolysis in Van Herby cheese during maturation. *Food/Nahrung* 44, 52–55.
- Coşkun H, Tunçtürk Y, 1998. Van Otlı peyniri (Van Herby cheese). *Geleneksel Süt Ürünleri*. V. Süt ve Süt Ürünleri Sempozyumu 21–22.
- Doğan C, 2011. Traditional Production Process and Composition of Siirt Herby Cheese. Msc Thesis, Kahramanmaraş Sütçü İmam Univ, Kahramanmaraş-Türkiye.
- Doğan N, 2012. Determination of Some Properties of “Siirt Otlı Cheese” That Produced in Siirt Province. Msc Thesis, Harran Univ, Şanlıurfa-Türkiye.
- Hayaloglu AA, Fox PF, 2008. Cheeses of Turkey: 3. Varieties containing herbs or spices. *Dairy Science and Technology*. 88, 245–256.
- Hayaloglu AA, Karabulut I, 2013a. SPME/GC-MS characterization and comparison of volatiles of eleven varieties of Turkish cheeses. *International Journal of Food Properties*. 16, 1630–1653.

- Hayaloglu AA, Karabulut I, 2013b. Primary and secondary proteolysis in eleven Turkish cheese varieties. *International Journal of Food Properties*. 16, 1663–1675.
- Hayaloğlu AA, Özer B, 2011. *Peynir Biliminin Temelleri (Basics of Cheese Science)*. SIDAŞ Medya Ltd 643.
- Hesari J, Ehsani MR, Mosavi MAE, Mcsweeney PLH, 2007. Proteolysis in ultra-filtered and conventional Iranian White cheese during ripening. *International Journal of Dairy Technology*. 60, 211–220.
- Horwitz W, 2000. *Official Methods of Analysis of AOAC International*, 17th Edition. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, Md.
- Jellema A, Anderson M, Heeschen W, Kuzdal-Savoie S, Needs EC, Suhren G, Van Reusel A, 1991. Determination of free fatty acids in milk and milk products. *Bulletin of the International Dairy Federation* no. 265.
- Kavaz A, Bakirci I, Kaban G, 2013. Changes of volatile compounds of Herby cheese during the storage period. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. 19: 535-540..
- Kirkin C, Gunes G, Kilic-Akyilmaz M, 2013. Preservation of precut White cheese by modified atmosphere packaging. *International Journal of Dairy Technology*. 66, 576–586.
- Ocak E, Javidipour I, Tuncturk Y, 2015. Volatile compounds of Van Herby cheeses produced with raw and pasteurized milks from different species. *Journal of Food Science and Technology*. 52, 4315–4323.
- Polychroniadou A, 1988. A simple procedure using trinitrobenzenesulphonic acid for monitoring proteolysis in cheese. *Journal of Dairy Research*. 55, 585–596.
- Sağun E, Tarakçı Z, Sancak H, Durmaz H, 2005. Salamura Otlu peynirde olgunlaşma süresince mineral madde değişimi (Changes of mineral matter during ripening of pickled Herby cheese). *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. 16, 21–25.
- Şenel E, Yildiz F, Yetişemiyen A, 2012. Evaluation of the biogenic amine content and some chemical and microbiological properties of Urfa and Van Herby cheeses. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. 18 (4), 537-544.
- Tarakçı Z, Akyuz N, 2009. Effects of packaging materials and filling methods on selected characteristics of Otlu (Herby) cheese. *International Journal of Food Properties*. 12, 496–511.
- Tarakçı Z, Coşkun H, Tunçtürk Y, 2004. Some properties of fresh and ripened Herby cheese, a traditional variety produced in Turkey. *Food Technology and Biotechnology*. 42, 47–50.
- Tarakci Z, Temiz H, 2009. A review of the chemical, biochemical and antimicrobial aspects of Turkish Otlu (Herby) cheese. *International Journal of Dairy Technology*. 62, 354–360.
- Tarakci Z, Temiz H, Aykut U, Turhan S, 2011. Influence of wild garlic on color, free fatty acids, and chemical and sensory properties of Herby pickled cheese. *International Journal of Food Properties*. 14, 287–299.
- Tarakçı Z, Durmaz H, Sağun E, 2005. Siyabonun (*Ferula* sp.) otlu peynirin olgunlaşması üzerine etkisi (The effect of Siyabo (*Ferula* sp.) on ripening of Herby cheese). *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*. 15, 53–56.
- Tarakçı Z, Küçüköner E, 2006. Farklı yağ oranına sahip süttten üretilen Van Otlu peynirlerinde olgunlaşma süresinde meydana gelen değişiklikler (Changes in the ripening time of Van Herby cheese produced from milk with different fat ratios). *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*. 16, 19–24.
- Tekinşen KK, 2004. Hakkari ve çevresinde üretilen Otlu peynirlerin mikrobiyolojik ve kimyasal kalitesi (Microbiological and chemical quality of Herby cheese produced in and around Hakkari). *Eurasian Journal of Veterinary Sciences*. 20 (2),070-085.
- Tunçtürk M, Eryiğit T, Kaya AR, 2017. Nutritional properties, minerals, and selected heavy metal contents in Herby cheese plants of Lamiaceae. *Applied Biological Chemistry*. 60, 41–47.
- Tunçtürk M, Özgökçe F, 2015. Chemical composition of some Apiaceae plants commonly used in Herby cheese in Eastern Anatolia. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 39, 55–62.
- Tunçtürk Y, Ocak E, Köse Ş, 2014. Changes in chemical and physical properties and proteolysis of Van Herby (Otlu) cheese during ripening. *GIDA The Journal of Food*. 39, 163–170.

**Stabilizasyon İşleminin Pirinç Kepeğinin Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkisinin Belirlenmesi**Burcu ERTÜRK<sup>1</sup>, Raciye MERAL<sup>1\*</sup>

**ÖZET:** Bu çalışma; farklı stabilizasyon koşullarının pirinç kepeğinin oksidatif stabilitesi, fitik asit içeriği ve antioksidan aktivitesi üzerine etkisini belirlemek için planlanmıştır. Bu amaçla pirinç kepeği örneklerine stabilizasyon işlemi uygulanmış ve elde edilen kepek örneklerinde meydana gelen değişimler saptanmıştır. Stabilizasyon için üç farklı fırın sıcaklığı (120, 140 ve 160 °C) ve üç farklı mikrodalga gücü (600, 700 ve 800 W) kullanılmıştır. Pirinç kepeği örneklerinin serbest yağ asitliği değerlerini düşürmede en etkili kombinasyonun fırında stabilizasyon olduğu tespit edilmiştir. Ham pirinç kepeği ve stabilize edilen kepek örneklerinin peroksit değerleri depolama ile 30. güne kadar doğrusal bir artış göstermiş ancak 60. günde örneklerin peroksit değerlerinde düşüş tespit edilmiştir. Pirinç kepeği örneklerinin fitik asit içeriği 27.38-31.68 mg/g arasında değişmiş ve fitik asit içeriğinde önemli bir farklılık bulunamamıştır. Uygulanan stabilizasyon yöntemleri antioksidan aktiviteyi arttırmıştır. TEAK değeri 2439 µmol/TE' den 7723 µmol/TE' ye yükselmiştir. Sonuçlar, stabilizasyon sürecinin pirinç kepeğinin antioksidan aktivitesi üzerinde olumlu etkileri olduğunu ortaya koymuştur.

**Anahtar kelimeler:** fitik asit, mikrodalga fırın, konveksiyonel fırın, pirinç kepeği, stabilizasyon

**Determination of the Effect of Stabilization Process on Some Quality Characteristics of Rice Bran**

**ABSTRACT:** This study was planned to determine the effect of different stabilization conditions on oxidative stability, phytic acid content and antioxidant activity of rice bran. For this purpose, stabilization process was applied to the rice bran samples and the changes in the bran samples were determined. Three different oven temperatures (120, 140 and 160 °C) and three different microwave powers (600, 700 and 800 W) were used for stabilization. It was determined that the stabilization with conventional oven was the most effective combination to reduce the free fatty acid values of rice bran samples. Peroxide values of raw rice bran and stabilized bran samples showed a linear increase up to 30 days, but a decrease in peroxide values of all samples was observed on day 60. Phytic acid content of rice bran samples varied between 27.38-31.68 mg/g and no significant difference was found in phytic acid content. Stabilization methods increased the antioxidant activity. The TEAC values increased from 2439 µmol/TE to 7723 µmol/TE. The results showed that the stabilization process had positive effects on the antioxidant activity of rice bran.

**Keywords:** phytic acid, microwave, conventional oven, rice bran, stabilization

<sup>1</sup> Burcu ERTÜRK (Orcid ID: 0000-0002-8896-2284), Raciye MERAL (Orcid ID: 0000-0001-9893-7325), Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Van, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Raciye MERAL, e-mail: racyemeral@yyu.edu.tr

\* Bu çalışma Burcu ERTÜRK'ün n Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.



## GİRİŞ

Pirinç kepeği, dünyada önemli bir üretime sahip olan pirincin işlenmesi sırasında bir yan ürün olarak ortaya çıkmaktadır. Dünyada her yıl 63-76 milyon ton pirinç kepeği üretildiği tahmin edilmekte ve bu miktarın yaklaşık % 90'lık bir kısmının hayvan yemi olarak oldukça ucuza satıldığı ifade edilmektedir (Kahlon, 2009). Sahip olduğu yüksek biyolojik değere rağmen pirinç kepeği, gıda maddesi olarak değerlendirilememekte ve hem ülkemizde hem de dünyanın pek çok yerinde oldukça ucuz bir fiyata satılmaktadır. Bu durumun temel nedeni pirinç kepeğinin acılaşıma sorunudur. Öğütülmemiş bütün haldeki çeltik acılaşıma bakımından stabildir. Çünkü çeltiğin kavuz kısmında bulunan lipolitik enzimler ile aleuron tabakasında ve embriyoda bulunan yağ molekülleri temas halinde değildirlir. Öğütme sonucu lipaz enzimleri yağ molekülleri ile temas geçer ve enzim hızlı bir şekilde bu yağı hidrolize ederek, kepeğin acı ve tüketilemez bir forma dönüşmesine neden olur (Yılmaz ve Tuncel, 2011). Başta ısıl işlem olmak üzere çok çeşitli teknikler ile pirinç kepeğinde bulunan enzimler inaktive edilebilmekte ve bu işleme “stabilizasyon” adı verilmektedir (Malekian ve ark., 2000). Pirinç kepeği stabilizasyonu için çok farklı teknikler kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan yöntemler; sıcak havada kurutma, güneşte kurutma, akışkan yataklı kurutma, mikrodalga ısıtma, ohmik ısıtma ve kızıl ötesi enerji ile stabilizasyondur. Gıda proseslerinde stabilize pirinç kepeği yaygın olarak kullanılmasa da bazı araştırmacılar tarafından gıda formülasyonuna dahil edilmiştir. Pirinç kepeğinin alternatif bir katkı maddesi olabileceği düşünülmektedir. Bu sebeple uygun bir stabilizasyon tekniğinin optimum koşullarda uygulanması oldukça önemlidir. Stabil hale getirilen pirinç kepeği; köpürme ajanı olarak bazı fırıncılık ürünlerinde, kremalarda ve soslarda kullanılabilir. Ayrıca yağ bağlama, emülsifiye etme gibi fonksiyonel özellikleri sayesinde et ürünlerinde de kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır (Yılmaz ve Tuncel, 2011).

Artan dünya nüfusuna karşılık gıda üretiminin aynı oranda artmaması, gıda sanayi atıklarının veya yan ürünlerinin değerlendirilmesini gerekli kılmıştır. Bu anlamda tahıl işleme sanayisinin önemli bir yan ürünü olan ve yüksek biyolojik değere sahip pirinç kepeğinin stabilize edilerek gıda formüllerinde kullanılması bir gıda işleme atığının değerlendirilmesi anlamında önem arz etmektedir. Bununla birlikte stabilizasyon sırasında uygulanan ısıl işlem, pirinç kepeğinin duyuusal ve fonksiyonel özelliklerini etkilemektedir. Pirinç kepeğinin stabilizasyonu için, lipaz aktivitesini düşürecek ancak renk, tat ve antioksidan aktivite gibi duyuusal ve fonksiyonel özelliklere önemli zarar vermeyecek uygun bir stabilizasyon yönteminin belirlenmesi son derece önemlidir. Bu çalışma; farklı stabilizasyon koşullarının pirinç kepeklerinin, oksidatif stabilitesi, fitik asit içeriği, antioksidan aktivitesi üzerine etkisini belirlemek için planlanmıştır. Bu amaçla piyasadan temin edilen pirinç kepeği örneklerine mikrodalga fırında ve konveksiyonel fırında ısıtma işlemleri uygulanmış ve elde edilen kepek örneklerinde meydana gelen değişimler saptanarak, kullanılan stabilizasyon yöntemleri karşılaştırılmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Materyal

Pirinç kepeği, Tiryaki Agro Gıda San. Tic. A.Ş. (Mersin)'den temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan 2,2-difenilpikrilhidrazil (DPPH), trolox, potasyum per sülfat Sigma-Aldrich (St. Louis. MO, ABD); n-hegzan (Milan, İtalya), firmasından temin edilmiştir.

## Pirinç kepeğinin stabilizasyonu

Stabilizasyon şartları ve örnek kodları Çizelge 1'de verilmiştir. Stabilize edilen pirinç kepekleri kilitli buzdolabı poşetlerine konulmuş ve analiz süresi boyunca  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilmiştir. Serbest yağ asitliği (SYA) ve peroksit değerlerinin belirlenmesi için ayrılan örnekler, 90 gün boyunca  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de depolanmış ve bu örneklerde 0., 30., 60. ve 90. günde SYA ve peroksit analizleri yapılmıştır.

**Çizelge 1.** Pirinç kepeğinin stabilizasyon koşulları

Örnek kodu	Stabilizasyon koşulları	Stabilizasyon yöntemi
K	Stabilize edilmemiş	
M1	600W, 2.5 dk	Mikrodalga fırın
M2	700W, 2.5 dk	Mikrodalga fırın
M3	800W, 2.5 dk	Mikrodalga fırın
F1	$120\pm 5^{\circ}\text{C}$ ; 15 dk	Konveksiyonel fırın
F2	$140\pm 5^{\circ}\text{C}$ ; 15 dk	Konveksiyonel fırın
F3	$160\pm 5^{\circ}\text{C}$ ; 15dk	Konveksiyonel fırın

W: Watt

## Pirinç kepeği yağında serbest yağ asitliği (SYA) ve peroksit değeri tayini

Pirinç kepeği örneklerinden, soğuk ekstraksiyon metoduna göre yağ elde edilmiştir. Yağ eldesi için öncelikle erlenlere pirinç kepeği tartılmış ve üzerine hegzan eklenerek orbital çalkalayıcıda 3 saat karıştırılmıştır. Ardından kaba filtre kağıdından süzülüp  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de ki rotary evaporatörde (IKA RV 10 rotary evaporatör, Almanya) hegzan uzaklaştırılmıştır. Böylelikle pirinç kepeği yağı elde edilmiştir (Ceylan ve ark., 2018; Ceylan ve ark., 2020). Pirinç kepeği yağı örneklerinin SYA değeri, AOCS Official Method Ca 5a-40'a, peroksit sayısı değeri ise AOCS Official Method Cd8-5'e göre yapılmıştır (Anonim, 1989).

## Fitik asit tayini

Fitik asit analizinde Haugh ve Lantzch (1983) tarafından bildirilen yöntem uygulanmıştır.

## Antioksidan madde ekstraksiyonu

Antioksidan maddelerin ekstraksiyonunda Zhang ve ark. (2010) tarafından bildirilen yöntem kullanılmıştır. Bu amaçla yağı alınmış pirinç kepeği örneklerinden 0.5 g falcon tüplerine tartılmış ve üzerine 25 mL metanol ve 0.1 N HCl (85:15) karışımından eklenmiştir. Ardından tüpler su banyosunda ( $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 250 rpm, 20 dk) karıştırılmıştır. Karıştırma sonunda örnekler  $3000\times g$ ' de 15 dk santrifüj edilmiş ve süpernatant 100 mL'lik amber renkli balon jöjelere alınmıştır. Bu işlem 4 defa tekrarlanmıştır. İşlem sonrasında balon hacmi metanol-HCl (85:15) karışımı ile 100 mL'ye tamamlanmış ve balon içeriği amber renkli cam şişelere alınmıştır.

## Pirinç kepeği numunelerinde DPPH aktivite tayini

Antioksidan madde içeren ekstraktlardan 1 mL bir deney tüpüne alınarak örnekler üzerine metanolde günlük olarak hazırlanan 0.025 g/L konsantrasyondaki DPPH çözeltisinden 3 mL eklenmiştir. Tüpler vorteks yardımıyla hızlıca karıştırılmıştır. Karıştırmayı takiben deney tüpleri karanlık bir ortamda 30 dk bekletilmiş ve spektrofotometrede (UV Mini-1240, Shimadzu, Japan) 517 nm dalga boyunda kuartz küvet kullanılarak kontrol örneğine karşı (1 mL metanol ve 3 mL DPPH çözeltisi içeren örnek) okuma yapılmıştır. Sonuçlar, aşağıdaki formülden hesaplanmıştır (Meral ve Doğan, 2013).

$$\% \text{ İnhibisyon} = \left[ \frac{(A_{\text{kontrol}} - A_{\text{örnek}})}{A_{\text{kontrol}}} \right] \times 100 \quad (1)$$

$A_{\text{kontrol}}$ : DPPH çözeltisi ve metanol içeren numunenin absorbanası

$A_{\text{örnek}}$ : DPPH çözeltisi ve örnek içeren numunenin absorbanası

### Troloks eşdeğeri antioksidan kapasitenin (TEAK) belirlenmesi

Troloks eşdeğeri antioksidan kapasite (TEAK) yöntemi için (Re ve ark., 1999) tarafından bildirilen yöntem kullanılmış ve sonuçlar troloks eşdeğeri antioksidan kapasitesi ( $\mu\text{mol TEAK/g}$ ) olarak verilmiştir.

### Pirinç kepeği numunelerinde renk analizi

Pirinç kepeği örneklerinde renk parametreleri ( $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri) taşınabilir renk ölçüm cihazı Konica Minolta Chroma Meter CR-400 (Osaka, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir. Ölçümler en az 3 tekrarlı olacak şekilde yapılmıştır.

### İstatistik analiz

İstatistik analizler JMP 13 (SAS, USA) programı kullanılarak oluşturulmuştur. ANOVA testi ve hangi örnekler arasında önemli fark olduğu ise Tukey-Kramer testi ile belirlenmiştir.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Stabilizasyonun Pirinç Kepeğinin SYA Değerleri Üzerine Etkisi

Çizelge 2’de ham ve stabilize edilmiş pirinç kepeği örneklerinden depolama süresince elde edilen pirinç kepeği yağlarının, oleik asit cinsinden % asitlik değerleri verilmiştir. Depolamanın başlangıcında yani stabilizasyonun yapıldığı gün SYA değerleri, % 17.82-19.89 arasında değişmiştir. Örneklerin tamamında elde edilen SYA değeri literatürde bahsedilen değerden fazladır. Bu durumun temel nedeni çeltiğin öğütülmesinden kısa süre sonra lipazın etkisiyle SYA değerinin hızlı bir şekilde yükselmesidir. Farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda, ham pirinç kepeğinin başlangıç değerleriyle ilgili farklı bulgular elde edilmiştir. Ramezanzadeh ve ark. (1999), ham pirinç kepeği yağının SYA değerini % 2.5; Mujahid ve ark. (2005), % 9.5; Yılmaz ve ark. (2014) ise % 4.32 olarak belirlemişlerdir. Araştırma bulgularında ortaya çıkan bu farklılıklar, pirinç türü ve çeşidinden, pirincin yetiştirme koşullarından, yağın ekstraksiyon koşulları ve metodundan kaynaklanmaktadır. Pirinç kepeğindeki SYA değerinin bir haftadan kısa bir sürede % 10’u geçtiği ve tüketilemez forma dönüştüğü bildirilmiştir (Wang ve ark., 2017).

**Çizelge 2.** Pirinç kepeği örneklerinin SYA değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişimler (%)

Örnekler	0.Gün SYA	30. gün SYA	60. gün SYA	90. gün SYA
K	17.82 $\pm$ 0.32 <sup>Db</sup>	19.19 $\pm$ 0.72 <sup>Aab</sup>	19.76 $\pm$ 0.28 <sup>Aa</sup>	20.76 $\pm$ 0.04 <sup>Aa</sup>
M1	18.23 $\pm$ 0.41 <sup>CDa</sup>	17.87 $\pm$ 0.57 <sup>Aa</sup>	17.86 $\pm$ 0.40 <sup>Ba</sup>	19.13 $\pm$ 0.33 <sup>Ba</sup>
M2	18.20 $\pm$ 0.13 <sup>CDa</sup>	17.87 $\pm$ 0.46 <sup>Aa</sup>	17.86 $\pm$ 0.13 <sup>Ba</sup>	18.85 $\pm$ 0.44 <sup>BCa</sup>
M3	18.79 $\pm$ 0.34 <sup>BCa</sup>	17.85 $\pm$ 0.40 <sup>Aa</sup>	18.26 $\pm$ 0.14 <sup>Ba</sup>	18.38 $\pm$ 0.52 <sup>BCa</sup>
F1	19.05 $\pm$ 0.41 <sup>Ba</sup>	17.96 $\pm$ 0.02 <sup>Ab</sup>	18.33 $\pm$ 0.28 <sup>Bab</sup>	18.79 $\pm$ 0.19 <sup>BCab</sup>
F2	18.84 $\pm$ 0.07 <sup>BCa</sup>	17.70 $\pm$ 0.06 <sup>Ab</sup>	18.48 $\pm$ 0.30 <sup>Bab</sup>	19.09 $\pm$ 0.13 <sup>BCa</sup>
F3	19.89 $\pm$ 0.27 <sup>Aa</sup>	17.72 $\pm$ 0.29 <sup>Ab</sup>	18.68 $\pm$ 0.22 <sup>Bb</sup>	17.89 $\pm$ 0.14 <sup>Cb</sup>

Değerler ortalama  $\pm$  standart sapma şeklinde verilmiştir (%’de oleik asit cinsinden) K: Kontrol, M1: 600 W, M2: 700 W, M3: 800 W, F1: 120 °C, F2: 140 °C, F3: 160 °C. Aynı örnekte depolama süresince oluşan fark aynı satırda farklı küçük harfle, aynı günde örnekler arasındaki fark ise aynı sütunda farklı büyük harfle belirtilmiştir (p<0.05).

En düşük SYA değeri kontrol örneğinde, en yüksek SYA değeri ise 160 °C'de stabilize edilen F3 örneğinde tespit edilmiştir. Yapılan istatistiki analiz sonuçları, fırında yapılan stabilizasyon işleminin başlangıç SYA değerini önemli oranda arttırdığını ortaya koymuştur ( $p<0.05$ ). Depolamanın 90. gününde kontrol örneğinin SYA değeri % 20.76 olarak tespit edilmiş ve depolama boyunca, kontrol örneğinin SYA değeri 0. güne kıyasla önemli artış göstermiştir ( $p<0.05$ ). Stabilize pirinç kepeği örneklerinde depolama boyunca, SYA değerleri kontrole kıyasla önemli oranda düşük bulunmuştur. 90 günlük depolama boyunca mikrodalga yöntemi ile stabilize edilen örneklerin SYA değerleri, stabilizasyonun yapıldığı güne (0.gün) kıyasla değişmemiştir. Bu durum, mikrodalga yöntemiyle stabilize edilen kepek örneklerinin, SYA değeri açısından 90 gün boyunca stabil kaldığına işaret etmektedir. Fırında stabilize edilen örneklerde SYA değeri depolama boyunca dalgalanan bir eğilim göstermesine rağmen SYA değeri stabilizasyonun yapıldığı güne kıyasla artış göstermemiş ve stabilize örneklerin SYA değerleri depolama boyunca stabil kalmıştır. Elde edilen bulgular, depolamayla SYA değerinin başlangıç depolama gününe göre önemli ölçüde arttığını ortaya koyan Yılmaz (2014) ve Patil ve ark. (2016)'nın bulgularından farklıdır. Bahsi geçen bu çalışmalarda pirinç kepeğinin depolanması oda sıcaklığında gerçekleştirildiğinden, bu araştırmalardan elde edilen SYA değerleri bizim elde ettiğimiz sonuçlardan oldukça yüksektir. Patil ve ark., (2016) yaptıkları çalışmada pirinç kepeğini mikrodalga yöntemi ile stabilize etmişler ve örnekleri oda koşullarında 28 gün boyunca depolamışlardır. Depolama sürecinin sonunda SYA değerini ham pirinç kepeğinde % 58.60 olarak, mikrodalga ile stabilize edilmiş pirinç kepeği örneğinde ise % 50.82 olarak hesaplamışlardır. Irakli ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada pirinç kepeğini infrared yöntemle farklı sıcaklık ve sürelerde stabilize etmişler ve oda sıcaklığında depolamışlardır. Depolama ile üç ayın sonunda kontrol örneğinde SYA değerini % 56.1, 120 °C'de 10 dk stabilize edilen pirinç kepeği örneğinde ise % 20 olarak hesaplamışlardır. SYA değerini en çok düşüren yöntemin ise 140 °C'de 20 dk stabilizasyon olduğunu ortaya koymuşlardır. Farklı bir çalışmada pirinç kepeği mikrodalga (850 W, 3 dk) yöntemi ile stabilize edilmiş bir kısım stabilize edilmiş kepek örneği oda sıcaklığında bir kısım ise +4 °C'de depolanmıştır. Yapılan SYA analizleri sonucunda oda sıcaklığında depolanan örneklerin SYA değerinin yaklaşık 2 kat, +4 °C'de depolanan örneklerin SYA değerinin ise çok az arttırdığı belirlenmiştir (Ramazenzadeh ve ark., 1999). Bu çalışmadan elde edilen bulgular, stabilizasyon sonrası pirinç kepeği örnekleri eğer hemen kullanılmayacaksa, oda sıcaklığından daha düşük sıcaklıkta depolamanın gerekliliğini ortaya koymaktadır. Çünkü pirinç kepeği örneklerinde stabilizasyonla lipaz enzim aktivitesinin tamamen inaktif edilemeyeceği yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (Lacerda ve ark., 2013). Depolama boyunca nem, sıcaklık, ışık gibi oksidasyonu arttıran faktörler ve mikrobiyal aktivite sonucunda SYA değeri artış gösterebileceğinden, yağ içeren örneklerin düşük sıcaklıklarda saklanması oksidatif stabiliteyi sağlamak açısından daha avantajlı olacaktır.

### **Stabilizasyonun Pirinç Kepeğinin Peroksit Değerleri Üzerine Etkisi**

90 gün boyunca depolanan pirinç kepeği örneklerinden elde edilen pirinç kepeği yağlarının, peroksit değerleri Çizelge 3'de verilmiştir. Ham pirinç kepeğinde başlangıç peroksit sayısı 5.42 meqO<sub>2</sub>/kg olarak tespit edilmiştir. Farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda, ham pirinç kepeğinin başlangıç değerleriyle ilgili farklı bulgular elde edilmiştir. Thanonkaew ve ark. (2012), ham pirinç kepeği yağının peroksit sayısını 18.85 meqO<sub>2</sub>/kg; Patil ve ark. (2016), 2.80 meqO<sub>2</sub>/kg; Geçgel ve ark. (2017) ise 12.0 meqO<sub>2</sub>/kg olarak tespit etmişlerdir. Rodchuajeen ve ark. (2016), farklı hareketli yatak kurutma yöntemleri ile pirinç kepeğini stabilize etmişler ve ham kepek yağında peroksit sayısını 0.75 meqO<sub>2</sub>/kg, 24 saat (1 gün) sonunda ise peroksit değerini 11.30 meqO<sub>2</sub>/kg olarak tespit etmişlerdir.

Meydana gelen farklılıklar kepeğin elde edildiği çeltik çeşidine, ekstraksiyon koşullarına, analiz metodu gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

Depolamanın başlangıcında 0. gün peroksit sayısı değerleri 3.91-6.44 meqO<sub>2</sub>/kg arasında değişmiştir. En yüksek peroksit sayısı M3 örneğinde, en düşük peroksit sayısı ise 120 °C’de fırında stabilize edilen F1 örneğinde tespit edilmiştir. Stabilizasyonda kullanılan mikrodalga gücü ve konveksiyonel fırında kullanılan sıcaklık arttıkça peroksit değeri de artış göstermiştir. Mikrodalga ısıtmanın peroksit oluşumu üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, rafine pamuk tohumu yağı ve hidrojene hurma yağı oksidasyonunu hızlandırdığı ve reaktif radikallerin varlığının göstergesi olan peroksit değerlerinde ve ikincil oksidasyon ürünlerinde artış olduğu bildirilmiştir (Farag ve ark., 1992). Farklı bir çalışmada ayçiçeği, haşhaş, keten, soya ve susam tohumları mikrodalga (540, 720 ve 900 W 8 dk) ve etüvde (90, 150 ve 210 °C 10 dk) kavurulmuştur. Kavurma işlemi sonrası elde edilen yağlarda peroksit değerleri araştırılmış ve mikrodalgada enerji gücü artışı kontrole kıyasla önce 540 W ile azalma göstermiş ardından uygulanan enerji gücü artışı peroksit değerini artırmıştır. Benzer durum etüvde kavrulan örnekler içinde geçerlidir. Sonuçlar bizim çalışmamızın bulguları ile uyum göstermektedir (Şimşek, 2009).

**Çizelge 3.** Pirinç kepeği örneklerinin peroksit değerlerinde depolama süresince meydana gelen değişimler (meqO<sub>2</sub>/kg)

Örnekler	0. gün peroksit	30. gün peroksit	60. gün peroksit	90. gün peroksit
K	5.42 ±0.35 <sup>ABd</sup>	12.46 ±0.44 <sup>Ba</sup>	6.82 ±0.17 <sup>Bc</sup>	9.33 ±0.28 <sup>Ab</sup>
M1	4.37 ±0.12 <sup>BCd</sup>	16.42 ±0.45 <sup>Aa</sup>	7.29 ±0.09 <sup>ABc</sup>	10.33 ±0.02 <sup>Ab</sup>
M2	4.40 ±0.00 <sup>BCc</sup>	17.10 ±0.04 <sup>Aa</sup>	7.56 ±0.25 <sup>ABb</sup>	9.02 ±0.83 <sup>Ab</sup>
M3	6.44 ±0.46 <sup>Ac</sup>	16.40 ±0.25 <sup>Aa</sup>	8.34 ±0.21 <sup>Abc</sup>	9.98 ±0.81 <sup>Ab</sup>
F1	3.91 ±0.12 <sup>Cc</sup>	12.42 ±0.14 <sup>Ba</sup>	8.02 ±0.45 <sup>Ab</sup>	8.65 ±0.42 <sup>Ab</sup>
F2	4.34 ±0.57 <sup>BCd</sup>	12.23±0.04 <sup>Ba</sup>	7.66 ±0.27 <sup>ABc</sup>	9.59 ±0.70 <sup>Ab</sup>
F3	4.59 ±0.00 <sup>BCc</sup>	12.13 ±0.04 <sup>Ba</sup>	7.67 ±0.27 <sup>ABb</sup>	9.22 ±1.26 <sup>Ab</sup>

Değerler ortalama±standart sapma şeklinde verilmiştir K: Kontrol, M1: 600 W, M2: 700 W, M3: 800 W, F1: 120 °C, F2: 140 °C, F3: 160 °C Aynı örnekte depolama süresince oluşan önemli fark aynı satırda farklı küçük harfle, aynı günde örnekler arasındaki önemli fark ise aynı sütunda farklı büyük harfle belirtilmiştir(p<0.05).

Depolamanın 30. gününde peroksit değerleri 12.13-17.1 meqO<sub>2</sub>/kg arasında değişmiştir. En yüksek peroksit sayısı M2 örneğinde, en düşük peroksit sayısı ise fırında 160 °C’de stabilize edilen F3 örneğinde elde edilmiştir. Mikrodalga yöntemi ile stabilizasyon işlemi, peroksit sayısını kontrole kıyasla değiştirmiş (p<0.05) ve artışa sebep olmuştur (p<0.05). F1, F2 ve F3 örneği kontrole aynı grupta yer almıştır. Konveksiyonel fırında stabilizasyon ile stabilizasyonun 30. gününde mikrodalga yöntemine kıyasla daha düşük değerler elde edilmiştir.

Depolamanın 60. gününde peroksit sayısı değerleri 6.82-8.34 meqO<sub>2</sub>/kg arasında değişmiştir. En yüksek peroksit sayısı M3 örneğinde, en düşük peroksit sayısı ise kontrol örneğinde elde edilmiştir. Kontrole kıyasla M3 ve F1 örneğinde meydana gelen fark önemli bulunmuştur (p<0.05).

Pirinç kepeği örneklerinin 90. gün peroksit sayısı değerleri 8.65-10.33 meqO<sub>2</sub>/kg arasında değişmiştir. En yüksek peroksit sayısı M1 örneğinde, en düşük peroksit sayısı F1 örneğinde tespit edilmiştir. Mikrodalga ve fırında stabilizasyon işlemi 90. günde kontrole kıyasla peroksit sayısını değiştirmemiş (p<0.05) ve bütün örnekler aynı grupta yer almıştır.

Thanonkaew ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada pirinç kepeği sıcak hava, kavurma, buharlama ve mikrodalga yöntemleri ile stabilize edilmiştir. Kontrol örneği olan ham pirinç kepeğinde 18.85 meqO<sub>2</sub>/kg gibi oldukça yüksek bir peroksit değeri elde edilmiştir. Araştırmacılar uygulanan stabilizasyon yöntemleri ile en düşük (11.72) peroksit değerini mikrodalga fırında stabilizasyonla elde etmişlerdir. Peroksit değerini azaltmada en az etkili olan yöntemin ise buharla stabilizasyon olduğu



ortaya konmuştur. Ling ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmada hem hidroliz hem de oksidasyon reaksiyonlarını geciktirmek için en uygun stabilizasyon parametresinin sıcak hava destekli radyo frekansını 100 °C'ye getirmek ve bu sıcaklıkta 15 dk bekletmek olduğu bildirilmiştir.

Ham pirinç kepeği ve stabilize edilen kepek örneklerinde depolama ile 30. güne kadar doğrusal bir artış elde edilmiş ancak 60. günde örneklerin tamamında düşüş tespit edilmiştir. Bu durum; pirinç kepeği örneklerinde mikrodalga enerjisi ve konveksiyonel fırında kullanılan sıcaklık etkisiyle, birincil oksidasyon ürünü olan peroksitlerden, ikincil oksidasyon ürünlerinin oluşmasıyla açıklanabilir. Baştürk ve Cavidoğlu (2017), ısıtma veya yüksek sıcaklık indüklemesi ile peroksitlerin parçalanarak malondialdehit gibi karbonil ve aldehid bileşiklerine dönüşebileceğini bildirmiştir. Javidipour ve ark. (2017), mikrodalga ısıtma ile zeytinyağında konjuge dien ve trien miktarlarının ısıtma süresinin artmasıyla birlikte arttığını, ayrıca peroksit sayısının önce arttığını sonra ikincil oksidasyon ürünlerinin oluşumundan dolayı azaldığını bildirmişlerdir. Çizelge 3 incelendiğinde 0. gün ve 90 günlük depolama sonunda en düşük peroksit değerinin F1 örneğinde olduğu görülmektedir. Bu bulgulardan, konveksiyonel fırında 120 °C'lik stabilizasyonun, peroksit değerini en az yükselten kombinasyon olduğu ortaya çıkmıştır. Patil ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada pirinç kepeğini mikrodalga fırında stabilize etmişler ve stabilizasyon neticesinde depolama ile 90. günde peroksit değerini 7.63 meqO<sub>2</sub>/kg olarak bulmuşlardır. Aynı çalışmada kontrol örneği olan ham pirinç kepeğinde 90. gün peroksit değeri 102.77 meqO<sub>2</sub>/kg olarak hesaplanmıştır. Çalışmada kontrol örneğinde peroksit değerinin yüksek bulunmasının sebebi, kepek örneklerinin oda sıcaklığında depolanmasıdır. Patil ve ark. (2016) tarafından elde edilen değerler, bu çalışmada elde edilen değerlere kıyasla çok yüksektir. Pirinç kepeği stabilize edilirken, stabilizasyon kadar depolama sıcaklığının da oksidatif stabilitenin sağlanmasında önem arz ettiği unutulmamalıdır.

### **Stabilizasyonun Pirinç Kepeğinin Fitik Asit İçeriği ve Antioksidan Aktivitesi Üzerine Etkisi**

Fitik asit tahıllarda ve birçok bitkide bulunmaktadır. Buğday ve pirinç tanelerinin endospermi fitik asit açısından fakir bir kaynak olarak değerlendirilir. Fitik asit bu tanelerin kepek ve ruşeym tabakalarında yoğunlaşmıştır (Bilgiçli, 2002). Günümüz beslenme modelleri, mineral, antioksidan ve liflerce zengin, kepek içeren gıda kaynaklarını önermektedir. Bu nedenle, stabilizasyon işleminin pirinç kepeğinin fitik asit içeriğine etkisini belirlemek önem arz etmektedir. Çizelge 4' de stabilizasyon işleminin ham ve stabilize pirinç kepeği örneklerinin fitik asidi içeriğine etkisi verilmiştir. Kontrol örneğinde fitik asit miktarı 28.98 mg/g olarak bulunmuştur. En düşük fitik asit içeriği M1 örneğinde 27.38 mg/g olarak hesaplanmıştır. En yüksek fitik asit içeriği ise 31.68 mg/g ile M3 örneğinde elde edilmiştir. Yılmaz (2014), ham pirinç kepeğinde fitik asit içeriğini 39.83 mg/g, Ravindran ve ark. (1994) ise fitik asit miktarını 36.50 mg/g olarak tespit etmişlerdir. Garcia-Estepa ve ark. (1999) tarafından yapılan çalışmada, 9 tane buğday kepeği, 5 tane yulaf kepeği ve 1 tane pirinç kepeği örneğinin fitik asit içeriği araştırılmıştır. Yapılan çalışmada pirinç kepeğinde fitik asit içeriği 57 mg/g bulunurken tüm kepek örneklerinde 25-58 mg/g arasında değişen değerler elde edilmiştir. Elde ettiğimiz bulgular bu çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Yılmaz (2014) tarafından yapılan çalışmada stabilize edilen pirinç kepeği örneklerinin fitik asit değerlerinin 37.48-38.76 mg/g arasında değiştiği ve stabilizasyonun fitik asit miktarını düşürdüğü tespit edilmiştir. Yılmaz (2014), stabilizasyonun fitik asit içeriğini önemli oranda düşürdüğünü ortaya koymasına rağmen, bizim bulgularımız fitik asit miktarı üzerine stabilizasyon işleminin etkisinin önemsiz olduğunu göstermiştir (p>0.05). Çalışmalar arasındaki farklılık, muhtemelen kullanılan stabilizasyon yöntemlerinin farklılığından kaynaklanmıştır.

**Çizelge 4.** Ham ve stabilize pirinç kepeği örneklerinin fitik asit içeriği ve antioksidan aktivitesi

Örnek	Fitik asit miktarı (mg/g)	DPPH süpürme (%)	TEAK( $\mu$ mol TE/g örnek)
K	28.98 $\pm$ 0.64 <sup>a</sup>	95.73 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>	2439 $\pm$ 374 <sup>c</sup>
M1	27.38 $\pm$ 5.58 <sup>a</sup>	96.27 $\pm$ 0.85 <sup>a</sup>	2500 $\pm$ 100 <sup>c</sup>
M2	31.42 $\pm$ 1.36 <sup>a</sup>	96.63 $\pm$ 0.51 <sup>a</sup>	2947 $\pm$ 358 <sup>c</sup>
M3	31.68 $\pm$ 0.34 <sup>a</sup>	96.63 $\pm$ 0.51 <sup>a</sup>	3039 $\pm$ 45.25 <sup>c</sup>
F1	29.78 $\pm$ 1.34 <sup>a</sup>	96.57 $\pm$ 0.25 <sup>a</sup>	7723 $\pm$ 194 <sup>a</sup>
F2	31.14 $\pm$ 0.57 <sup>a</sup>	96.99 $\pm$ 0.17 <sup>a</sup>	5874 $\pm$ 516 <sup>b</sup>
F3	29.96 $\pm$ 2.28 <sup>a</sup>	96.75 $\pm$ 0.34 <sup>a</sup>	5368 $\pm$ 195 <sup>b</sup>

Değerler ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde verilmiştir K: Kontrol, M1: 600 W, M2: 700 W, M3: 800 W, F1: 120 °C, F2: 140 °C, F3: 160 °C Aynı örnekte depolama süresince oluşan önemli fark aynı satırda farklı küçük harfle, aynı günde örnekler arasındaki önemli fark ise aynı sütunda farklı büyük harfle belirtilmiştir(p<0.05).

Günümüze kadar yapılan çalışmalar, fitik asitin mineralleri bağlayarak onların biyoyararlılığını azalttığını belirtmiştir. Ancak, son yıllarda yapılan çalışmalar fitik asidin iyi ve kötü olmak üzere iki farklı yönünün olduğunu göz önüne sermiştir. Araştırmacılar, fitik asidin demiri bağlayarak oksidatif hasarı azaltacağını bildirmişlerdir. Örneğin Norhaizan ve ark. (2011), pirinç kepeğinden elde edilen fitik asidin yumurtalık, meme ve karaciğer kanseri hücrelerinde belirgin bir büyüme inhibisyonu oluşturduğunu göstermiştir. Yapılan çalışmalar fitik asitin diyabetin önlenmesi ve böbrek taşı oluşumunu engellemesi gibi sağlığa yararlı bir takım özelliklerinin olduğunu göstermektedir (Schlemmer ve ark., 2009). Sonuç olarak fitik asidin faydalı ya da zararlı olduğunu belirleyen faktör, kişilerin beslenme alışkanlıklarıdır. Dengeli beslenen çoğu insan için fitik asit diyetle problem yaratmamakta ancak minerallerce zayıf diyetlerle beslenen insanlar için problem olabilmektedir (Garcia-Estepa ve ark. 1999). Bu çalışmada, uygulanan stabilizasyon yöntemlerinin fitik asit içeriğinde bir azalmaya neden olmadığı belirlenmiştir ancak yukarıda da bahsedildiği gibi diyetlerine pirinç kepeği ekleyen bireylerin beslenme şekilleri, fitik asitin rolünü belirleyecektir.

Antioksidan aktivite için kullanılan DPPH analizinde sonuçlar % süpürme gücü olarak ifade edilmiş ve elde edilen değerler Çizelge 4' de verilmiştir. Çizelge 4' den de görüleceği gibi pirinç kepeği örneklerinin DPPH radikalini süpürme gücünde önemli bir fark bulunamamış (p>0.05) ve örneklerin tamamında yüksek süpürme değerleri elde edilmiştir. Butsat ve Siriamornpun, (2010) tarafından yapılan çalışmada pirinç kabuğu, kepeği ve endosperminin antioksidan kapasiteleri ve fenolik profili analiz edilip karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışmada % 80 etanollü su kullanarak 25 °C'de 16 saat yapılan ekstraksiyon sonucunda en yüksek DPPH süpürücü aktivite değeri % 85.9 ile pirinç kepeğinden elde edilmiştir. Aynı çalışmada pirinç kabuğunun DPPH süpürücü aktivite değeri ise % 42 olarak bildirilmiştir. Arab ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada üç farklı çözücü (metanol, etanol ve etil asetat) ile ekstrakte edilen iki farklı İran türü (Fajr ve Tarem) pirinç kepeğinin antioksidan aktivitesi değerlendirilmiştir. Metanol ekstraktı en yüksek süpürücü aktivite değeri Fajr türü pirinç kepeği % 93.91 olarak bildirilmiştir. Ghasemzadeh ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmada ise siyah, kırmızı ve kahverengi pirinç kepeğinin antioksidan özellikleri karşılaştırılmıştır. Siyah pirinç kepek ekstraktı en yüksek DPPH aktiviteyi ardından sırasıyla kırmızı ve kahverengi pirinç ekstraktları göstermiştir. Üç farklı tür pirinç kepeğinin DPPH süpürme etkisi % 10.7 ile 87.9 arasında değişmiştir. Bergonio ve ark. (2016), esmer pirinci mikrodalga ve ısı uygulamasıyla stabilize etmişler ve 6 ay depolamışlardır Kontrol örneğinde DPPH süpürme gücünü; depolamanın başlangıcında % 40.45, depolamanın sonunda ise % 76.22 olarak bulmuşlardır. Aynı çalışmada mikrodalga ile stabilize edilen esmer pirinçte başlangıç DPPH süpürme gücü, % 51.67-54.65 arasında bulunmuş depolamanın sonunda ise bu değer % 63.19-67.92 olarak belirlenmiştir.

Pirinç kepeği örneklerinin toplam TEAK değerleri 2439-7723  $\mu\text{mol TE}$  arasında değişmiştir. En yüksek toplam TEAK değeri (7723  $\mu\text{mol TE}$ ) F1 örneğinde elde edilmiştir. Artan mikrodalga gücü, TEAK değerlerini önemli oranda arttırmıştır. Konveksiyonel fırında yapılan stabilizasyonda ise artan sıcaklık değerleri TEAK değerlerinde düşmeye neden olmasına rağmen, fırında stabilize edilen örneklerin TEAK değerleri kontrol örneğinden ve mikrodalga ile stabilize edilen örneklerden yüksek bulunmuştur. Kontrole kıyasla TEAK değeri, fırında stabilize edilen örneklerde 2.2 ile 3.16 kat artış gösterirken, mikrodalga ile stabilize edilen örneklerde 1.24 kat artmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, stabilizasyon işleminin; pirinç kepeğinin antioksidan aktivitesini artırıcı etkisi olduğunu ortaya koymuştur. Bu bulgular; stabilize edilmiş pirinç kepeğinin, sağlık üzerine faydalı etkileri olduğu bilinen fenolik maddeler için iyi bir diyet kaynağı olduğunu göstermiştir. Stabilize edilmiş pirinç kepeği, yüksek antioksidan kapasitesi ve fitokimyasal içeriği nedeniyle çeşitli gıda formüllerinde fonksiyonel bir gıda bileşeni olarak kullanılabilir.

### Stabilizasyonun Pirinç Kepeğinin $L^*$ , $a^*$ ve $b^*$ Değerleri Üzerine Etkisi

Renk, ürünün kalitesini anlamak için yakından takip edilmesi gereken fiziksel özelliklerden birisidir. Bu çalışmada, stabilizasyon işleminin pirinç kepeğinin  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri üzerine etkisine bakılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 5’de verilmiştir. Ham pirinç kepeğine kıyasla mikrodalga ve fırında kurutulmuş örneklerin  $L^*$  değerlerinde stabilizasyonun etkisiyle azalma gözlemlenmiştir. Bunun aksine  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri artmıştır.  $L^*$  değerindeki azalmanın yani koyuluğun artmasının, ısıl işlemin etkisiyle kahverengi maddelerin oluşumundan kaynaklandığı düşünülmektedir (Garza ve ark., 1999). En yüksek  $L^*$  (en açık renk) K örneğinde 75.69 olarak saptanmıştır. En koyu renk (en düşük  $L^*$ ) ise M1 örneğinde saptanmıştır. En yüksek  $a^*$  (3.90) ve  $b^*$  (23.79) değeri M2 örneğinde belirlenmiştir. En düşük  $a^*$  (2.59) ve  $b^*$  (19.96) değeri K örneğinde tespit edilmiştir. Rodchuaheen ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada ham pirinç kepeği için  $L^*$   $a^*$   $b^*$  değerlerini sırasıyla 70.12, 3.91, 18.33 olarak saptamışlardır. Ekstrüde pirinç kepeğinde ise  $L^*$   $a^*$   $b^*$  değerlerini sırasıyla 56.95, 6.31, 18.02 olarak belirlemişlerdir. Başka bir çalışmada pirinç kepeğinin  $L^*$   $a^*$   $b^*$  değerleri sırasıyla 68.85, 3.49 ve 18.07 olarak belirlenmiştir (Gul ve ark., 2015).

**Çizelge 5.** Ham ve stabilize pirinç kepeği örneklerinin renk parametre değerleri

Örnekler	$L^*$	$a^*$	$b^*$
K	75.69±0.16 <sup>a</sup>	2.59±0.05 <sup>g</sup>	19.96±0.14 <sup>e</sup>
M1	72.33±0.05 <sup>c</sup>	3.46±0.007 <sup>b</sup>	22.51±0.07 <sup>bc</sup>
M2	72.90±0.04 <sup>d</sup>	3.90±0.02 <sup>a</sup>	23.79±0.12 <sup>a</sup>
M3	72.47±0.47 <sup>c</sup>	3.33±0.02 <sup>c</sup>	23.07±0.06 <sup>ab</sup>
F1	73.60±0.10 <sup>b</sup>	3.03±0.01 <sup>e</sup>	21.43±0.18 <sup>d</sup>
F2	72.73±0.23 <sup>c</sup>	2.86±0.02 <sup>f</sup>	21.46±0.24 <sup>d</sup>
F3	73.79±0.02 <sup>b</sup>	3.17±0.01 <sup>d</sup>	21.70±0.40 <sup>cd</sup>

Değerler ortalama±standart sapma şeklinde verilmiştir K: Kontrol, M1: 600 W, M2: 700 W, M3: 800 W, F1: 120 °C, F2: 140 °C, F3: 160 °C Aynı örnekte depolama süresince oluşan önemli fark aynı satırda farklı küçük harfle, aynı günde örnekler arasındaki önemli fark ise aynı sütunda farklı büyük harfle belirtilmiştir(p<0.05).

Kim ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada ham pirinç kepeğinde  $L^*$   $a^*$   $b^*$  değerlerini sırasıyla 69.2, 3.8, 17.87 olarak belirlemişlerdir. Kuru ısıtma (80 °C) uyguladıkları pirinç kepeği örneklerinde ise  $L^*$   $a^*$   $b^*$  değerleri sırasıyla 66.0, 4.8 ve 19.5 olarak tespit edilmiştir. Bu araştırmacıların elde ettiği bulgular, bizim bulgularımızla uyumludur.  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri için elde edilen tüm sonuçlar değerlendirildiğinde; pirinç kepeği örneklerinin stabilizasyon ile koyulaştığı, kırmızılık ve sarılık değerlerinin ise arttığı tespit edilmiştir. Bu durumun, stabilizasyon sırasında Maillard reaksiyonu

meydana gelmesinden, kahverengi pigment miktarında artış oluşmasından ve örneklerin kuru madde içeriğinin stabilizasyon ile artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

## SONUÇ

Bu çalışmada, mikrodalga ve konveksiyonel fırında pirinç kepeği örneklerine farklı mikrodalga gücü ve farklı sıcaklıklarda stabilizasyon işlemi uygulanmış ve stabilizasyon işlemi ile pirinç kepeği örneklerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Pirinç kepeği örneklerinin SYA değerlerini düşürmede en etkili kombinasyonun fırında stabilizasyon olduğu tespit edilmiştir. Ham pirinç kepeği ve stabilize edilen kepek örneklerinin peroksit değerleri depolama ile 30. güne kadar doğrusal bir artış göstermiş ancak 60. günde örneklerin tamamında düşüş tespit edilmiştir. Depolama boyunca, en düşük peroksit değerinin F1 örneğinde olduğu belirlenmiş ve konveksiyonel fırında 120 °C'lik stabilizasyonun, peroksit değerini azaltmada en etkili kombinasyon olduğu ortaya konulmuştur. Bu çalışmada, pirinç kepeği örneklerinin fitik asit içeriğinde uygulanan stabilizasyon işleminin önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Uygulanan stabilizasyon yöntemleri antioksidan aktiviteyi arttırmıştır. Sonuçlar, stabilizasyon sürecinin pirinç kepeğinin antioksidan aktivitesi üzerinde olumlu etkileri olduğunu ortaya koymuştur.

## TEŞEKKÜR

Bu makale, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde sunulan Yüksek Lisans Tezinden hazırlanmıştır. Araştırma, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (BAP) tarafından FYL-2018-6739 proje olarak desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı Van YYÜ BAP birimine teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

- Anonim 1989. Official Methods ve Recommended Practices of the American Oil Chemists Society. Fourth Edition, Methods: Ca 5a-40, Cd8-53, Ch 5-91.
- Arab F, Alemzadeh I, Maghsoudi V, 2011. Determination of antioxidant component and activity of rice bran extract. *Scientia Iranica*, 18: 1402-1406.
- Baştürk A, Cavidoğlu İ, 2017. Soya yağının oksidasyonu üzerine farklı faktörlerin etkilerinin yanıt yüzey yöntemi ile belirlenmesi. *YYU Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(2): 233-244.
- Bergonio KB, Lucatin LGG, Corpuz GA, Ramos NC, Duldulao JBA, 2016. Improved shelf life of brown rice by heat and microwave treatment. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 5(4): 378-385.
- Bilgiçli N, 2002. Fitik asitin beslenme açısından önemi ve fitik asit miktarı düşürülmüş gıda üretim metotları. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16 (30): 79-83.
- Butsat S, Siriamornpun S. 2010. Antioxidant capacities and phenolic compounds of the husk, bran and endosperm of Thai rice. *Food Chemistry*, 119: 606-613.
- Ceylan Z, Meral R, Cavidoğlu I, Karakas CY, Yılmaz MT. 2018. A new application on fatty acid stability of fish fillets: Coating with probiotic bacteria-loaded polymer-based characterized nanofibers. *Journal of Food Safety*, 38: 12547.
- Ceylan Z, Meral R, Erim Köse Y, Cavidoğlu I. 2020. Wheat germ oil nanoemulsion for oil stability of the cooked fish fillets stored at 4°C. *Journal of Food science and Technology-Mysore*, 57(5): 1798-1806.
- Erim Köse Y, 2018. Stabilizasyon Yöntemlerinin Ruşeym ve Ruşeym Yağının Özellikleri Üzerine Etkisi (doktora tezi, basılmamış). Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Farag RS, Hewedi FM, Abu-Raiia SH, Elbaroty GS, 1992. Comparative study on the deterioration of oils by microwave and conventional heating. *Journal of Food Protection*, 55: 722-727.

- Garcia-Estapa RM, Guerra-Hernandez E, Garcia-Villanova B, 1999. Phytic acid content in milled cereal products and breads. *Food Research International*, 32: 217-221.
- Garza S, Ibarz A, Pagan J, Giner J, 1999. Non-enzymatic browning in peach puree during heating. *Food Research International*, 32: 335-343.
- Geçgel Ü, Dağlıoğlu O, Yılmaz İ, Arıcı M, Güner KG, Apaydın D, Dülger GÇ, Ay O, Ersöz B, Çotra Y, Taşan M, 2017. Pirinç Kepeği Yağlarının Fiziko-Kimyasal Özellikleri ve Oksidatif Stabilitelerinin Belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14 (01) 93-102.
- Gul K, Yousuf B, Singh AK, Singh P, Wani AA, 2015. Rice bran:Nutritional values and its emerging potential for development of functional food-A review. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 6: 24–30.
- Ghasemzadeh A, Karbalaii MT, Jaafar HZE, Rahmat A, 2018. Phytochemical constituents, antioxidant activity, and antiproliferative properties of black,red, and brown rice bran. *Chemistry Central Journal*, 12:17.
- Haugh W, Lantzsch HJ, 1983. Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereals ve cereal product. *Journal of the Science of Food ve Agriculture*, 34: 1423-1426.
- Irakli M, Kleisiaris F, Mygdalia A, Katsantonis D, 2018. Stabilization of rice bran and its effect on bioactive compounds content, antioxidant activity and storage stability during infrared radiation heating. *Journal of Cereal Science*, 80: 135–142.
- Javidipour I, Erinc H, Baştürk A, Tekin A, 2017. Oxidative changes in hazelnut, olive, soybean, and sunflower oils during microwave heating. *International Journal of Food Properties*, 20: 1582-1592.
- Kahlon TS, 2009. Rice bran: Production, Composition, Functionality and Food Applications, Physiological Benefits. Boca Raton, Florida. 305-318.
- Kim SM, Chung HJ, Lim ST, 2014. Effect of various heat treatments on rancidity and some bioactive compounds of rice bran. *Journal of Cereal Science*, 60: 243-248.
- Lacerda DBCL, Soares MS. Jr, Bassinello PZ, Caliari M, Castro MVL, 2013. The kinetics of lipase activity and hydrolytic rancidity of raw, parboiled, and extruded rice bran during storage. *Food Science and Technology*, 33(2): 376-381.
- Ling B, Lyng JG, Wang S, 2018. Effects of Hot Air-Assisted Radio Frequency Heating on Enzyme Inactivation, Lipid Stability and Product Quality of Rice Bran. *LWT-Food Science and Technology*, 91: 453–459.
- Malekian F, Rao RM, Prinyawiwatkul W, Marshall WE, Windhauser M, Ahmedna M, 2000. Lipase and lipoxygenase activity, functionality, and nutrient losses in rice bran during storage. Bulletin number 870, LSU AgCenter, Baton Rouge, LA 70803.
- Meral R, Doğan İS, 2013. Grape seed as a functional food ingredient in bread-making. *International Journal of Food Science ve Nutrition*, 64(3): 372-379.
- Mujahid A, Ikram UH, Musaddiq A, Abrar HG, 2005. Effect of various processing techniques and different levels of antioxidant on stability of rice bran during storage. *Journal of the Science Food and Agriculture*, 85: 847–852.
- Norhaizan ME, Ng SK, Norashareena MS, Abdah MA, 2011. Antioxidant and cytotoxicity effect of rice bran phytic acid as an anticancer agent on ovarian, breast and liver cancer cell lines. *Malaysian Journal of Nutrition* 17 (3): 367-375.
- Patil SS, Kar A, Mohapatra D, 2016. Stabilization of rice bran using microwave: Process optimization and storage studies. *Food and Bioproducts Processing*, 99: 204-211
- Ramezanzadeh FM, Rao RM, Windhauser M, Prinyawiwatkul W, Tulley R, Marshall WE, 1999. Prevention of hydrolytic rancidity in rice bran during storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47 (8): 3050-3052.
- Ravindran V, Ravindran G, Sivalogan S, 1994. Total and Phytate Phosphorus Contents of Various Foods and Feedstuffs of Plant Origin. *Food Chemistry*, 50: 133-136.



- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannal, A, Yang M, Rice-Evans C, 1999. Antioxidant Activity Applying an Improved ABTS Radical Cation Decolourisation Assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26: 1231-1237.
- Rodchuajeen K, Niamnuy C, Charunuch C, Soponronnarit S, Devahastin S, 2016. Stabilization of rice bran via different moving-bed drying methods. *Drying Technology*, 34 (15): 1854–1867.
- Schlemmer U, Frolish W, Prieto RM, Grases F, 2009. Phytate in foods and significance for humans: food sources, intake, processing, bioavailability, protective role and analysis. *Molecular Nutrition Food Research*, 53: 330-375.
- Şimşek E, 2009. Farklı kavurma tekniklerinin bazı yağlı tohum yağlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkisi (yüksek lisans tezi, basılmamış). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Thanonkaew A, Wongyai S, McClements DJ, Decker EA, 2012. Effect of stabilization of rice bran by domestic heating on mechanical extraction yield, quality ve antioxidant properties of cold-pressed rice bran oil (*Oryza sativa* L.). *LWT- Food Science and Technology*, 48: 231–236.
- Wang T, Khir R, Pan Z, Yuan Q, 2017. Simultaneous rough rice drying and rice bran stabilization using infrared radiation heating. *LWT-Food Science and Technology*, 78: 281-288.
- Yılmaz N, Tuncel NB, 2011. Pirinç kepeği: kompozisyonu, acılaşma sorunu, gıdalarda kullanımını ve fizyolojik etkileri. *Akademik Gıda*, 9: 46-52.
- Yılmaz N, Tuncel BN, Kocabiyik H., 2014. Infrared stabilization of rice bran ve its effects on gamma-oryzanol content, tocopherols ve fatty acid composition. *Journal of the Science Food and Agriculture*, 94 (8): 1568–1576.
- Yılmaz N, 2014. Pirinç Kepeğinin Kısa Dalga Infrared(kızılötesi) Enerji ile Stabilizasyonu ve Stabilize Kepeğin Gıda Ürünlerinde Değerlendirilmesi (doktora tezi, basılmamış). Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Zhang M, Zhang RF, Zhang FX, Liu RH, 2010. Phenolic profiles and antioxidant activity of black rice bran of different commercially available varieties. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 58:7580-7587.

## Peyniraltı Suyu Proteinlerinin Gıda Ambalajlamada Film Ve Kaplama Materyali Olarak Kullanımı

Nergiz YÜKSEL<sup>1\*</sup>, Merve MUTİ İSTEK<sup>1</sup>, Selda BULCA<sup>1</sup>

**ÖZET:** Peyniraltı suyu (PAS), süt endüstrisinin en önemli yan ürünlerinden biridir. Değerlendirilmeden ve herhangi bir işlem görmeden çevreye atılan PAS, çevre kirliliğine yol açmakla birlikte aynı zamanda doğaya verilmesiyle bileşimindeki değerli organik bileşikler de kayba uğramaktadır. Günümüzde PAS, çeşitli amaçlara yönelik kullanılmaktadır. Son zamanlarda, PAS'ın özellikle gıdalar üzerinde yenilebilir film ve kaplamalarda kullanımı konusunda yapılan araştırmalar yoğunlaşmıştır. Gıdalarda kullanılan plastik ambalajlar yerine PAS proteinlerinden elde edilen film ve kaplamaların kullanılması ile plastik ambalaj ve değerlendirilmeden atılan PAS'tan dolayı oluşan çevredeki atık miktarı azaltılabilmektedir. Gıda ambalajlamada PAS proteinlerinden elde edilen film ve kaplamaların kullanılmasının diğer bir avantajı da, kullanılan gıdanın fonksiyonel özelliklerinin geliştirmesidir. Bu filmler, lipid oksidasyonu gibi kimyasal reaksiyonları yavaşlatırlar ve antimikrobiyal ajanın taşıyıcısı olarak kullanıldıklarında gıdaların kalitelerini artırmak için uygun bir araç olarak görülmektedirler. Ayrıca gıdalarda nem ve gaz transferi için seçici bariyer olarak hareket eden bu filmler, gıdaların raf ömrünü arttırmada koruyucu olarak kullanılmaktadırlar. Çalışmamızda, PAS'ın bileşimi, PAS proteinlerinden elde edilen filmlerin formülasyonu ve özellikleri, gıda ambalajlama uygulamalarında yapılan çalışmalar derlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Peyniraltı suyu, protein, yenilebilir film, kaplama

### Use of Whey Proteins as Films and Coating Materials in Food Packaging

**ABSTRACT:** Whey (PAS) is one of the most important by-products of the dairy industry. PAS, which is discharged to the environment without being evaluated and treated without causing any environmental pollution, also causes loss of valuable organic compounds in its composition by being released to nature. Today, PAS is used for various purposes. Recently, research on the use of PAS in edible films and coatings, especially on foods, has been intensified. Another advantage of using films and coatings from PAS proteins in food packaging is the improvement of the functional properties of the food used. These films slow down chemical reactions such as lipid oxidation and are viewed as a convenient means of improving food quality when used as a carrier of the antimicrobial agent. In addition, these films, which act as selective barriers for moisture and gas transfer in foods, are used as preservatives to increase the shelf life of foods. In our study, the composition of PAS, the formulation and properties of the films obtained from PAS proteins, and studies in food packaging applications were compiled.

**Keywords:** Whey, protein, edible film, coating

<sup>1</sup> Nergiz YÜKSEL (Orcid ID: 0000-0002-1334-051X), Merve MUTİ İSTEK (Orcid ID: 0000-0003-4296-7343), Selda BULCA (Orcid ID: 0000-0001-7405-2872), Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Aydın, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Selda BULCA, e-mail: sbulca@adu.edu.tr

Geliş tarihi / Received: 29-11-2019

Kabul tarihi / Accepted: 14-03-2020

## GİRİŞ

Kompozisyonu üretilen peynir çeşidine veya kullanılan kazein üretim yöntemine bağlı olarak değişen peyniraltı suyu (PAS); sütün asit veya proteolitik enzimler tarafından pıhtılaşmasından sonra pıhtıdan ayrılması ile geride kalan serum veya sulu kısım olarak adlandırılabilir (Zadow, 1994). Peynir üretiminde ortaya çıkan PAS, sütün yaklaşık %85'ini oluşturur (Mete, 2012). PAS'ın rengi, üretimde kullanılan sütün rengine bağlı olarak sarımsı-yeşil bir renge veya bazen mavimsi bir renk tonuna da sahiptir (Smithers, 2008). PAS bileşiminde, çeşitli biyoaktif minör proteinler, mineral maddeler, bazı vitaminler ve laktoz bulunur (Smithers, 2008; Renner, 1992). Bu nedenle beslenmede ayrı bir önem taşır.

Yıllık toplam süt üretimi dikkate alındığında; dünyada çevreye atılan PAS'taki proteinlerin, yaklaşık 1 milyon kişinin protein ihtiyacını karşılayabilecek miktarda olduğu yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (Gürsel, 2015). PAS' da bulunan proteinlerin, insan sağlığına yönelik olumlu etkileri ile ilgili sağlık alanında birçok çalışma yapılmıştır (Yerlikaya ve ark., 2010; Rezende ve ark., 2014, Bilal ve Altınar, 2017). Aynı zamanda PAS proteinlerinin, ilaç endüstrisinde ve terapötik amaçla çeşitli uygulamalarda kullanılabilmesi belirtilmiştir (Korhonen, 2009; Modler, 2009). Ayrıca, PAS proteinleri biyoteknolojik alanda da probiyotik ve biyo koruyucu olarak kullanılabilir (Panesar ve ark., 2013).

PAS, içerdiği proteinlerden ve bileşiminde yer alan diğer besin maddelerinden dolayı çevreye atıldığı takdirde çevreye zararlı bir ürün haline gelebilir (Carvalho ve ark., 2013). Çevreye atılan PAS içerdiği organik maddelerin fermentasyon sonucu oluşturduğu kimyasallar, çevre kirliliğine yol açmakta ve canlılar için bir tehdit unsuru olmaktadır (Kurt, 1990). Su içerisinde canlıların yaşamı için çözünür oksijen miktarı çok önemlidir. Bu yüzden sudaki kirlilik oranının tespitinde ölçü olarak, kimyasal ve biyolojik oksijen ihtiyacı kullanılmaktadır (Ergüllü, 1977). Suda yaşam olabilmesi için en az 5 mg L<sup>-1</sup> çözünür oksijen olmalıdır. Biyolojik oksijen ihtiyacı değeri, sulardaki organik maddeleri parçalamak için mikroorganizmaların kullandığı oksijen miktarını göstermektedir. Bu değer PAS için 40 mg L<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir (Metin, 1983). Dünya genelinde PAS'ın yıllık üretim miktarının yaklaşık 180 milyon ton olduğu düşünülmektedir. Bu miktarın yaklaşık %70'ini A.B.D. oluşturmaktadır (Mollea ve ark., 2013; Yadav ve ark., 2015). Bu nedenlerden dolayı, birçok gelişmiş ülkede PAS'ın hiçbir işleme tabi tutulmadan çevreye salınımı yasaklanmıştır (Gürsel, 2015). PAS bertaraf edilmeden önce çevreye zarar vermeyecek şekilde içerisindeki bileşenlerin geri dönüştürülmeleri gerekmektedir. Bu amaçla ileri teknolojiler kullanılmakta olup büyük miktarda PAS, değerli ürünler haline getirilmektedir (Di Pierro ve ark., 2017). PAS'ın farklı kullanım alanları bulunmaktadır. Örneğin, hayvan yemi üretiminde PAS, genellikle tahıllarla ve kepekle karıştırılarak kullanılmaktadır. Yapılan bir çalışmada, Avustralya'daki 1.65 milyon ton PAS'ın %28'inin domuz yemlerinin hazırlanmasında kullanıldığı belirtilmiştir (Zadow, 1992). Ayrıca yapılan çalışmalarda, besi hayvanlarında kullanılan kuru yemin PAS ile yumuşatılması sonucunda hayvanlar tarafından sindirilebilirliğinin arttığı tespit edilmiştir (Sousa ve ark., 2012). Çeşitli tarım uygulamalarında da PAS'ın antimikrobiyal, antiviral ve antioksidan özelliklerinden yararlanmak üzere insektisit olarak kullanımına yönelik çalışmalar da mevcuttur (Macwan ve ark., 2016).

Gıda sanayinde ise, şekerlemeler, unlu mamuller, et ürünleri, çorbalar, soslar, patates cipsleri, çerezler ve çeşitli içecekler gibi birçok ürün içeriğine ilave edilebilmektedirler (Küçüköner, 2011). Bazı süt ve süt ürünlerine PAS katılarak, lezzet özelliklerinin ve serum ayrılma özelliğinin araştırıldığı çalışmalar da mevcuttur. PAS katkılı sütlerden elde edilen kefirlerin, daha lezzetli olduğu ve serum ayrılması yönünden daha iyi sonuç verdiği gözlenmiştir (Akal ve ark., 2016). PAS'ın çeşitli fırın ürünlerinde, ayrıca et ve et ürünlerinde kullanımına yönelik çalışmalar da bulunmaktadır. PAS kullanımının ekmeğin besin değerini arttırdığı, et ve et ürünleri üretiminde et proteinlerinin yerine

kullanılabileceği, diğer bağlayıcı maddeler ve liflere ikame olabileceği belirtilmiştir (Metz, 2012; Youssef ve Barbut, 2011).

PAS' ın kullanım alanları ve yapılan çalışmalar incelendiğinde, direkt kullanım alanları olduğu gibi, konsantre edilmesi, fermente edilmesi ve daha ileri teknolojiler kullanılarak yan ürünler elde edilmesiyle değerlendirilebileceği sonucuna varılmaktadır.

PAS' ın en önemli yan ürünlerinden biri de PAS proteinleridir. PAS proteinlerinin, peyniraltı suyundan ayrıştırılmalarında en çok kullanılan yöntemler, membran seperasyon tekniklerinden ultrafiltrasyon veya nanofiltrasyon uygulamalarıdır. Bu teknolojik uygulamalar, protein özellikleri bakımından yüksek kaliteli ürünler elde edilmesini sağlarlar (Limsawat ve Pruksasri, 2010).

PAS' ın geri dönüşümünün sağlanmasında, içerdiği yüksek protein oranından yararlanılarak, gıdalarla yenilebilir kaplamaların üretilmesi de ayrı bir uygulamadır (Di Pierro ve ark., 2017). PAS proteini birçok çalışmada film ve kaplamaların oluşumunda başarıyla kullanılmıştır (Cinelli ve ark., 2014). Ayrıca, protein filmlerin ve kaplamaların üretiminde birçok protein kaynağı kullanılmış ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Soya, fasulye, mısır ve yumurta bunlardan bazılarıdır (Mariniello ve ark., 2003; Giosafatto ve ark., 2014; Giménez ve ark., 2012 ). Fakat bu uygulamalar arasında, çapraz bağlı protein filmlerinin daha kararlı ve dayanıklı olduğu bildirilmiştir (Barone ve Schmid, 2006). Gıdalarda kullanılan geri dönüştürülemez plastik ambalajlar düşünüldüğünde, PAS'tan ayrıştırılan proteinlerin; gıda ambalajlamada film ve kaplama olarak kullanılmasının çok iyi bir alternatif olabileceği söylenebilir. Günümüzde, bu tür protein film ve kaplamaların özellikleri ve gıda teknolojisinde kullanımları için birçok araştırma yapılmaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada PAS' ın bileşimi, PAS proteinlerinden elde edilen film ve kaplamaların formasyonu, özellikleri ve gıda uygulama alanları üzerinde durulmuştur.

### Peyniraltı Suyunun Bileşimi

PAS' ın bileşimi esas olarak peynir üretiminde kullanılan sütün bileşimine, pıhtılaşmanın ne şekilde yapıldığına, pıhtılaşma sıcaklığına ve süresine, pıhtı kesim büyüklüğüne, pıhtının preslenme süresi gibi faktörlere bağlı olarak değişim gösterebilmektedir (Carvalho ve ark., 2013). Sütün pıhtılaştırılmasında kullanılan yöntemlere göre iki tip PAS bulunmaktadır. Maya veya tatlı PAS (min. pH 6.3) ve asit PAS ( pH 4.6) (Westergaard, 2004). İki tip PAS arasında bileşenlerin oranında bazı farklılıklar gözlenmektedir (Çizelge 1).

**Çizelge 1.** Peyniraltı Suyu Bileşimi (Gürsel, 2015)

Bileşen %	Maya Peyniraltı Suyu (Emmental)	Asit Peyniraltı Suyu
Su	92.06	94.00-95.00
Toplam Kuru Madde	7.96	5.40-6.00
Yağ	0.95	-
Protein	0.89	0.9
Laktoz	5.45	3.80-4.20
Kül	0.54	0.70-0.80
Kalsiyum	-	0.10-0.13
pH	-	4.5-4.70

PAS proteinleri, PAS içerisinde bulunan en önemli bileşendir (Perez ve Calvo 1995). PAS' da bulunan serum proteinleri, süt proteinlerinin %20' sini oluşturur. Serum proteinlerinden,  $\beta$ -laktoglobulin,  $\alpha$ -laktalbumin, serum albumini ve immunoglobulinler en değerli olanlarıdır. Serum proteinleri asit ile çökmeler ve kimozen enzimine karşı direnç gösterirler. Dolayısıyla bu proteinler asit ve enzim ile muamele edilen süttten elde edilen serumda çözünür halde bulunmaktadır (De Wit, 1998).

PAS' taki oranı en fazla olan protein (%58)  $\beta$ -laktoglobulindir ( $\beta$ -Lg), ve sırasıyla  $\alpha$ -laktalbumin ( $\alpha$ -La) (%20), immunoglobulinler (Ig) (%10), sığır serum albumini (BSA) (%10), laktoferrin (LF) (%3) ve laktoperoksidaz (LP) (%0.3) olarak sıralanabilir. (Farrell ve ark., 1987). Ayrıca, PAS formları içerdikleri protein miktarları bakımından farklılık göstermektedir. En yaygın olarak kullanılan peynir altı suyu formları peynir altı suyu tozu, peynir altı konsantratu, peynir altı suyu izolatıdır (Davis ve Foegeding., 2007). Peyniraltı suyu tozu, peyniraltı suyundan suyun uzaklaştırılmasıyla elde edilir ve protein oranı %11-13 arasındadır. Peyniraltı suyu protein konsantratu (WPC); peynir altı suyundan minerallerin ve laktozun farklı membran ve laktoz kristalizasyonu gibi yöntemlerle uzaklaştırılması veya konsantre edilmesiyle elde edilmektedir. Protein oranı ise %34-98 civarındadır (Akpınar -Bayizit ve ark., 2009; El-Salam, ve ark., 2009). Peynir altı suyu protein izolatu (WPI) ise, iyon değiştirici kromatografisi ve mikrofiltrasyon yöntemleri gibi daha ileri teknolojik yöntemler ile üretilen ve %90-98 oranında protein içeren üründür (Foegeding, ve ark., 2003).

### **Peyniraltı Suyu Proteinleri Film Formasyonu**

Proteinler, farklı amino asit sekanslarını gösteren ve peptid bağları ile bağlanmış makromoleküllerdir. Oluşturulacak olan protein filmi bu zincir dizilimi ve yapısına, mevcut amino asitlerin düzenlenmesine bağlıdır (Schmid ve Muller, 2019). Protein bazlı filmler için diğer önemli belirleyici faktörler ise, ilk amino asit dizisi, protein zincirlerinin kendileri ile diğer film bileşenleri arasındaki etkileşimlerdir (Belitz ve ark., 2008). PAS' ta bulunan,  $\beta$ -laktoglobulin ( $\beta$ -Lg),  $\alpha$ -laktalbumin ( $\alpha$ -La), sığır serum albumini, çeşitli immunoglobulinler ve polipeptitler proteoz-pepton küresel proteinlerdir. PAS proteini içerikli film ve kaplamalar için bu farklı küresel proteinlerin; zincir konformasyonlarını değiştirme ve değiştirilmiş üç boyutlu ağlar oluşturmak için birbirleriyle etkileşime girme yetenekleri mükemmel özelliklerdir. Fakat PAS proteinleri küresel proteinler olduklarından, ilk önce proteinin doğal halini ortaya çıkarmak gerekmektedir. Bu işlemi gerçekleştirmek için, sıcaklık ve pH değişiminden, organik çözücü ve tuzların ilavesinden veya kayma kuvvetlerinden yararlanılabilir. (Lent ve ark., 1998; Schmid ve Muller, 2019).

Film oluşturmak için PAS proteinlerine genellikle teknik olarak termal denatürasyon işlemi uygulanır. Aslında ısıtma ile iç tiyol ve hidrofobik grupları ortaya çıkararak proteinin 3 boyutlu yapısı değiştirilir (Shimada, 1989). Denatürasyon sıcaklığı filmin formülasyon bileşimine bağlı olarak değişse de genellikle 78°C uygulanır (Plackett, 2011). Bu sıcaklık  $\beta$ -Lg için seçilmiştir. Çünkü PAS proteinlerinde denatürasyonun sıcaklık derecesi  $\beta$ -Lg ile belirlenir, aynı zamanda agregasyon oranı sadece  $\beta$ -Lg' de meydana gelen serbest sülfidril gruplarının konsantrasyonuna da bağlıdır (Calvo ve ark., 1993). Film oluşumu için, protein denatürasyonunun ardından moleküller arası etkileşimler meydana gelir. Globüler proteinlerin denatürasyonunda, molekülün açılması ile disülfid köprüleri veya van der Waals etkileşimleri, hidrojen bağı, elektrostatik ve hidrofobik etkileşimleri içeren fiziksel bağlantılar gibi yeni kimyasal bağlar oluşturabilen reaktif fonksiyonel gruplar ortaya çıkar (Onwulata, 2008). PAS proteinleri şeffaf, esnek, suda çözünmeyen filmler oluşturabilir ve bu şekilde birbirine bağlı bir yapıya sahip sulu çözeltilerden kaplamalar yapılabilir. Film yapımı için peynir altı suyu proteini izolatu, peynir altı suyu proteini konsantratu veya gliserol gibi farklı plastikleştiriciler ile sulu çözelti içinde çözüldürülmüş  $\beta$ -laktoglobulin kullanılabilir (Coltelli, 2016).

PAS protein bazlı filmlerin doğal olarak zayıf su buharı bariyerini arttırmak için bir başka alternatif, lipitler ve balmumları gibi hidrofobik maddelerin eklenmesidir (Janjarasskul ve ark., 2014). Liaotrakoon ve Raviyan (2018) çalışmalarında, WPI solüsyonuna hurma yağı (ağırlıkça %6, %7 ve %8) ve gliserol (ağırlıkça %40, %50 ve %60) ilave ederek yenilebilir film geliştirmişlerdir. Tüm formüller arasında, %8 hurma yağı ve %40 gliserol ile hazırlanan WPI film uygulamaları için en iyi sonuçları



göstermiştir. Galus ve Kadzinka (2016) ise yaklaşık %90 protein içeren WPI'dan elde edilen filmlerinin işlevsel özelliklerini değiştirmek için düşük konsantrasyonlarda (%0.5 ve %1.0) badem veya ceviz yağı içeren filmler hazırlamışlar ve düşük konsantrasyonlarda kullanılan badem ve ceviz yağlarının, peynir altı suyu protein filmlerinin hidrofobik karakterini arttırdığını saptamışlardır.

Ayrıca bazı gıda uygulamaları için yenilebilir filmler veya kaplamalar üretmek amacıyla peynir altı suyu protein izolatu ilavesinin iyi bir etkiye sahip olduğu ortaya konmuştur. Baharat tozlarının peynir altı suyu protein izolatu (WPI) bazlı filmlerin fiziksel, mekanik, termal ve bariyer özellikleri ve depolama kararlılığı üzerindeki etkisinin belirlendiği bir çalışmada, %10 WPI, (ağırlık ağırlık<sup>-1</sup>) çözeltisi ısı ile işlemle denatüre edilerek gliserol (WPI: 3: 2 ağırlık ağırlık<sup>-1</sup> ile gliserol), sodyum klorür (0.4 g 100 g<sup>-1</sup> çözelti), sarımsak ve karabiber (her biri 3 g 100 g<sup>-1</sup> çözelti) içeren film formülasyonu hazırlanmıştır (Ket-on ve ark., 2016). Dolayısıyla, formülasyonların oluşturduğu film ve kaplamaların özelliklerinin, farklı lipid, tuz veya plastikleştiricilerin eklenmesiyle değişebileceği sonucuna varılmaktadır.

### **Peyniraltı Suyu Protein Film ve Kaplamaların Özellikleri**

Genel olarak, ambalaj film ve kaplama ürünleri, gıdayı çevresel etmenlerden koruyan bariyer özelliklerine sahip materyaller olarak tanımlanabilir. Ambalaj malzemelerinin bariyer performansı geçirgenlik ölçümleriyle belirlenebilir. Ürüne özgü, yüksek veya düşük bariyer özellikleri gerekebilir. Genel olarak protein bazlı yenilebilir filmler, hidrofilik yapıda olduğu için, yenilebilir film teknolojisinde tek başlarına kullanılmaları ürünlerin stabilite ve duyu özelliklerinde sorunlar oluşturabilmektedir (Küçüköner ve ark., 2003). Bu nedenle bazı kaplamalar, lipitler ve karbonhidratlarla beraber kullanılırlar (Çelikel, 2017)

Peynir altı suyu protein filmlerinin ve kaplamalarının bariyer özellikleri esas olarak kaplama bileşimine, kalınlığına ve substrat olarak kullanılan farklı tabakalara bağlı olarak değişebilir (Schmid ve Muller, 2019). Schmid ve ark., (2012)' nin çalışmasında, PAS protein içerikli filmlerin nispeten düşük oksijen geçirgenliğe sahip olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte, film özelliklerini iyileştirmeye çalışmak için PAS proteini çapraz bağlama yöntemi kullanılan çalışmalarda, ısıyla dengelenmiş PAS protein filmlerinin daha yüksek mekanik dirence sahip olduğu belirtilmiştir. Dolayısıyla, denatüre PAS proteininden üretilen yenilebilir filmler, doğal proteinden yapılanlara göre daha güçlü ve daha yapışkandır (Pérez-Gago ve ark., 1999). Ek olarak, formaldehitin bir çapraz bağlama maddesi olarak dahil edilmesi durumunda, film çözünmezliğini, mekanik özelliklerini ve camsı geçiş sıcaklığını arttırdığı gösterilmiştir (Galiotta ve ark., 1998). PAS protein filmleri plastikleştirici ilave edilmeden üretilirlerse çok kırılabilir olacakları, yapılan çalışmalarda belirtilmiştir. Plastikleştirici ilavesi, filmlere esneklik sağladığı gibi aynı zamanda su buharı geçirgenliğini de artırır (Shaw ve ark., 2002). PAS proteini içeren yenilebilir filmler kovalent disülfid bağları içermezler, dolayısıyla suda çözünmezler (Küçüköner ve ark., 2003). Plastikleştirici olarak gliserol kullanılması durumunda, PAS protein filmlerinin suda çözünürlüğünün arttığı da yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (Galiotta ve ark., 1998). Ayrıca, PAS protein konsantratu yaklaşık %6 oranında yağ içerdiğinden, su buharı geçirgenliği PAS protein izolatından daha düşüktür (Sarıoğlu, 2005). Diğer bir çalışmada ise, lipitlerin PAS protein filmlerinin içeriğine katılmasının, bazı durumlarda filmlerin duyu özelliklerini olumsuz yönde etkilediği de belirtilmiştir (Osés ve ark., 2009).

### **Peyniraltı Suyu Proteinleri Film ve Kaplamalarının Gıda Endüstrisinde Uygulanması**

Yaklaşık 20 yıldır PAS proteinlerinden üretilen yenilebilir kaplamaların çeşitli gıdalarda kullanıldığı bilinmektedir. Bu şekilde üretilen film ve kaplamaların, çeşitli gıdalarda aroma, nem ve oksijen bariyeri sağladığı yapılan çalışmalarda belirtilmiştir. Örneğin; taze veya dondurulmuş etlerin depolanması sırasında nem kaybının azaltılması, paketlenmiş taze et ve kümes hayvanlarından patojen

mikroorganizmaların azaltılması ve bunların sınırlandırılması çalışmalarında olumlu sonuçlar elde edilmiştir (Gennadios ve ark., 1997). Peyniraltı suyu proteinleri film ve kaplamalarının gıda endüstrisinde kullanımına yönelik yapılan çalışmalar Çizelge 2. de gösterilmiştir.

**Çizelge 2.** Peyniraltı suyu proteinleri film ve kaplamalarının gıda endüstrisinde kullanımı

Formülasyon	Gıda ürünü	Önemli fonksiyonlar	Kaynak
PAS proteinleri, gliserol, NaOH	Atlantik somonu	Atlantik somonunun genel kalitesi geliştirilmiştir.	Rodriguez-Turienzo ve ark., 2012.
Kekik, karanfil esansiyel yağları, gliserol ile PAS proteinleri.	Tavuk göğsü filetolari	Tavuk göğsünün kalitesi ve raf ömrü uzatılmış, antimikrobiyal etki sağlanmıştır	Fernández-Pan ve ark., 2014.
PAS proteinleri	Kapalı Kilka örnekleri	<i>Coliform, Escherichia coli ve Pseudomonas</i> bakteri kontaminasyonu 6 ay boyunca -18 C'de engellenmiştir.	Motalebi ve Seyfzadeh, 2012
PAS proteinleri ve lizozim	Somon dilimi	<i>Listeria innocuo'</i> ya karşı inhibe edici etki gösterilmiştir.	Boyacı ve ark., 2016
PAS proteinleri, kekik yağı ve sorbitol	Sığır eti	Ürünlerde raf ömrü uzatıcı etkiler gözlenmiştir.	Zinoviadou ve ark., 2009
PAS proteinleri ve UV ışınımı	Peynir	Ticari peynir kaplamalara alternatif olabileceği belirtilmiştir.	Henriques ve ark., 2013
PAS proteinleri, gliserol ve ticari sıvı duman	Bakterilerin geliştiği hücre ortamında çalışılmıştır	Renk parametrelerinde değişiklik gözlenmiş fakat zararlı bulunmamıştır. <i>Listeria monocytogenes'</i> e karşı inhibe edici etkisi gözlenmiştir.	Soazo ve ark., 2016
PAS proteinleri, gliserol ve ince tabaka hidrokolloidler	Bakterilerin geliştiği hücre ortamında çalışılmıştır	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> suşuna karşı inhibe edici etki gözlenmiştir.	Soukoulis ve ark., 2017
PAS protein izolatu, gliserol ve probiyotik bakteri izolatları	Bakterilerin geliştiği hücre ortamında çalışılmıştır	Probiyotik mikroorganizmaların stabilizasyonunun sağladığı ve bu filmlerin gıdalar ile birlikte tüketilmesinin iyi olabileceği belirtilmiştir.	Pereira ve ark., 2016
PAS proteinlerive gliserol	Yer fıstığı	Lipit oksidasyonunda gecikme ve raf ömrü uzatıcı etki gözlenmiştir.	Khwaldiave ark., 2004
PAS proteinleri, biberiye otu	Salam	Lipit oksidasyonunda gecikme gözlenmiştir.	Andrede ve ark., 2019
PAS proteinleri ve gliserol	Yumurta	Yumurtaların raf ömrünün bir hafta uzadığı gözlenmiştir.	Caner, 2005
PAS proteinleri ve kitosan	Cheddar peyniri	Mikrobiyal bozulmada azalma ve raf ömründe uzama gözlenmiştir.	Di Pierro ve ark., 2011
PAS proteinleri	Kilka balığı	Ürünlerde su ve oksijen bariyer özellikleri gelişmiştir fakat antimikrobiyal etki gözlenmemiştir.	Motalebi ve ark., 2010
PAS proteinleri ve esmerleşmeyi önleyici ajanlar	Elma ve patates örnekleri	Örneklerde esmerleşme önlenmiş ve raf ömrü uzatıcı etki gözlenmiştir.	Olivas ve Barbosa-Canovas, 2005

Birçok gıda ürünüde bozulmanın ana nedenlerinden biri yüzeyde mikrobiyal çoğalmadır. Yiyecek depolama ve dağıtım sırasında maya, küf ve bakteri üremesi ürün kalitesini ve güvenliğini büyük ölçüde azaltabilir. Bu nedenle, gıdaların neme karşı korunması etkili bir yoldur. Ayrıca, yenilebilir kaplamalar, gıda yüzeylerindeki katkı maddelerinin tutulmasındaki etkinliklerinden dolayı birçok çalışmada antimikrobiyal taşıyıcılar olarak incelenmişlerdir (Di Pierro ve ark., 2017). Boyacı ve ark. (2016), antimikrobiyal bir ürün olan lizozimi, peyniraltı suyu proteinine dayanan aktif tip ve yenilebilir filmlerin formülasyonunda kullanmışlardır, bu filmlerin, *Listeria innocua'nın* somon dilimleri üzerindeki büyümesine karşı inhibe edici etkisinin olduğu belirtilmiştir. Diğer bir çalışmada, PAS protein içerikli yenilebilir filmlere eklenen kekik veya sarımsak esansiyel yağının, *Staphylococcus aureus*, *S. enteritidis*, *L. monocytogenes*, *E. coli O157: H7* patojenlerine karşı inhibe edici etkiler gösterdiği gözlenmiştir (Seydim ve Sarikus, 2006). Kekik yağı ilave edilerek hazırlanan, içerisinde

plastikleştirici olarak sorbitol kullanılan PAS protein filmlerinin, sığır etinde raf ömrü uzattığı tespit edilmiştir (Zinoviadou ve ark., 2009). Olgunlaştırılmış peynirlerde kullanılan ısı denatürasyon ve UV ışınımı ile üretilen antimikrobiyal özelliklere sahip yenilebilir PAS protein kaplamalarının, ticari peynir kaplamalarına alternatif olabileceği bildirmiştir (Henriques ve ark., 2013). Ticari sıvı dumanın yenilebilir filmlere dahil edilmesinin ilk kez araştırıldığı bir çalışmada, sıvı duman ile birleştirilmiş peynir altı suyu protein konsantresi bazlı yenilebilir filmler oluşturulmuştur. Sıvı duman içeren filmlerin, agar difüzyon testinde *L. monocytogenes* bakterilerinin gelişmesini inhibe edici olduğu belirlenmiştir. Bazı duyu renk parametrelerinde değişiklikler gözlenmiş, fakat gıdaların potansiyel kullanımları için zararlı bulunmamıştır. Fark edilir bir şekilde, film formülasyonuna sıvı duman ilave edildiğinde gerilme mukavemetinin ve uzamasının artma eğiliminde olduğu belirtilmiştir (Soazo ve ark., 2016).

Son zamanlarda, probiyotiklerin ve biyoaktif bileşiklerin, plastikleştirilmiş ince tabakalı hidrokoloidler yoluyla gıda ürünleri içine dahil edilmesi yönünde çalışmalar yapılmaktadır. Soukoulis ve ark. (2017) çalışmalarında, yenilebilir filmlere çeşitli polimerler ve peynir altı suyu protein izolatu dahil edilmesi ile bu filmlerin canlı probiyotik organizmaları stabilize etme yetenekleri açısından değerlendirmişlerdir. Kurutma işlemi boyunca *L. rhamnosus GG'nin* kayıplarının, WPC varlığında önemli ölçüde düşürüldüğü belirtilmiştir. Film oluşturucu maddelerin PAS protein tozu ile takviye edilmesi, ürünlerin raf ömründe 4 °C'de 1.8 ila 6.5 kat artışa imkan sağlamıştır. Ayrıca yüksek viskoziteli sodyum aljinat ile PAS protein bazlı probiyotik filmler ve keçiyoynuzu zamkı ile ve PAS protein karışımlarının hem kabul edilebilir mekanik hem de bariyer özellikleri olduğu belirtilmiştir. Bu filmlerin gıda ürünlerinin işlevselliğini geliştirmek ve raf ömrünü uzatmak için kullanılması, fonksiyonel laktik asit bakterileri için de bir taşıyıcı olarak yeni olasılıklar ortaya çıkarmıştır. Peynir altı suyu protein izolatu bazlı yenilebilir film formülasyonlarında probiyotik mikroorganizmaların stabilitesinin incelendiği bir çalışmada, PAS protein izolatları ile hazırlanan filmler sayesinde; *Bifidobacterium animalis Bb-12* ve *Lactobacillus casei-01* suşlarının daha uzun bir süre ve hücre sayısında daha az azalma ile yaşayabildiği belirtilmiştir (Pereira ve ark., 2016).

Ayrıca PAS protein kaplamalarının lipid oksidasyonunu geciktirmesi özelliği ile yerfıstığının bozulmasının önlenmesine de yardımcı olmuştur. PAS protein filmlerle kaplanan yerfıstıklarının raf ömrünün 136 günden 273 güne uzadığı da belirtilmiştir (Khwaldia ve ark., 2004). Biberiye özütü ile birleştirilmiş aktif bir peynir altı suyu protein filminin salam dilimlerinin lipid oksidasyonunu geciktirme üzerindeki etkinliğinin değerlendirildiği bir çalışmada hazırlanan filmin, salamlarda lipid oksidasyonunu en az 30 gün geciktirdiği belirtilmiştir (Andrede ve ark., 2019). Caner (2005) tarafından yapılan çalışmada ise, PAS proteinleri ile kaplanmış A sınıfı yumurtaların raf ömrünün bir hafta daha uzadığı saptanmıştır. Cheddar peynirinin kaplanmasında PAS proteinlerinin kullanıldığı bir çalışmada, mikrobiyal bozulmada yavaşlatıcı bir etkisi olduğu ve depolama süresince raf ömrünün uzadığı belirtilmiştir (Wagh ve ark., 2014). Cheddar peynirinde yapılan diğer bir çalışmada, kitosan ilave edilmiş PAS protein film ile modifiye atmosfer koşullarında paketlenen peynirlerin pH'ında 30 günlük depolama süresince herhangi bir değişim gözlenmemiştir (Di Pierro ve ark., 2011). Balıklarda PAS proteini bazlı yenilebilir film uygulaması çalışmasında ise, su ve oksijen bariyeri özelliklerini olumlu etkilediği fakat mikrobiyal gelişimi engellemediği saptanmıştır (Motalebi ve ark., 2010). Bazı benzer çalışmalarda ise su ürünlerinde, bu filmlerin antimikrobiyal etki gösterdiği belirtilmiştir (Motalebi ve Seyfzadeh, 2012; Rodriguez-Turienzo ve ark., 2012).

Taze meyve ve sebzelerde ise enzimatik esmerleşmeyi önlemek amacıyla uygulanan farklı esmerleşme önleyici ajanları da içeren PAS protein film kaplamalarının, kesilmiş elma ve patateslerin esmerleşmelerini önlediği ve raf ömürlerini uzattığı belirtilmiştir (Olivas ve Barbosa-Canovas, 2005; Lee ve ark., 2003). Ayrıca PAS protein filmleri son zamanlarda, sosis karışımlarını içeren yumuşak

silindirik kaplar için önerilmiş fakat bu proteinlerin etkili kılıflar hazırlamak için uygun olmasına rağmen, üretimin sentetik kılıflarınki kadar ekonomik olmadığı tespit edilmiştir (Mubururu ve ark., 2014).

## SONUÇ

PAS proteini içerikli yenilebilir film kaplamalar gıdalarda nem ve gaz transferini sınırlandırmaktadır. Ayrıca, gıdaların raf ömrünü uzatmak amacıyla kullanılabilir. Gıdalarda, ürüne özgü tat, yapı ve aromayı bozmamaları da diğer avantajlarıdır. Hatta bazı gıda ürünlerinde karma uygulamalar ile aroma kazandırdığına yönelik çalışmalar da mevcuttur. Diğer önemli bir konu ise günümüzde; atık yönetimi kapsamında birçok çevre koruma ajansı, plastik ambalaj kullanımının azaltılması yönünde insanları teşvik etmişler ve çevre koruma amacıyla toksik maddeler içermeyen paketleme sistemlerinin geliştirilmesini önermişlerdir.

Yapılan birçok çalışma referans alındığında, kullanılan yenilebilir filmlerde olduğu gibi PAS proteinlerinden elde edilen film kaplamalarının da gıdaların bazı fiziksel özelliklerini koruyucu özellik taşıdığı söylenebilir. Aynı zamanda depolanma süresi boyunca gıdaları kimyasal ve mikrobiyolojik bozulmalardan korurlar. Tüm bunlar ele alındığında gıda sektöründe, PAS protein içerikli yenilebilir film kaplamaların yenilikçi uygulamalar kullanılarak üretilmesi konusu cezbedici bir hal almıştır. Aynı zamanda, PAS protein içerikli film kaplamalar, modifiye atmosfer altında paketleme ile kombine edilerek uygulandığında gıda ambalajlamada uygulanan ısıl işlemler kısıtlanabilir, bu şekilde üretim aşamasında enerji kullanımında da tasarruf sağlanmış olur. Bu nedenle, günümüzde oluşturulan filmlerin ekonomik olması hedef olacak şekilde farklı biyolojik veya biyoteknolojik uygulamaların geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Akal C, Türkmen N, Koçak C, 2016. Kefir Üretiminde Peyniraltı Suyu Kullanımı. *Gıda*, 41(5): 351-358.
- Akpınar-Bayizit A, Özcan T, Yılmaz-Ersan L, 2009. Membrane Processes İn Whey Production. *Mljekarstvo*, 59 (4): 282-288.
- Andrade MA, Ribeiro-Santos R, Guerra M, Sanches-Silva A, 2019. Evaluation of the Oxidative Status of Salami Packaged with an Active Whey Protein Film. *Foods*, 8(387): 1-15.
- Barone JR, Schmidt WF, 2006. Nonfood Applications Of Proteinaceous Renewable Materials. *Journal of Chemical Education*, 83 (7): 1003-1009.
- Belitz HD, Grosch W, and Schieberle P, 2008. *Lehrbuch der Lebensmittelchemie*. Berlin: Springer, s. 895. Germany.
- Bilal T, Altın A, 2017. Peynir Altı Suyunun İnsan ve Hayvanlarda Metabolizma Üzerindeki Etkileri. *Journal of Bahri Dagdas Animal Research*, 6 (1): 29-42.
- Boyacı D, Korel F, Yemencioğlu A, 2016. Development of Activate-at-Home-Type Edible Antimicrobial Films: an Example Ph-Triggering Mechanism Formed for Smoked Salmon Slices Using Lysozyme in Whey Protein Films. *Food Hydrocoll*, 60, 170-178.
- Caner C, 2005. Whey Protein Isolate Coating and Concentration Effects on Egg Shelf Life. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85: 2143-2148.
- Carvalho F, Prazeres AR, Rivas J, 2013. Cheese Whey Wastewater: Characterization And Treatment. *Science of the Total Environment*, 445: 385-396.
- Cinelli P, Schmid M, Bugnicourt E, Wildner J, Bazzichi A, Anguillesi I, and Lazzeri A, 2014. Whey Protein Layer Applied on Biodegradable Packaging Film to Improve Barrier Properties While Maintaining Biodegradability. *Polymer Degradation and Stability*, 108: 151-157.
- Coltelli MB, Wild F, Bugnicourt E, Cinelli P, Lindner M, Schmid M, Lazzeri A, 2016. State Of The Art İn The Development And Properties Of Protein-Based Films And Coatings And Their Applicability To Cellulose Based Products: An extensive review. *Coatings*, 6 (1): 1-59.
- Çelikel A, 2017. Yenilebilir Film Ve Çeşitli Baharat Karışımlarının Optimizasyonu Ve Eritme Peynirlerinin Kaplamasında Kullanım Olanakları. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi (Basılmış).



- Davis JP, Foegeding EA, 2007. Comparisons Of The Foaming And Interfacial Properties Of Whey Protein Isolate And Egg White Proteins. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 54(2): 200-210.
- De Wit JN, 1998. Nutritional And Functional Characteristics of Whey Proteins In Food Products. *Journal of Dairy Science*, 81: 59-608.
- Di Pierro P, Sorrentino A, Mariniello L, Giosafatto CVL, Porta R, 2011. Chitosan/Whey Protein Film As Active Coating to Extend Ricotta Cheese Shelf-Life. *Journal of Food Science and Technology*, 44: 2324–2327.
- Di Pierro P, Mariniello L, Concetta VL and Esposito M, 2017. Dairy Whey Protein-Based Edible Films And Coatings For Food Preservation. *Food Packaging and Preservation*, 9: 439-456.
- El-Salam MH, El-Shibiny S, Salem A, 2009. Factors Affecting The Functional Properties Of Whey Protein Product. *Food Reviews International*, 25 (3): 251-270.
- Ergüllü E, 1977. Çevre Kirlenmesi Bakımından Süt İşletmelerinde Alınması Gereken Tedbirler. *Gıda Dergisi*, 6: 203-215.
- Farrell HM Jr, Behe MJ ve Enyeart JA, 1987. Binding of p-Nitrophenyl Phosphate and Other Aromatic Compounds by Beta-Lactoglobulin. *Journal of Dairy Science*, 70 (2): 252-258.
- Fernández-Pan I, Carrión-Granda X, Maté JI. 2014. Antimicrobial Efficiency Of Edible Coatings On The Preservation Of Chicken Breast Fillets. *Food Control*, 36: 69-75.
- Foegeding EA, Luck PJ, Roginski H, Fuquay JW, Fox PF, 2003, Whey Protein Products. *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 3: 1957-1960.
- Galus S, Kadzińska J, 2016. Whey Protein Edible Films Modified With Almond And Walnut Oils. *Food Hydrocolloids*, 52: 78–86.
- Galietta G, Di Gioia L, Guilbert S, Cuq B, 1998. Mechanical and Thermomechanical Properties of Films Based on Whey Proteins as Affected by Plasticizer and Crosslinking Agents. *Journal of Dairy Science*, 81: 3123–3130.
- Gennadios A, Hanna MA, Kurth LB, 1997. Application of Edible Coatings on Meats, Poultry and Seafoods: A Review. *Journal of Food Science and Technology*, 30: 337–350.
- Giménez B, Gómez-Guillén MC, López-Caballero ME, Gómez-Estaca J, Montero P, 2012. Role Of Sepiolite In The Release Of Active Compounds From Gelatin-Egg White Films. *Food Hydrocoll*, 27: 475–486.
- Giosafatto CVL, Di Pierro P, Gunning P, Mackie A, Porta R, Mariniello L, 2014. Characterization of Citrus Pectin Edible Films Containing Transglutaminase-Modified Phaseolin. *Carbohydrate Polymers*, 106: 200–208.
- Gürsel A, 2015. Peyniraltı Suyu Teknolojisi. Ankara Üniversitesi Yayınları, No: 451, Ankara.
- Henriques HMF, Gomes DMGS, Pereira, CJD, Gil MHM, 2013. Effects of Liquid Whey Protein Concentrate on Functional and Sensorial Properties of Set Yogurts and Fresh Cheese. *Food and Bioprocess Technology*, 6: 952-963.
- Janjarasskul T, Rauch DJ, McCarthy KL and Krochta JM, 2014. Barrier And Tensile Properties Of Whey Protein Candelilla Wax Film/Sheet. *Food Science and Technology*, 56: 377-382.
- Korhonen H, 2009. Milk-derived Bioactive Peptides: From Science to Applications, *Journal of Functional Foods*, 1 (2): 177-187.
- Ket-On A, Pongmongkol N, Somwangthanoj A, Janjarasskul T, Tananuwoong K, 2016. Properties And Storage Stability Of Whey Protein Edible Film With Spice Powders. *Journal of Food Science Technology*, 53: 2933–2942.
- Khwaldia K, Ferez C, Banon S, Desobry S, Hardy J, 2004. Milk Proteins for Edible Films and Coatings. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44: 239–251.
- Kurt A, 1990. Süt Teknolojisi. Atatürk Üniversitesi Yayınları, No: 573, 398 sayfa. Erzurum.
- Küçüköner E, 2011. Peynir Tozu ve Peyniraltı Suyu Tozu Üretimi. 1.Ulusal Helal ve Sağlıklı Gıda Kongresi, 19-20 Kasım, Ankara.
- Küçüköner E, Kılınççeker O, Doğan DS, 2003. Gıdalara Yenilebilir Kaplama Uygulamalarında Süt Ürünlerinin Kullanım Olanakları. Süt Endüstrisinde Yeni Eğilimler Sempozyumu, İzmir.
- Lee JY, Park HJ, Lee CY, Choi WY, 2003. Extending Shelf-Life of Minimally Processed Apples with Edible Coatings and Antibrowning Agents. *Journal of Science and Technology*, 36: 323–329.
- Lent L, E Vanasupa, LS and Tong PS, 1998. Whey Protein Edible Film Structures Determined By Atomic Force Microscope. *Journal of Food Science*, 63: 824-827.



- Liaotrakoon V, Raviyan P, 2018. Modifying The Properties Of Whey Protein Isolate Edible Film By Incorporating Palm Oil And Glycerol. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 40 (1): 243–249.
- Limsawat P, Pruksasri S, 2010. Separation Of Lactose From Milk By Ultrafiltration. *Asian Journal of Food Agro Industry*, 3: 236–243.
- Macwan SR, Dabhi BK, Parmar SC and Aparnathi KD, 2016. Whey and Its Utilization. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 5 (8): 134-155.
- Mariniello L, Di Pierro P, Esposito C, Sorrentino A, Masi P, Porta R, 2003. Preparation And Mechanical Properties Of Edible Pectin-Soy Flour Films Obtained In The Absence Or Presence Of Transglutaminase. *Journal of Biotechnology*, 102: 191–198.
- Mete H, 2012. Peyniraltı Suyunun Ekmekçilikte Değerlendirilmesi Ve Ekonomik Önemi. *Tekirdağ S.M.M.M. Odası Sosyal Bilimler Dergisi*, 1: 1-10.
- Metin M, 1983. Süt Sanayiinde Peynir Suyunun Değerlendirilmesi. *Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Dergisi*, 1 (1): 151-169.
- Modler W, 2009. Pioneer Paper: Value-Added Components Derived From Whey. American Dairy Science Association, Montreal, Quebec, Canada, pp. 1–33.
- Mollea C, Marmo L, Bosco F, 2013. Valorisation Of Cheese Whey, A By-Product From The Dairy Industry, Food Industry. In *Tech. 10.5772/53159*. <http://www.intechopen.com/books/food-industry/valorisation-of-cheese-whey-a-by-product-from-the-dairy-industry>, ISBN: 978-953-51-0911-2549-748.
- Motalebi AA, Hasanzati Rostami A, Khanipour AA and Soltani M, 2010. Impacts Of Whey Protein Edible Coating On Chemical And Microbial Factors On Guttled Kilka During Frozen Storage. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 9 (2): 255-264.
- Motalebi AA, Seyfzadeh M, 2012. Effects Of Whey Protein Edible Coating On Bacterial, Chemical And Sensory Characteristics Of Frozen Common Kilka. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 11: 132-144.
- Mubururu B, Moyo DN, Muredzi P, 2014. Production Of Artificial Sausage Casings From Whey Proteins. *International Journal of Nutrition Sciences*, 3: 30–38.
- Olivas GI, Barbosa-Canovas GV, 2005. Edible Coatings for Fresh-Cut Fruits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45: 657–667.
- Onwulata C, Huth P, 2008. *Whey Processing, Functionality and Health Benefits*; Wiley-Blackwell: Ames, IA, USA, pp. 133-169.
- Osés J, Fabregat-Vázquez M, Pedroza-Islas R, Tomás SA, Cruz-Orea A and Matè JI, 2009. Development and Characterization of Composite Edible Films Based on Whey Protein Isolate and Mesquite Gum. *Journal of Food Engineering*, 92: 56–62.
- Panesar PS, Kumari S, Panesar R, 2013. Biotechnological Approaches For The Production Of Prebiotics And Their Potential Applications. *Critical Reviews of Biotechnology*, 33: 345–364.
- Pereira OJ, Soares J, Sousa , Madureira AR, Gomes A, Pintado M, 2016. Edible films as carrier for lactic acid bacteria. *LWT- Food Science and Technology*, 73: 543–550.
- Perez MD, Calvo M, 1995. Interaction Of Beta- Lactoglobulin With Retinol And Fatty Acids And Its Role As A Possible Biological Function For This Protein: A Review, *Journal of Dairy Science*, 78: 978-988.
- Pérez-Gago MB, Krochta JM, 1999. Water Vapor Permeability Of Whey Protein Emulsion Films As Affected By pH. *Journal of Food Science*, 64: 695–698.
- Plackett D, 2011. *Biopolymers: New Materials For Sustainable Films And Coatings*. Chichester: John Wiley and Sons, s. 48-50.
- Renner E, 1992. Nutritional aspects. In: Zadow, J.G. (ed.). *Whey and lactose processing*. Elsevier Applied Science, pp. 449-471.
- Rezende AV, Rabelo CH, Veiga RM, Andrade LP, Härter, CJ, Rabelo FH and Reis RA, 2014. Rehydration of Corn Grain With Acid Whey Improves The Silage Quality. *Animal Feed Science and Technology*, 197: 213-221.
- Rodriguez-Turienzo L, Cobos A, Diaz O, 2012. Effects of Edible Coatings Based on Ultrasound-Treated Whey Proteins in Quality Attributes of Frozen Atlantic Salmon (*Salmo Salar*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 14: 92-98.
- Sarıoğlu T, 2005. Yenilebilir Filmlerin Kaşar Peynirinin Kaplanması Kullanılma Olanaklar ve Peynir Kalitesi Üzerine Etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

- Schmid M and Müller K, 2019. Whey Protein-Based Packagingfilms and Coatings. In H.C. Deeth, and N. Bansal (Eds.). Whey Proteins—From Milk To Medicine, s. 407–437.
- Schmid M, Dallmann K, Bugnicourt E, Cordoni D, Wild F, Lazzeri A and Noller K, 2012. Properties Of Whey Protein Coated Films And Laminates As Novel Recyclable Food Packaging Materials With Excellent Barrier Properties. International Journal of Polymer Science, Article ID 562381, s.7.
- Seydim AC, Sarikus G, 2006. Antimicrobial Activity of Whey Protein Based Edible Films Incorporated with Oregano, Rosemary and Garlic Essential Oils. Food Research International, 39(5): 639–644.
- Shaw NB, Monahan FJ, O’Riordan ED, O’Sullivan M, 2002. Physical Properties of WPI Films Plasticized with Glycerol, Xylitol, or Sorbitol. Journal of Food Science. 67: 164–167.
- Shimada K, Cheftel JC, 1989. Sulphydryl Group/Disulfide Bond İnterchange Reactions During Heat-İnduced Gelation Of Whey Protein İsolate. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 37: 161–168.
- Soazo M, Pérez LM, Piccirilli GN, Delorenzi NJ, Verdini RA, 2016. Antimicrobial and Physicochemical Characterization of Whey Protein Concentrate Edible Films Incorporated with Liquid Smoke. LWT: Food Science Technology, 72: 285–291.
- Soukoulis C, Behboudi-Jobbehdar S, Macnaughtan W, Parmenter C, Fisk ID, 2017. Stability of *Lactobacillus rhamnosus* GG Incorporated in Edible Films: Impact of Anionic Biopolymers and Whey Protein Concentrate. Food Hydrocoll, 70: 345–355.
- Sousa GT, Lira FS, Rosa JC, de Oliveira EP, Oyama LM, Santos RV ve Pimentel GD, 2012. Dietary Whey Protein Lessens Several Risk Factors for Metabolic Diseases: A Review. Lipids in Health and Disease, 11 (67): 1-9.
- Smithers GW, 2008. Whey and whey proteins – from “gutter-to-gold” International Dairy Journal, 18: 695-704
- Wagh YR, Pushpadass HA, Emerald FM, Nath BS, 2014. Preparation and Characterization of Milk Protein Films and Their Application for Packaging of Cheddar Cheese. Journal Food Science Technology, 51 (12): 3767–3775.
- Westergaard V, 2004. Milk Powder Technology Evaporation and Spray Drying, Niro A/S, 5th Edit, Copenagen, Denmark.
- Yadav JS, Yan S, Pilli S, Kumar L, Tyagi RD, Surampalli RY, 2015. Cheese Whey: A Potential Resource to Transform into Bioprotein, Functional/Nutritional Proteins and Bioactive Peptides. Biotechnology Advances, 33 (1): 756–774.
- Yerlikaya O, Kınık Ö ve Akbulut N, 2010. Peyniraltı Suyunun Fonksiyonel Özellikleri ve Peyniraltı Suyu Kullanılarak Üretilen Yeni Nesil Süt Ürünleri. Gıda, 35 (4): 289-296.
- Youssef MK ve Barbut S, 2011. Effects Of Two Types Of Soy Protein İsolates, Native And Preheated Whey Protein İsolates On Emulsified Meat Batters Prepared At Different Protein Levels. Meat Science, 87 (1): 54-60.
- Zadow JG, 1992. Review And Report On Whey Utilisation. A Report For The Dairy Research And Development Corporation. Melbourne.
- Zadow JG, 1994. Utilization of milk components: Whey. In R. K. Robinson (Ed.), Modern dairy technology, advances in milk processing, 1: 313–373.
- Zinoviadou KG, Koutsoumanis KP, Biliaderis CG, 2009. Physico-Chemical Properties of Whey Protein Isolate Films Containing Oregano Oil and Their Antimicrobial Action Against Spoilage Flora of Fresh Beef. Meat Science, 82: 338–345.

**Sensör ve Akıllı Telefon Kayıtları Yardımı ile Yapının Dinamik Karakteristiklerin Belirlenmesi**Hidayet UYAR<sup>1</sup>, Elif AĞCAKOCA<sup>2\*</sup>

**ÖZET:** Çalışma kapsamında, sarsma tablasındaki çelik model yapıya yerleştirilen sensör ve akıllı telefondan elde edilen titreşim değerleri ile MATLAB matematiksel tahmin modeli kullanılarak oluşturulan titreşim değerleri arasındaki uyum oranları karşılaştırılmıştır. Deneysel çalışmada kullanılan çelik model yapı; tek açıklıklı, dört katlı çelik malzemesinden üretilmiştir. Çelik model yapıda bulunan kolon-kiriş bağlantıları rijit, model binanın dört tarafında bulunan temel bağlantıları sarsma tablasına ankastre olacak şekilde montelenmiştir. Deneysel çalışmadan elde edilen titreşim değerleri, sarsma tablasının tabanına ve çelik model yapının tepe noktasına yerleştirilen sensör ve akıllı telefondan elde edilmiştir. Sarsma tablası El-Centro, Loma-Prieta, Kobe ve Sakarya depremlerinin titreşim değerleriyle zorlanmış ve oluşan zorlanmanın yapıda meydana getirdiği titreşimler sensör ve akıllı telefon yardımıyla kaydedilmiştir. Sarsma tablasının tabanında bulunan sensör ve akıllı telefon titreşim değerleri girdi, çelik model yapının tepe noktasında bulunan sensör ve akıllı telefonlar titreşim değerleri sisteme çıktı olarak tanımlanmıştır. Çalışmaların sonucunda deneysel olarak elde edilen girdi-çıkı verileri arasındaki uyumluluk oranları, Matlab programındaki otoregresif ARX ve otoregresif hareketli ortalamalar ARMAX modelinde bulunan tahmin-öngörü ile üretilen girdi-çıkı arasındaki uyumluluk oranları karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Sarsma tablası, ARX model, ARMAX model, akıllı telefon

**Determination of Dynamic Characteristics of the Structure with Sensor and Intelligent Telephone Records**

**ABSTRACT:** In this study, the vibration ratios obtained from the sensor and smartphone placed in the steel model structure in the vibration table and the vibration ratios generated using the MATLAB mathematical prediction model were compared. The steel model structure used in the experimental study; made of single-span, four-ply steel. Column-beam connections in the steel model structure are rigid and the base connections on all four sides of the model building are mounted to the vibration table. The vibration values obtained from the experimental study were obtained from the sensor and the smartphone placed at the base of the vibration table and at the top of the steel model structure. The vibration table was forced with the vibration values of El-Centro, Loma-Prieta, Kobe and Sakarya earthquakes and the vibrations caused by the strain caused by the structure were recorded with the help of sensor and smart phone. Sensor and smartphone vibration values at the base of the shaking table are defined as input, sensor and smartphone vibration values at the top of the steel model structure are defined as output to the system. As a result of the studies, the compatibility ratios between the input-output data obtained experimentally, the autoregressive ARX in the Matlab program and the autoregressive moving averages were compared between the prediction-prediction found in the ARMAX model and the input-output produced. In addition, the difference between sensor and smartphone acceleration data was investigated and which of the methods used gave better results.

**Keywords:** Shaking table, ARX models, ARMAX models, smartphone.

<sup>1</sup> Hidayet UYAR (Orcid ID: 0000 0002 8514 3398), Elif AĞCAKOCA (Orcid ID: 0000 0001 8228 0592)

<sup>1,2</sup> Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Elif Ağcakoca, e-mail: elifd@sakarya.edu.tr

## GİRİŞ

Günümüzde çelik malzemesi, yüksek dayanıma sahip olması ve kolay inşa edilmesinden dolayı, özellikle yüksek katlı yapılarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapıların tasarlanan yükten daha fazla yüke maruz kalması ya da ani deprem kuvvetleri ile karşılaşmaları, yapılarda hasar oluşmasına hatta göçmesine neden olmaktadır. Göçme sonucu oluşan can ve mal kayıplarını en aza indirmek için, yapının tasarım aşamasında maruz kalacağı yükleme risklerini değerlendirip, gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Çelik malzemesinin süneklilik düzeyinin yüksek olması, ani veya tasarlanmayan yüklerden oluşan hasarları azaltmakta böylece yapıda oluşacak ani göçmeyi engellemektedir. Ülkemizde inşa edilecek yapılarda uyulması gereken kural ve yöntemler, deneysel ve teorik çalışmalar yardımıyla 2018 yılında güncellenen Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde belirtilmektedir.

Taşıyıcı sistemi ister betonarme, ister çelik, ister kompozit olsun, yapıların dinamik davranışının belirlenmesinde birçok teorik yöntem bulunmaktadır. Ancak teorik yöntemlerde, kullanılan yapı sistemlerinin sınır şartlarının belirsizliği, malzeme davranışının tam anlamıyla modellenmemesi ve deprem hareketinin zamana bağlı oluşturduğu karmaşıklık, deneysel çalışmaların yapılmasını da zorunlu hale getirmiştir.

Yapılan bu çalışmada kullanılan yöntem; sarsma tablası üzerinde oluşturulmuş model çelik yapıya uygulanan zorlanmış titreşim sonucu, sensör ve akıllı telefonda elde edilen titreşim değerleri, otoregresif ARX ve otoregresif hareketli ortalamalar ARMAX tahmin modeli kullanılarak elde edilmiş sonuçlar deneysel veriler ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada matematiksel olarak oluşturulan modelin içinde bulunan sınır değerlere dikkat edilerek, girdi çıktı ivme verileri arasındaki uyum oranları belirlenmiştir. Kullanılan Otoregresif ortalamalar modelleri ARX ve ARMAX, istatistikte Box-Jenkins modellerinde kullanılan ‘zaman serisi öngörme’ yöntemi olarak bilinmektedir. Zaman serisi öngörme yöntemi, zaman aralıkları eşit olan verilerin oluşturduğu seri sistemlerinde yaygın olarak kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. Bu yöntemde,  $X_t$  gibi bir zaman seri verisine sahip ARX veya ARMAX modelinde oluşan algoritma, serinin sonraki adımlarında ortaya çıkan değerleri anlamak ve öngörmek için kullanılmaktadır. ARMAX modelinin ilk aşaması otoregresif kısım (AR), ikinci aşaması ise hareketli ortalamalar kısmı olan (MAX)’dan oluşturulmaktadır.

Sarsma tablası deneyleri, yapının deprem sırasındaki davranışını en iyi yansıtan yöntem olarak kabul edilmektedir. Ancak sarsma tablasının kapasitesinin sınırlı olması, yapının boyutlarını sınırladığı için en büyük dezavantajdır. Bu yüzden yapıyı uygun ölçek ile küçülterek sarsma tablası yardımıyla yapı davranışının belirlenmesi en doğru yaklaşım olmaktadır. Ayrıca sarsma tablası deneyleri, dinamik hareketlerin yapı üzerindeki etkisinin detaylı olarak incelenmesini sağladığından literatürde bu konuyla ilgili birçok çalışma yapılmıştır. 17 Ağustos 1999 tarihinde meydana gelen Kocaeli depremi sonrasında ciddi hasar alan Fatih Cami’nden çevresel titreşimler alınmış, spektral analizler ve parametrik analizler yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda, spektral analizlerde geniş modal frekanslar bulunurken, parametrik analizlerden elde edilen durum uzay modellerini kullanarak, mod şekilleri ve frekans değerleri bulunmuştur (Beyen, 2007). Yapılan başka bir çalışmada kullanılan sarsma tablası, modellenen yapıyı gerçek veya yapay yer hareketleri etkisi altında oluşan zorlanmaları ölçmek için kullanmıştır. Çalışmalarda kullanılan sarsma tablaları farklı serbestlik derecelerine ve farklı çalışma prensibine sahip olabilmekte, ayrıca hidrolik veya daha farklı tahrik sistemleri yardımı ile çalıştırılabilmektedir (Mahdavi, 2014). Sarsma tablalarının bu özellikleri sayesinde, yapı ya da yapı elemanları üzerine birebir veya rastgele deprem verilerini uygulanabilmekte ve yapıda meydana gelen sonuçlar gözlemlenebilmektedir. Literatürde sarsma tablası kullanılarak, laboratuvar ortamında oluşturulmuş üç açıklıklı köprü modeline dereceli olarak hasarlar verilmiş, sarsma sonucu hasarlı yapıdan elde edilen ivme

değerlerinin fiziksel ve kavramsal açıdan anlamlı olduğu görülmüştür (Catbas ve ark., 2008). Başka bir çalışmada ise, laboratuvar ortamında hasar almamış üç katlı çelik yapı modelin doğal frekansı ve mod şekli belirlenmişlerdir. Daha sonra çelik modelin bazı kolonlarına hasar verilerek, hasarlı yapının dinamik karakteristikleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, hasarlı ve hasarsız köprü modellerin dinamik karakteristikleri arasındaki fark incelenmişlerdir (Durgun ve ark., 2013). Sarsma tablası kullanarak tek katlı iki açıklıklı betonarme yapıya uygulanan sismik hareketin, yapıda oluşturduğu dinamik davranış belirlenmiştir (Bayhan ve ark., 2013). Yine başka bir çalışmada, sarsma tablası üzerinde bulunan model yapının kat rijitliklerinde değişiklik yapılmış, yapılan değişikliğin yapının dinamik davranışına olan etkisi incelenmiştir (Özçelik ve ark., 2013). Literatürde deneysel olarak yapılan çalışmada, farklı periyotlara sahip yapıların, sarsma tablası yardımıyla zorlanması sonucu elemanlarda oluşan yük-deplasman değerleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca deneysel çalışma yapılırken, görüntü işleme tekniği yardımıyla, yapı modelinin ve sarsma tablasının yerdeğiştirme değerleri ölçülmüştür. Deneysel çalışma sonucunda elde edilen deneysel değerler ile teorik değerler karşılaştırılmıştır (Türker ve ark., 2011). Ayrıca literatürde akıllı telefonlar kullanılarak yapılan çalışmalarda yapı sağlığı takibi yapılmıştır. Yapılan çalışmada, çelik çerçeve sistemi oluşturulmuştur ve deneylerde mobil yapı sağlığı fizibilitesini doğrulamak adına kablo kuvvet testi ve mukayese testleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda sensörden alınan ivme değerleri ile akıllı telefonlardan alınan ivme değerleri örtüştüğü görülmüştür. Çalışmanın sonucunda, yapı sağlığı izleme sistemi olarak akıllı telefon kullanılabileceği görülmüştür (Yu ve ark., 2015). Ayrıca literatürde 'Ishake' programı kullanılan 30 akıllı telefon sarsma tablasına monte edilmiş, elde edilen ivme değerleri ile programın işlevselliği araştırılmıştır. Yaptıkları çalışma sonucunda, akıllı telefonlara yüklenen programlar yardımıyla ivme değerlerinin alınabileceği görülmüştür (Mari ve ark., 2011). Yapılan başka bir çalışmada ise deprem odağından 10 km ya da daha az uzaklıkta bulunan akıllı telefonlardan, büyüklüğü 5 ve üstü olan depremleri kayıt ettiği, edilen kayıtların içinde bulunan günlük hareket ya da gürültülerin deprem hareketlerinden ayırt edilebileceği görülmüştür (Kong ve ark., 2016).

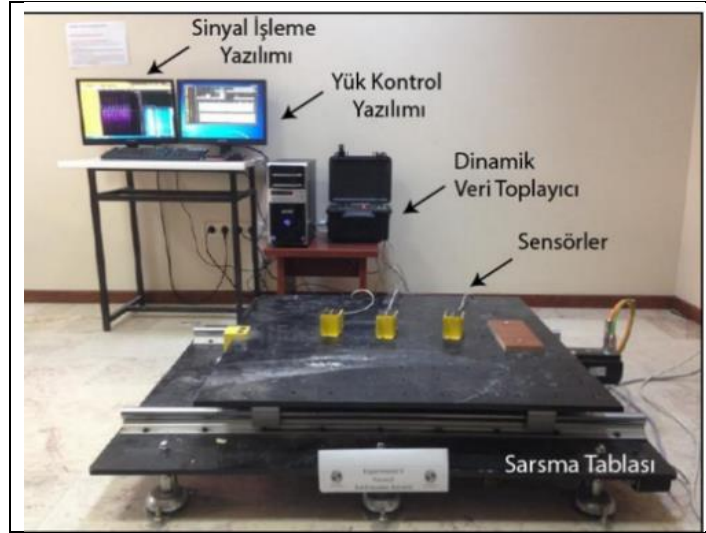
Bu çalışma sayesinde, mevcut yapılarda deprem sonrası ya da farklı yükleme sonucu oluşan yapısal değişikliklerin oluşturduğu dinamik karakteristikler, herhangi bir analiz programı kullanmadan sadece yapıya yerleştirilen ivme ölçerlerden elde edilen veriler yardımıyla, AR-ARMA tahmin metodunu kullanarak belirlenebilmektedir. Bu çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak, birçok alanda kullanılan AR ve ARMA matematiksel tahmin modeli, yapı dinamik karakteristiklerin belirlenmesinde kullanılmış ve deneysel olarak doğrulanmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada kullanılan sarsma tablası 1x1 m boyutunda, 125 kg'lık yük kapasitesine sahip olup Şekil 1'de gösterilmiştir. Sarsma tablası, toplam hareket boyu  $\pm 92.5$  mm, maksimum 2500 N yatay kuvvet kapasitesi, 2g maksimum ivme kapasitesi ve maksimum 500 mm/s doğrusal hıza sahip olacak şekilde tasarlanmıştır.

Deneyler Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği laboratuvarında bulunan 1x1m boyutundaki tek eksenli sarsma tablası-deprem simülasyon cihazında gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada yük kontrol yazılımı vasıtasıyla sarsma tablasına El-Centro, Loma-Prieta, Kobe, Sakarya deprem kayıtları zorlanmış titreşim olarak uygulanmıştır.





Şekil 1. Deney düzeneği.

Deney düzeneği sarsma tablası, sensörler ve dinamik veri toplayıcı cihazı ile verileri işleyen çevre birimlerinden oluşmaktadır. Bilgisayarda bulunan sinyal işleme yazılımı ile mevcut gerçek deprem kayıtları sarsma tablasına iletilmektedir. 250N servo-elektro motor kapasiteli sarsma tablası, tek eksenli olarak, gerçek deprem kayıtlarının yanı sıra sinüs, üçgen vb. tanımlı dalgaları simule edebilme özelliğine sahiptir. Servo motor ile hareketi sağlanan sarsma tablası maksimum  $\pm 2g$  ivme kapasitesine sahip deprem hareketleri yapıya üretebilmektedir. Deneyde kullanılan ivme ölçerler  $\pm 3g$  ölçüm kapasitesinde 0-400Hz frekans aralığına sahiptir.



Şekil 2. Sarsma tablasına yerleştirilmiş ivme ölçer ve akıllı telefon.

Deneyde kullanılan dört katlı çelik model yapı sarsma tablası üzerinde inşa edilmiştir. Kolonların toplam ağırlığı 3.76 kg döşemelerin toplam ağırlığı ise 40.76 kg olacak şekilde oluşturulmuştur. Kolon uzunlukları 1200mm, boyutu 50x2mm, döşeme 360x360mm boyutunda ve 10mm kalınlığındadır. Sarsma tablasının tabanına ve çelik model yapının en üst katına sensör ve akıllı telefon yerleştirilmiş, sensör ve akıllı telefonda Matlab programı için kullanılan girdi ve çıktı ivme verileri alınmıştır (Şekil 2).

### Sayısal Hesaplama Programı (Matlab)

Yapı, deprem veya farklı bir yükleme etkisine maruz kaldığında, yapıda oluşan hasar tespitinin kısa sürede yapılması oldukça zor olmaktadır. Yapıdan gerekli numunelerin gerekli şartlar altında

alınması, numunelerin mekanik özelliklerinin öğrenilmesi için deneylerinin yapılması, yapının hasarlarının tespiti için zaman ve maliyete neden olmaktadır. Ancak yapının dinamik özelliklerini veren yapı titreşimleri sayesinde çok kısa sürede ek maliyet ve zamana gerek duymadan kullanılan kayıt cihazları sayesinde yapı karakteristikleri belirlenebilmektedir. Kayıt cihazı olarak kullanılan sensör veya akıllı telefonda alınan titreşimler sayesinde yapıda oluşan hasar seviyesi tanımlanabilmektedir (Das ve ark., 2016).

Matlab programındaki Sistem Tanılama (System Identification Toolbox) araç kutusu, Simulink blokları yardımıyla ölçülen giriş-çıkış verisinden faydalanarak, dinamik sistemlerin matematiksel modellerini oluşturmak için yazılmış bir uygulamadır. Bu tür uygulamalar, yapıların herhangi bir yüke maruz kaldıktan sonra, yapının bu etkilere karşı oluşturduğu tepkileri tahmin etmemize yardımcı olmaktadır. Uygulamada sürekli-zaman, ayrık-zaman, süreç modellerini ve durum-uzay modellerini tanımlamak için zaman-alan ve frekans-alan giriş-çıkış verisini kullanılabilir. Ayrıca Matlab yazılımının içinde bulunan sistem tanılama, gizli çevrimiçi parametre tahmini için algoritmalar, maksimum olabilirlik, kestirme-hata minimizasyonu (PEM) ve alt-uzay sistemi tanımlama gibi teknikleri içermektedir. Ayrıca sistem tanılama araç kutusu, zaman serileri için veri modelleme tahmininin yapılmasını sağlamaktadır (Wittich ve ark., 2018).

Matlab içinde yazılmış ARX ve ARMAX tahmin modelinin oluşturduğu algoritmanın doğru sonuçlar verebilmesi için, girdi ve çıktı değerleri arasında uyum olması gerekmektedir. Uyum oranının yüksek çıkması, yapı için yazılmış algoritmanın sahip olduğu polinom derecesi ile doğrudan ilgilidir. Polinomun derecesi kullanıcı tarafından atılabilmekte ve artan polinom derecesi ile uyum oranında artış veya azalma oluşabilmektedir. Ancak Matlab kendi içinde girdi-çıkışlar arasında bulunan algoritmayı farklı testler ile kontrol etmekte ve sınır değerler koymaktadır. Dolayısı ile algoritmanın sahip olduğu polinom derecesini artırarak elde ettiğimiz denklemler sonsuz sayıda olmamaktadır. Elde edilen denklemin beyazlık ve bağımsızlık olarak isimlendirilen kontrol testlerini geçmesi aynı zamanda sınır değerler arasında kalması gerekmektedir.

Çalışmada, çelik model yapının dinamik karakteristiklerine, sensör veya akıllı telefonda elde edilen girdi verilerinin Matlab'da bulunan otoregresif ARX ve otoregresif hareketli ortalamalar ARMAX modeli kullanılarak elde edilmesi sağlanmıştır. Böylece, yüksek katlı binalar, su kulesi gibi özel yapılara, sensörler ya da akıllı telefonlar yerleştirilerek, yapının kullanım ömrü boyunca karşılaştığı yüklerin yapıda oluşturduğu etkiler tespit edilebilmektedir. Yapının, zamanla oluşan yüklenme etkisi altındaki davranışlarının incelenmesi, yapı sağlığı izlemesi olarak isimlendirilmektedir (Ulusoy ve ark., 2010). Özellikle son yıllarda bu tür çalışmalar literatürde çok fazla yer almaktadır. Doğal tehlikelere maruz yapıların sensör ya da akıllı telefon yardımı ile yapı bütünlüğünün değerlendirilmesi ya da hasar tespitlerinin yapılmasında kullanılabilir. Sensör ya da akıllı telefon kullanılarak elde edilen titreşim verileri sayesinde, hasar tespitinde bulunabilmektedir (Doebing ve ark., 1996, Fassois ve Sakellariou, 2007).

Deneyel çalışmada, sarsma tablasının üzerine yerleştirilen sensörden elde edilen ivme değerleri (girdi) ve model yapının üzerine yerleştirilen sensörden elde edilen ivme değerleri (çıkış) verisi olarak toplanmaktadır. Çalışmada girdi-çıkış değerlerini, sarsma tablasının tabanına ve model yapının en üst katına yerleştirilen sensör ve akıllı telefonda bulunan hassas algılayıcılar sayesinde ivme değerleri alınmaktadır.

Çalışmada sarsma tablasının tabanına ve model yapının en üst katına yerleştirilen sensör ve akıllı telefonda alınan girdi-çıkış ham verileri, Sismosignal programında bulunan FFT (Fast Fourier Transform) yardımı ile filtrelenerek incelenmiştir.

Matlab Sistem Tanılama içinde bulunan Otoregresif (ARX) ve otoregresif hareketli ortalamalar (ARMAX) modelleri, ayrık zamanlı modeller olarak ifade edilmektedir. Karmaşık sistemlerin analizinde ayrık zamanlı modeller sonlu boyutlu sistemleri oluşturmaktadır bu durum sonsuz boyutlu sistemlere pratik yaklaşım olanağı sunmaktadır. Bir model oluşturulurken, modal parametrelerin belirlenmesi basit özdeğer olarak ifade edilmektedir. Çalışmada özdeğer olarak ARX ve ARMAX model türü seçilmiştir. Yapının doğal karakteristiklerinin tanımlanmasında sensör sayısını azaltmak için ARX veya ARMAX algoritması üretilebilmektedir. ARX modelindeki AR(p) ifadesi p. dereceden otoregresif bir modeli tanımlamaktadır. AR(p) modeli Eşitlik 1'de gösterilmiştir. AR model yapısı, son çıktı değerinin bir önceki değere bağlı olduğu modeldir. Bu model en küçük kareler integrasyonunun çerçevesinde model üretmektedir.

$$X_t = c + \sum_{i=1}^p \theta_i X_{t-i} + \varepsilon_t \quad (1)$$

ARMA modelinde bulunan, MA(q) ifadesi, q. dereceden bir hareketli ortalamalar modelini Eşitlik 2'de gösterilmiştir.

$$X_t = \varepsilon_t + \sum_{i=1}^q \theta_i \varepsilon_{t-i} \quad (2)$$

$\theta_1, \dots, \theta_q$  modelin parametreleridir  $\varepsilon_t, \varepsilon_{t-1}, \dots$  modelin hata terimleri olmaktadır. Bundan anlaşılmaktadır ki "hareketli ortalamalar" modelinde belirli bir zaman noktasındaki bir zaman serisi değişkeninin değeri (yani t'de  $X_t$  değeri) q tane daha önceki her bir zaman noktasında yapılan hataların (yani her t zaman noktası için i gecikmeli  $\varepsilon_{t-i}$  hatasının ağırlıklı olarak bileştirilmesi ile açıklanmaktadır. AR ve MA'nın birleştirilmesi ile oluşturulan ARMA modeli, AR(p) ve MA(q) modellerinin bir birleşimidir ve Eşitlik 3'de gösterilmiştir.

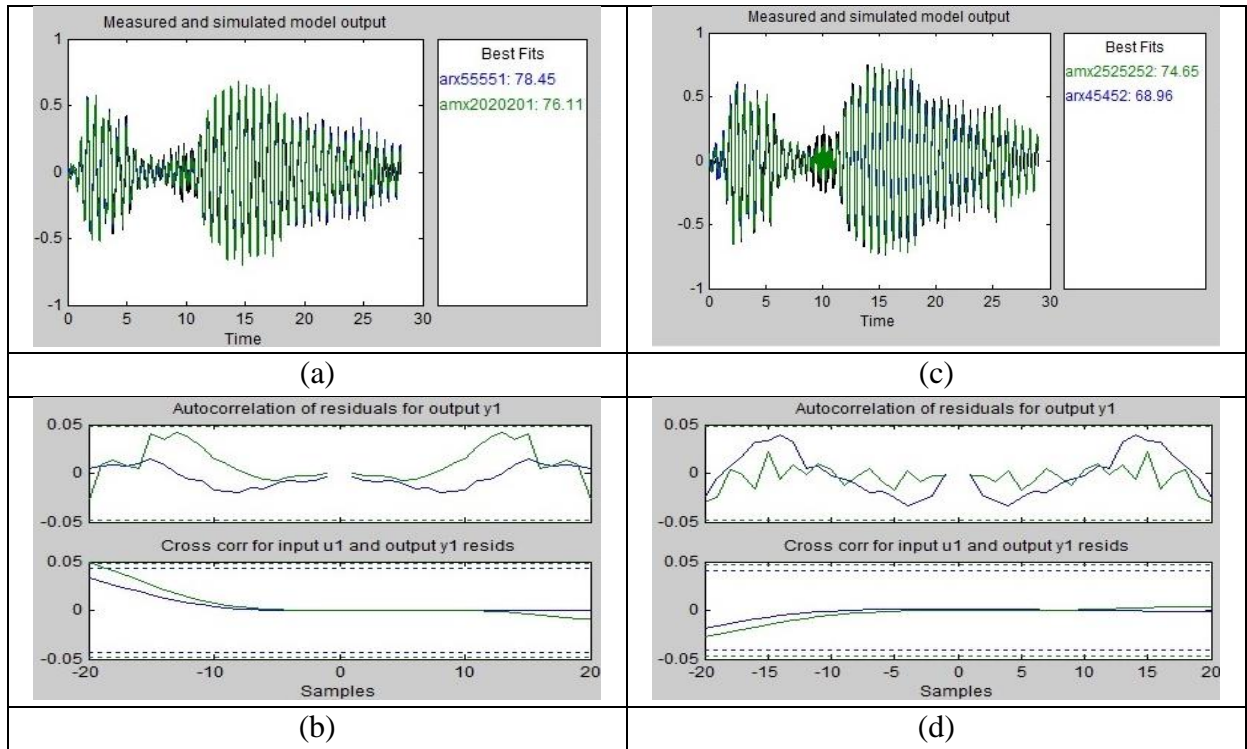
$$X_t = \varepsilon_t \sum_{i=1}^p \phi_i x_{t-i} + \sum_{i=1}^q \theta_i \varepsilon_{t-i} \quad (3)[14]$$

Çalışmada sarsma tablasına tanımlanan verilerin girdi-çıkıtı uyum oranları kontrol edilerek MATLAB programının Sistem Tanılama bölümünde bulunan ARX ve ARMAX modelleri yardımı yapı algoritması oluşturulmuştur. Matlab programına verilen girdi-çıkıtı değerleri, program içinde ARX ve ARMAX modelleri kurularak, tekrar oluşturulmaktadır.

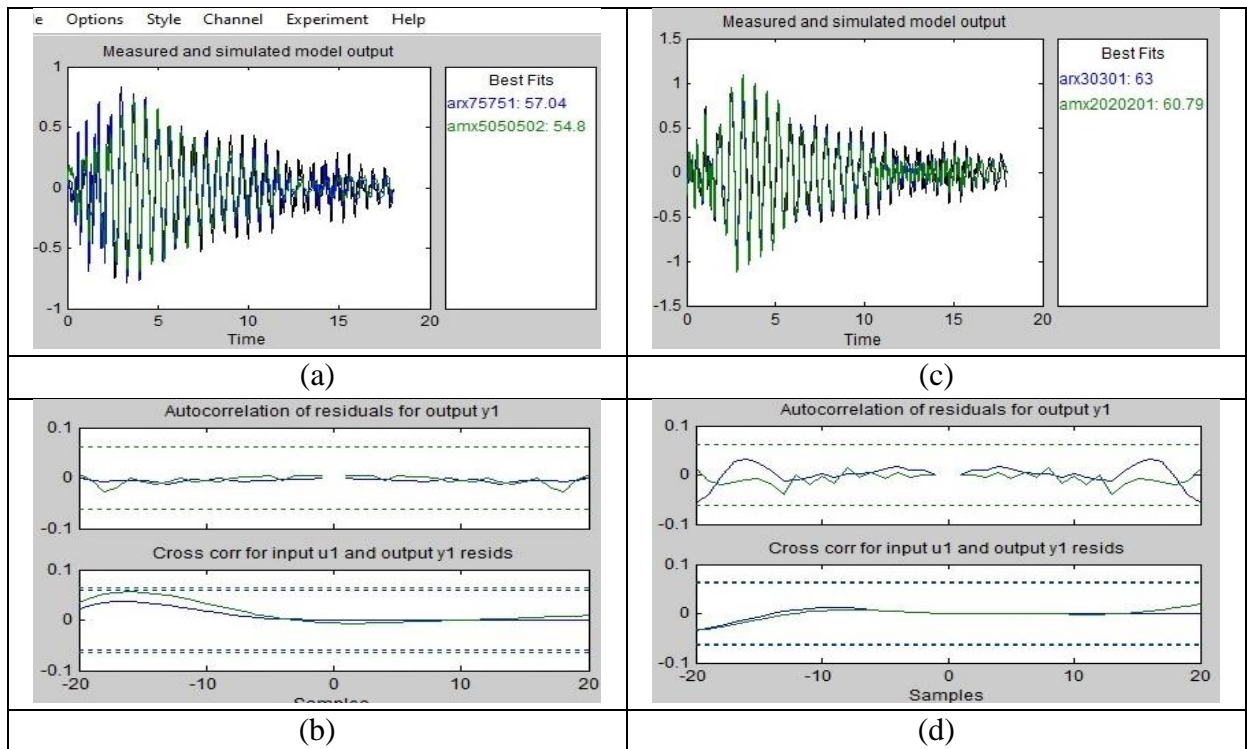
Kurulan matematiksel modelde bulunan polinom katsayıları(n) artırılarak, modelin maksimum uyum oranlarının elde edilmesine çalışılmıştır. Oluşturulan polinomdaki katsayısının(n) artması uyum oranını artırmaktadır. Ancak polinom katsayısının artması tek başına değerlendirilememekte girdi-çıkıtı değerleri arasında oluşan kalıntı değerlerinin oluşturduğu beyazlık ve bağımsızlık testinin belirlenen sınırlar içinde kalmasını gerektirmektedir.

Çalışmada, deneyi yapılan tek açıklıklı dört katlı çelik model binada sensör, akıllı telefon kullanarak alınan zorlanmış titreşim verilerin, ARX ve ARMAX tahmin modeli kullanılarak uyum oranları belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmadan net bir sonuç elde etmek için daha önceki çalışmalarda sık olarak kullanılan, dört ayrı deprem kaydı kullanılmıştır. Her deprem kaydı için ayrı ayrı, beyazlık ve bağımsızlık testlerini geçen polinom derecesi belirlenmiştir. Belirlenen polinom derecesine göre uyum oranları kontrol edilmiştir. El-Centro depreminin uyum oranı, beyazlık ve bağımsızlık testi değerleri

sensor ve akıllı telefon için Şekil 3'de verilmiştir. Loma Prieta depreminin uyum oranı, beyazlık, bağımsızlık testi değerleri sensör ve akıllı telefon için Şekil 4'de verilmiştir.

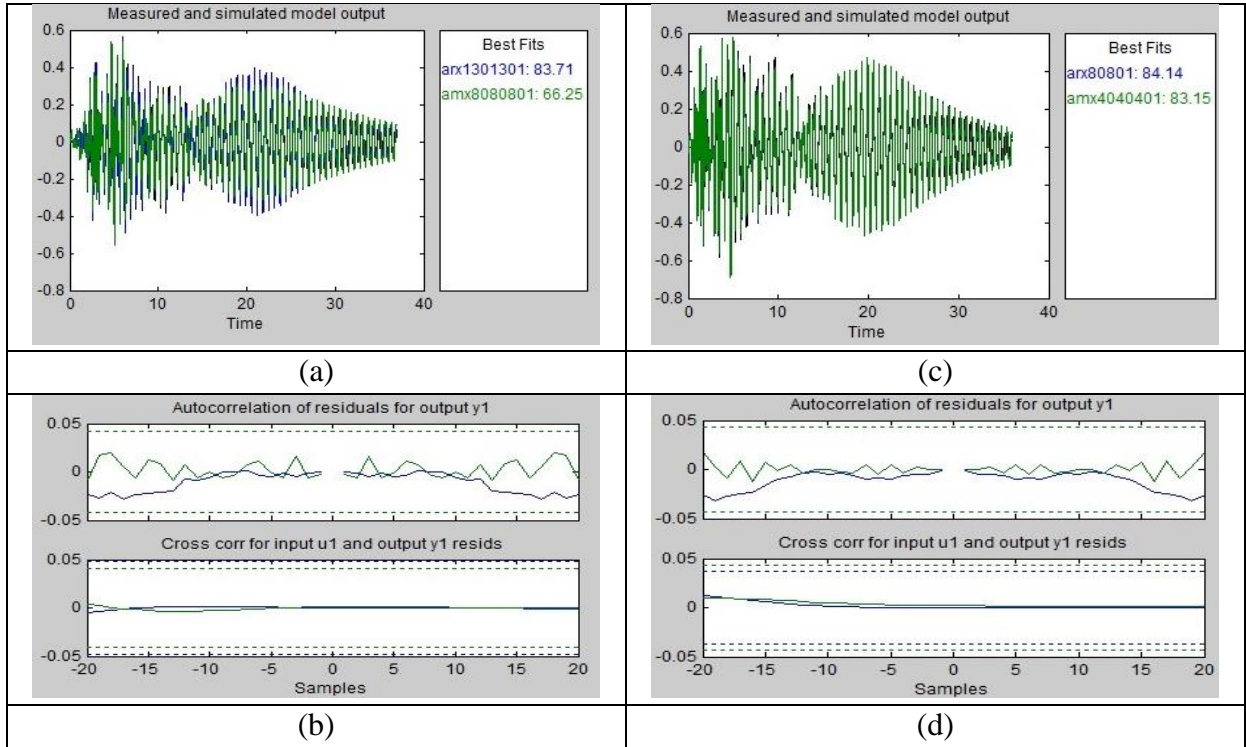


Şekil 3. El Centro depremi sensör girdi-çıkışı senkronizasyonu (a) ve uyum oranı (b), akıllı telefon girdi-çıkışı senkronizasyonu (c) ve uyum oranı (d).

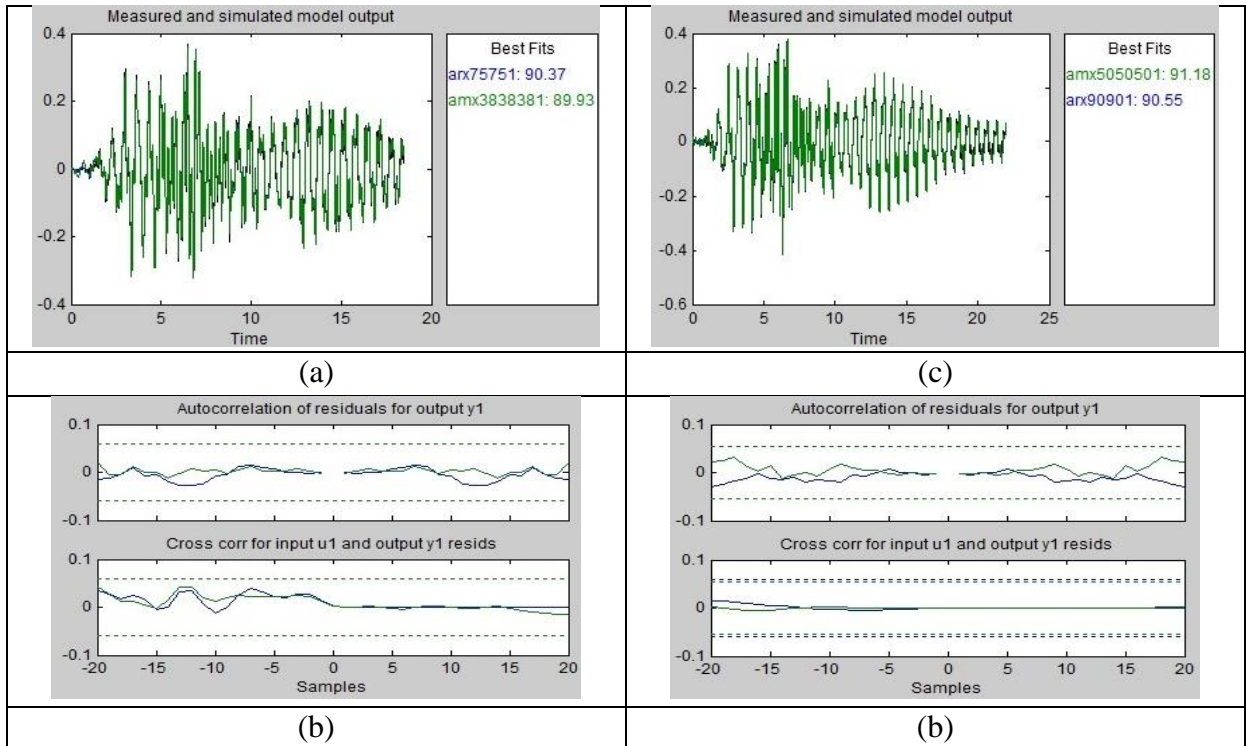


Şekil 4. Loma Prieta depremi sensör girdi-çıkışı senkronizasyonu (a) ve uyum oranı (b), akıllı telefon girdi-çıkışı senkronizasyonu (c) ve uyum oranı (d).





Şekil 5. Kobe depremi sensör girdi-çıkı senkronizasyonu (a) ve uyum oranı (b), akıllı telefon girdi-çıkı senkronizasyonu (c) ve uyum oranı (d).

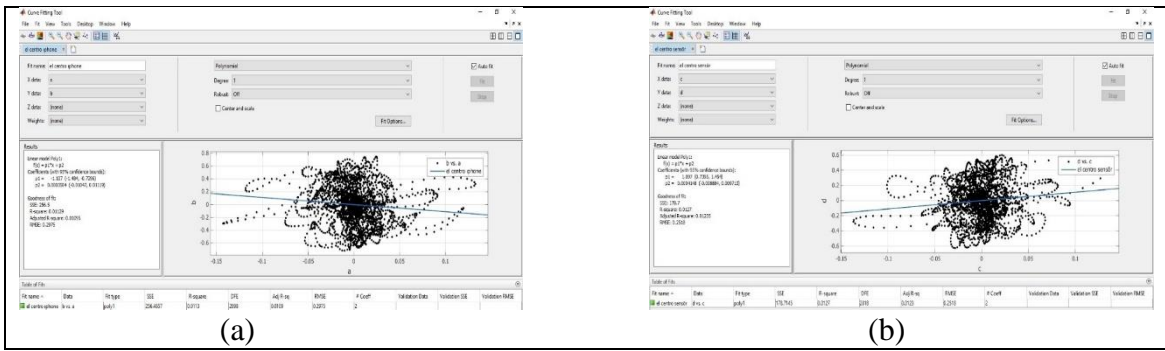


Şekil 6. Sakarya depremi sensör girdi-çıkı senkronizasyonu (a) ve uyum oranı (b), akıllı telefon girdi-çıkı senkronizasyonu (c) ve uyum oranı (d).

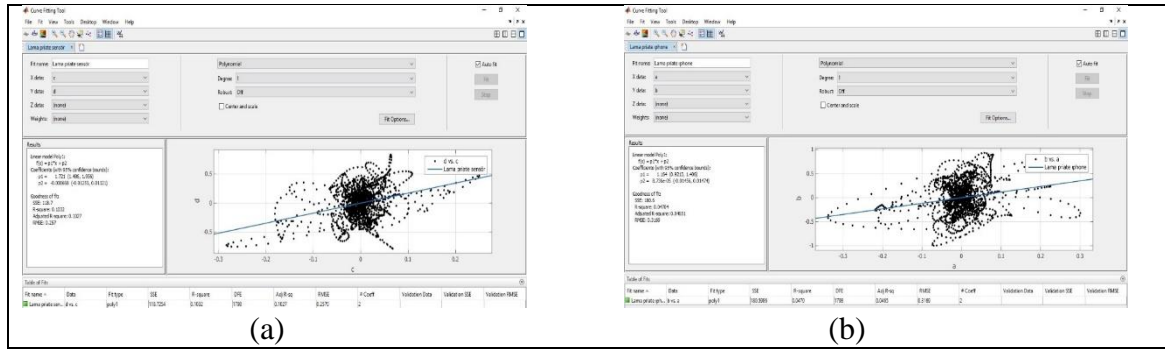
Kobe depreminin uyum oranı, beyazlık ve bağımsızlık testi değerleri sensör ve akıllı telefon için Şekil 5’de verilmiştir. Sakarya depreminin uyum oranı, beyazlık, bağımsızlık testi değerleri sensör ve akıllı telefon için Şekil 6’da verilmiştir.



Matlab programı çıktı verilerini oluştururken, matematiksel tahmin ve öngörü kullanmaktadır. ARX ve ARMAX modelleri, kendi öngördüğü ya da tahmin ettiği veri ile deney verisi arasındaki farkı kendi içinde kalıntı olarak ifade etmektedir. Kalıntı değerlerinin çok büyük değerler olmaması gerekmektedir ve bu kalıntı değerleri uyumsuzluk olarak ifade edilmektedir. Ayrıca Matlab girdi-kalıntı arasındaki çapraz korelasyon olup olmadığını kontrol edilerek, sonuçların güvenli bölgede kalıp kalmadığı, beyazlık ve bağımsızlık testlerini geçip geçmediği kontrol edilmiştir. Beyazlık testi; girdi-kalıntı ilişkisinin olmadığını, öngörünün belli bir güven aralığında kaldığını göstermektedir. Bağımsızlık testi ise; girdi-çıkıtlı verilerinin kalıntı ile bağlantısı olup olmadığını kontrol etmektedir. Şekil 5 ve Şekil 6'de oluşturulan modellerde grafiğin kesikli çizgilerle gösterilen alan içinde kalması; girdi-kalıntı arasında korelasyon olmadığını göstermektedir. Bu durum çalışmada Matlab programının algoritmasının içinde bulunan polinom derecesinin doğruluğunu göstermektedir.

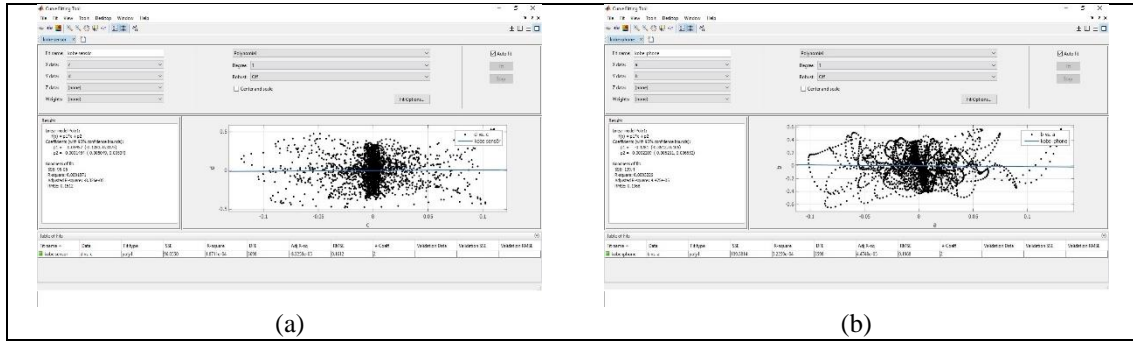


Şekil 7. El-Centro depremi sensör curve fitting grafiği (a), akıllı telefon curve fitting grafiği (b).

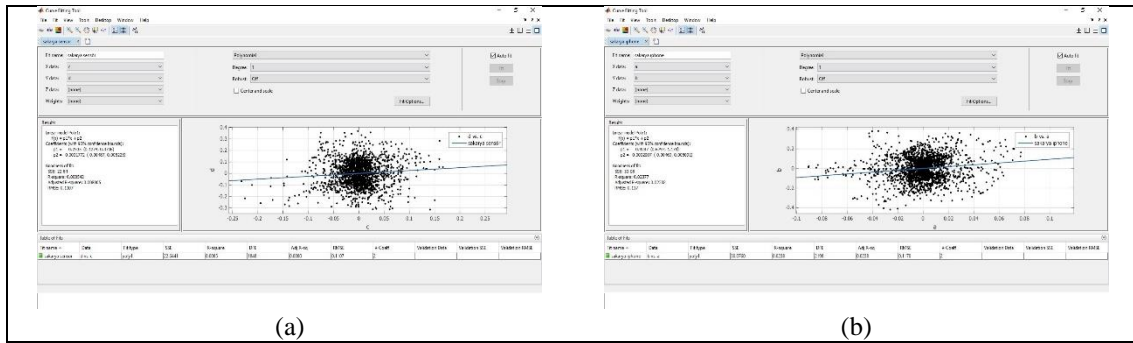


Şekil 8. Loma Prieta depremi sensör curve fitting grafiği (a), akıllı telefon curve fitting grafiği (b).

Eğri uydurma (Curve fitting) polinom derecesinin kontrol edildiği ve uygun eğrinin oluşturulduğu bölümdür. Eğri uydurma, verilere tam ya da yaklaşık olarak uyan fonksiyonlara uygulanan düzleştirme işlemidir. Eğri uydurma kontrolünde çizilen referans düzleminin üstünde ve altında kalan veri yoğunluğunun yaklaşık olarak homojen dağılması gerekmektedir. Şekil 7, Şekil 8, Şekil 9 ve Şekil 10 incelendiğinde referans düzleminin üstünde ve altında bulunan verilerin yaklaşık eşit ve homojen dağıldığını görülmektedir. Bu durum Matlab içinde bulunan ARX ve ARMAX matematiksel modelin oluşturduğu algoritmada bulunan polinomun derecesinin, curve fitting eğrisi tarafından kontrol edilip uygun olduğunu göstermektedir.



Şekil 9. Kobe depremi sensör curve fitting grafiği (a), akıllı telefon curve fitting grafiği (b).

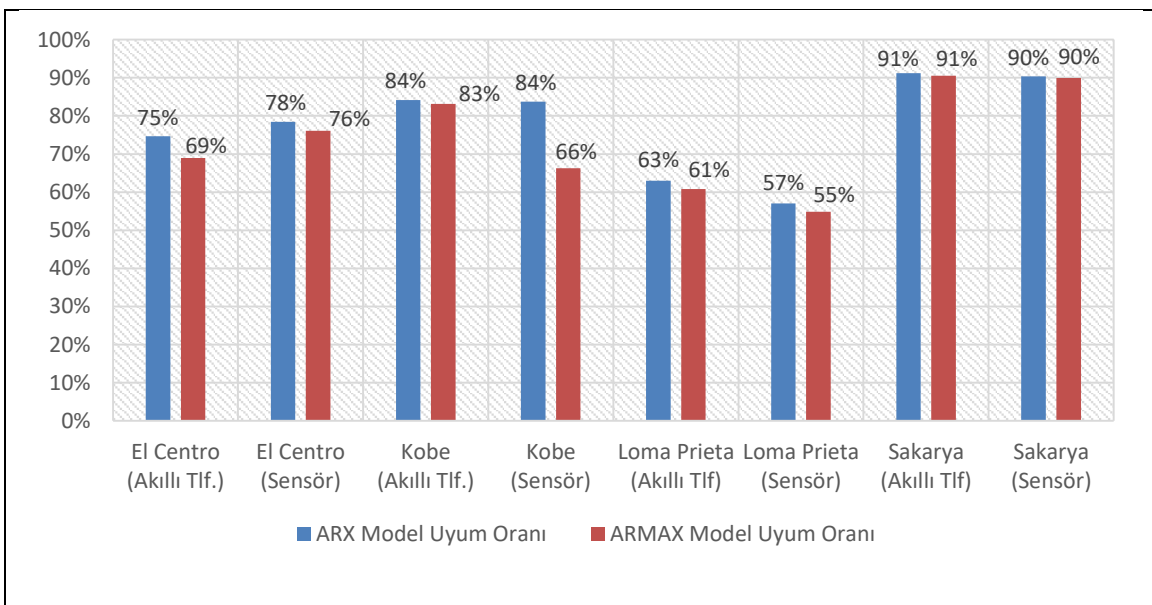


Şekil 10. Sakarya depremi sensör curve fitting grafiği (a), akıllı telefon curve fitting grafiği (b).

Girdi-çıkı arasında yazılan algoritmanın polinom derecesine beyazlık, bağımsızlık ve curve fitting testlerini geçtikten sonra karar verilmiştir. Karar verilen polinom derecesi ile elde edilmiş algoritmanın oluşturduğu uyum oranı, deney sonuçlarında elde edilen girdi-çıkı arasındaki uyum oranları ile karşılaştırılmıştır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Yukarıdaki sonuçlar incelendiğinde, akıllı telefon ve sensörden alınan ivme değerlerinin Matlab ortamında işlenmesi ile elde edilen uyum oranları, bağımsızlık, beyazlık, curve fitting grafikleri verilmiştir. Çalışmada model uyum oranları Şekil 11’de verilmiştir.



Şekil 11. Model uyum oranları.

El-Centro depremi uygulanarak sensörden elde edilen uyum oranları ARMAX ve ARX'de sırası ile 78 ve 76 olarak bulunmuştur. Ayrıca polinom katsayıları ARMAX için 20,20,20,1; ARX için ise 55,55,1 olarak çözülmüş, beyazlık ve bağımsızlık testleri sınır değerler arasında kalmıştır. Yine El-Centro depreminin akıllı telefonda elde edilen uyum oranları ARMAX ve ARX'de sırası ile 75 ve 69 olarak bulunmuştur. Ayrıca polinom katsayıları ARMAX için 25,25,25,2; ARX için ise 45,45,2 olarak çözülmüş, beyazlık ve bağımsızlık testleri sınır değerler arasında kalmıştır. Sonuç olarak, akıllı telefon ile sensörden alınan veriler farklı tahmin yöntemleri ile karşılaştırıldığında, ARX'de akıllı telefon verilerinin sensöre göre % 4 daha uyumlu olduğu, ARMAX'da ise akıllı telefon verilerinin sensöre göre % 10 daha uyumlu olduğu görülmüştür. Ayrıca Curve fitting eğrilerinde de iki farklı deprem uygulanarak sensör ve akıllı telefonda alınan hata oranları karşılaştırıldığında, referans çizgisinin altında ve üstünde kalan dağılımın eşit olduğu görülmüştür.

Loma-Prieta depremi uygulanarak sensörden elde edilen uyum oranları ARMAX ve ARX'de sırası ile 55 ve 57 olarak bulunmuştur. Ayrıca polinom katsayıları ARMAX için 50,50,50,2; ARX için ise 75,75,1 olarak çözülmüş, beyazlık ve bağımsızlık testleri sınır değerler arasında kalmıştır. Yine Loma-Prieta depreminin akıllı telefonda elde edilen uyum oranları ARMAX ve ARX'de sırası ile 61 ve 63 olarak bulunmuştur. Ayrıca polinom katsayısı ARMAX için 20,20,20,1; ARX için ise 30,30,1 olarak çözülmüş, beyazlık ve bağımsızlık testleri sınır değerler arasında kalmıştır. Sonuç olarak, akıllı telefon ile sensörden alınan veriler farklı tahmin yöntemleri ile karşılaştırıldığında, ARX'de akıllı telefon verilerinin sensöre göre % 10 daha uyumlu olduğu, ARMAX'da ise akıllı telefon verilerinin sensöre göre % 10 daha uyumlu olduğu görülmüştür. Ayrıca Curve fitting eğrilerinde de iki farklı deprem uygulanarak sensör ve akıllı telefonda alınan hata oranları karşılaştırıldığında, referans çizgisinin altında ve üstünde kalan dağılımın eşit olduğu görülmüştür.

Kobe depremi uygulanarak sensörden elde edilen uyum oranları ARMAX ve ARX'de sırası ile 66 ve 84 olarak bulunmuştur. Ayrıca polinom katsayısı ARMAX için 80,80,80,1; ARX için ise 130,130,1 olarak çözülmüş, beyazlık ve bağımsızlık testleri sınır değerler arasında kalmıştır. Yine Kobe depreminin akıllı telefonda elde edilen uyum oranları ARMAX ve ARX'de sırası ile 83 ve 84 olarak bulunmuştur. Ayrıca polinom katsayısı ARMAX için 40,40,40,1; ARX için ise 80,80,1 olarak çözülmüş, beyazlık ve bağımsızlık testleri sınır değerler arasında kalmıştır. Sonuç olarak, akıllı telefon ile sensörden alınan veriler farklı tahmin yöntemleri ile karşılaştırıldığında, ARX'de akıllı telefon verilerinin sensör verilerinin aynı olduğu, ARMAX'da ise akıllı telefon verilerinin sensöre göre % 25 daha uyumlu olduğu görülmüştür. Ayrıca Curve fitting eğrilerinde de iki farklı deprem uygulanarak sensör ve akıllı telefonda alınan hata oranları karşılaştırıldığında, referans çizgisinin altında ve üstünde kalan dağılımın eşit olduğu görülmüştür. Ayrıca Kobe depreminin sensör ivme kayıtları kullanılarak oluşturulan, ARMAX tahmin modelinin ARX modeline göre % 27 daha uyumlu sonuç verdiği gözlemlenmiştir.

Sakarya depremi uygulanarak sensörden elde edilen uyum oranları ARMAX ve ARX'de sırası ile 90 ve 90 olarak bulunmuştur. Ayrıca polinom katsayısı ARMAX için 38,38,38,1 ; ARX için ise 75,75,1 olarak çözülmüş, beyazlık ve bağımsızlık testleri sınır değerler arasında kalmıştır. Yine Sakarya depreminin akıllı telefonda elde edilen uyum oranları ARMAX ve ARX'de sırası ile 91 ve 91 olarak bulunmuştur. Ayrıca polinom katsayısı ARMAX için 90,90,90,1 ; ARX için ise 50,50,1 olarak çözülmüş, beyazlık ve bağımsızlık testleri sınır değerler arasında kalmıştır. Sonuç olarak, akıllı telefon ile sensörden alınan veriler farklı tahmin yöntemleri ile karşılaştırıldığında, ARX'de akıllı telefon verilerinin sensöre göre % 1 daha uyumlu olduğu, ARMAX'da ise akıllı telefon verilerinin sensöre göre % 1 daha uyumlu olduğu görülmüştür. Ayrıca Curve fitting eğrilerinde de iki farklı deprem uygulanarak

sensör ve akıllı telefonda alınan hata oranları karşılaştırıldığında, referans çizgisinin altında ve üstünde kalan dağılımın eşit olduğu görülmüştür.

## SONUÇ

Matlab ortamında bulunan tahmin metotlarının yapı kimliği tanımlanmasında doğru sonuç vermesi, hızlı ve kolay hesaplanabilmesinden dolayı, mühendislik çalışmalarında tercih edilmektedir. Çalışmada deneysel olarak elde edilen girdi-çıkı verileri arasındaki uyumluluk oranları, Matlab programındaki otoregresif ARX ve otoregresif hareketli ortalamalar ARMAX modelinde bulunan tahmin-öngörü ile üretilen girdi-çıkı arasındaki uyumluluk oranları karşılaştırılmıştır. Çalışmada 4 farklı deprem, 2 farklı kayıt cihazı kullanılarak ivme verileri elde edilmiştir. 8 farklı durum incelendiğinde akıllı telefonda elde edilen kayıt verilerinin, sensörden elde edilen kayıt verilerinden daha uyumlu sonuç verdiği görülmüştür. Sensör ve akıllı telefon kayıtları karşılaştırıldığında en büyük farkın Kobe depreminin ARMAX tahmin modelinde olduğu ve akıllı telefonun sensörden %25 daha uyumlu sonuç verdiği görülmüştür. Matlab içinde bulunan matematiksel tahmin modeli olan ARMAX ve ARX, 8 deney çalışması ile karşılaştırıldığı her iki yöntemin, deneysel çalışma verileri ile uyumlu olduğu görülmüştür. Matematiksel tahmin modelleri karşılaştırıldığında ise, en büyük farkın Kobe depreminin sensör ivme kayıtları kullanılarak oluşturulan, ARMAX tahmin modelinin ARX modeline göre % 27 daha uyumlu sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Ayrıca diğer deprem kayıtlarının hepsinde ARX tahmin modelinin hem sensör hem akıllı telefonda ARMAX'ya göre daha uyumlu sonuç vermektedir. Çalışmanın sonunda ARMAX, ARX, akıllı telefon ve sensör değerlendirildiğinde, akıllı telefonda alınan ivme verileri kullanılarak Matlab tarafından üretilen ARX tahmin modelinin oluşturduğu algoritmanın kullanılabileceği görülmüştür.

Ayrıca bu çalışma yapı sağlığı izlemede kullanılan kayıt cihazların tercihinde önemli olmaktadır. Yüksek maliyete ve ölçümleme ücretine sahip sensörler yerine, daha ucuz ve ölçümleme ücreti çok düşük olan akıllı telefonun, yapının dinamik karakteristiklerinin belirlenmesinde sensörlerden daha doğru sonuç verdiği gösterilmiştir.

## KAYNAKLAR

- Bayhan B, Özdemir G, 2013. Betonarme Binaların Sismik Tepkisinin Tahmininde Ne Ölçüde Başarılıyız. Sarsma Tablası Simülasyonları. 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 25-27 Eylül 2013, Hatay.
- Beyen K, 2007. 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depreminde Hasar Alan Fatih Camiinin Dinamik Karakteristiklerinin Tanımlanması. Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim 2007, Ankara.
- Catbas FN, Gul, M, & Burkett, JL, 2008. Conceptual Damage-Sensitive Features For Structural Health Monitoring: Laboratory And Field Demonstrations. Mechanical Systems and Signal Processing, 22-(7): 1650-1669.
- Das S, Saha P, & Patro SK, 2016. Vibration-Based Damage Detection Techniques Used For Health Monitoring Of Structures: A Review. Journal of Civil Structural Health Monitoring, 6(3): 477-507.
- Doebing SW, Farrar, CR, Prime, MB, Shevitz, DW, 1996. Damage Identification and Health Monitoring of Structural and Mechanical Systems from Changes in Their Vibration Characteristics: A Literature Review. Los Alamos National Laboratory: Los Alamos, NM, USA.
- Durgun GY, Aktaş M ve Kutanis M, 2013. Sarsma Tablasına Yerleştirilmiş 3 Katlı Hasarlı Ve Hasarsız 3 Katlı Çelik Yapı Modelinin Dinamik Karakteristiklerinin Belirlenmesi. 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 25-27 Eylül 2013, Hatay.
- Fassois SD, Sakellariou JS, 2007. Time-Series Methods For Fault Detection And Identification In Vibration Structures. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 365(1851), 411-448.
- Kong Q, Allen R M, Schreier L, Kwon YW, 2016. Myshake: A Smartphone Seismic Network For Earthquake Early Warning And Beyond. Science Advances, 2(2):1501055.

- Mahdavi M, 2014. Arı-ı Sarsma Masası Performans Değerlendirmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi .
- Mari E, Shideh D, Jack R, Jonathan DB, Alexandre B and Steven G, 2011. Ishake: Mobile Phones As Seismic Sensors – User Study Findings. Proceedings of the 10th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia, December 2011, USA.
- Özçelik Ö, Mısır İS ve Yücel U, 2013. Model Bir Yapının Hasar Tanımlaması Ve Model-Sarsıcı Etkileşiminin Azaltılması İçin Kullanılan Offline İterasyon Tekniği. 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 25-27 Eylül 2013, Hatay.
- Türker H, Mertayak C, Çolak H, 2011. Periyot Hesaplanmasında P-Δ Etkisi: Sarsma Tablası Deneyi. 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 11-14 Ekim 2011, Ankara.
- Ulusoy HS, Feng MQ, Fanning PJ, 2011. System İdentification Of A Building From Multiple Seismic Records. Earthquake Engineering & Structural Dynamics, 40(6): 661-674.
- Yılmaz İ, Akdeniz H, 2000. Van Koşullarında Bazı Silaj Sorgum Çeşitlerinde Farklı Ekim Sıklıklarının Verim Üzerine Etkileri. Uluslararası Hayvan Besleme Kongresi, 4–6 Eylül 2000, Isparta.
- Yu Yan, et al, 2015. Initial Validation Of Mobile-Structural Health Monitoring Method Using Smartphones. International Journal of Distributed Sensor Networks 11(2): 274391.
- Wittich CE, Wang X, Hutchinson TC, 2018. Uav-Based Motion Tracking Of A Full-Scale 6-Story Building During Earthquake Shaking. Eleventh U.S. National Conference on Earthquake Engineering, June 25-29 2018, Los Angeles, California.



## Konteyner Terminallerinde Ağır Vasıta Park Sahası Kapasitesinin Simülasyon Yöntemi ile Optimizasyonu

Mehmet Sinan YILDIRIM<sup>1</sup>, Metin Mutlu AYDIN<sup>2\*</sup>, Ümit GÖKKUŞ<sup>3</sup>

**ÖZET:** Konteyner terminalleri konteyner yüklerinin dağıtıldığı, toplandığı, ulaştırma türünün değiştirildiği yerlerdir ve ülkelerin dış ticaret performansı için önemli birer ulaştırma yapılarıdır. Günümüzde konteyner birim yükünün ve türler arası ulaştırma olanaklarının gelişmesi farklı ulaştırma türlerinin kombine bir şekilde kullanılabilmesinin önünü açmıştır. Bu durum kombine yük taşımacılığında avantaj sağlayan demiryolu taşımacılığının önemini giderek daha da arttırmıştır. Bu gelişmelere rağmen bazı ülkelerde demiryolu taşımacılığı yerine karayolu taşımacılığının halen etkin bir şekilde kullanıldığı görülmektedir. Diğer ulaştırma türleri ile karşılaştırıldığında konteyner terminallerinde karayolu taşımacılığı, bağlantılı karayolu altyapısında trafik sıkışıklığı, gürültü kirliliği, hava kirliliği vb. trafik ve çevre sorunlarına yol açmaktadır. Bu problem özellikle limanların çevresinde ağır vasıtaların park etme arayışları ve konteyner terminallerinde yük almak ya da boşaltmak için kuyruğa girmesiyle ciddi trafik ve çevresel problemlere neden olabilmektedir. Bu çalışmada belirtilen bu problemlerin çözümünde katkı sağlayabilmek amacıyla tipik bir konteyner terminali için ağır vasıta park sahası tasarımı gerçekleştirilmiştir. Saha kapasitesi için öncül bir kapasite optimizasyon çalışması, simülasyon modeli desteği ile yapılmıştır. Park saha kapasitesinin belirlenmesi için bir maliyet optimizasyonu yöntemi geliştirilerek, simülasyon model çıktıları ile kapasite optimizasyonu hedeflenmiştir. Çalışma sonucunda simülasyon optimizasyon yöntemi ile ağır vasıtaların yol ağlarında ve limanlarda beklemelerini önleyebilmek amacıyla optimum park sahası kapasitesinin belirlenebildiği ortaya konmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Konteyner, terminal, park alanı, ağır vasıta, optimizasyon, maliyet.

## Optimization of the Parking Area Capacity for Heavy Vehicles at Container Terminals Using Simulation Optimization Approach

**ABSTRACT:** Container terminals are important infrastructures for trade performance of countries where containers are distributed, collected and change their transportation modes. Today, the development of the intermodal transportation and emerge of the marine containers has enabled the use of different transportation modes in a combined way. Therefore the importance of railway transportation, providing significant advantage for intermodal transportation, has gradually increased. Unfortunately, the road transport is still the leading transportation model in several countries. When compared with other modes of transport, road freight transportation cause severe traffic congestion problems and contributes to the environmental problems such as noise and air pollution. This problem is especially vigorous due to the truck parking and pooling phenomena around the container terminals and terminal gates. In this study, a typical capacity optimization study was conducted for a heavy vehicle parking area within a container terminal using a simulation model. A cost optimization procedure was proposed for determination of the optimum parking area capacity by utilizing the simulation model output. In the study, it was revealed that the optimum heavy vehicle parking area capacity can be determined by simulation optimization method coupled with a cost model.

**Keywords:** Container, terminal, parking area, heavy vehicle, optimization, cost.

<sup>1</sup> Mehmet Sinan YILDIRIM (Orcid ID: 0000-0001-5347-2456), <sup>3</sup>Ümit GÖKKUŞ (Orcid ID: 0000-0002-2422-6392), Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Manisa, Türkiye

<sup>2</sup> Metin Mutlu AYDIN (Orcid ID: 0000-0001-9470-716X), Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Metin Mutlu AYDIN, e-mail: metinmutluaydin@gmail.com

Geliş tarihi / Received: 19-11-2019

Kabul tarihi / Accepted: 25-01-2020

## GİRİŞ

Konteyner terminalleri, rıhtımlar vasıtasıyla gemilerden konteynerlerin elleçlendiği ve barındırıldığı kıyı yapılarıdır. Günümüzde ise belirtilen bu işlevinden daha çok kombine taşımacılık ile ithal ve ihraç konteynerlerin hinterlanda dağıtıldığı veya hinterlandtan toplandığı önemli altyapı tesislerine evrilmişlerdir (Gökkuş ve ark. 2017; De Langen ve ark., 2012). Gelişen teknoloji ve ekonomik imkanlarla birlikte terminaller dünya ticareti için ülkelerin dış dünyaya açıldığı önemli lojistik kapıları olmaktadır. Son yıllarda dünya ticaret hacmi ve buna bağlı olarak limanlardaki yük elleçlemesi her yıl sürekli olarak artış göstermektedir (UNCTAD, 2015). Günümüzde limanlar, türler arası ulaştırma olanaklarının maksimum derecede kullanılabilirdiği konteyner birim yük tipine yüksek oranda geçiş sağlamışlardır. Konteyner yük tipine göre özelleşmiş konteyner terminalleri sayesinde yüklerin türler arası geçiş ve elleçleme süreleri önemli ölçüde azaltılarak limanları verimliliğinde ciddi bir artış sağlanabilmektedir (YPC, 2009).

Konteyner terminallerinin verimli bir şekilde işletilmesi ile liman operasyon maliyetleri azaltılarak terminalin diğer terminaller veya lojistik merkezler ile olan rekabetçiliği arttırabilmekte, azaltılan maliyetler sayesinde konteyner terminali, lojistik firmalar tarafından daha çok tercih edilebilmektedir (TEM, 2014). Konteyner terminallerinin tercih edilebilirliğini etkileyen bir diğer önemli etken ise terminallerin sahip olduğu ulaştırma olanakları ile bağlantılı olarak yüklerin zamanında ve güvenilir bir şekilde terminale ulaştırılabilmesidir. Örneğin lojistik süreçteki gecikmelerin mümkün olduğunca minimize edilerek konteyner yüklemek veya boşaltmak amacıyla terminale gelen ağır vasıtaların terminaldeki bekleme sürelerinin minimum terminalin tercih edilebilirliğini önemli ölçüde etkilemektedir.

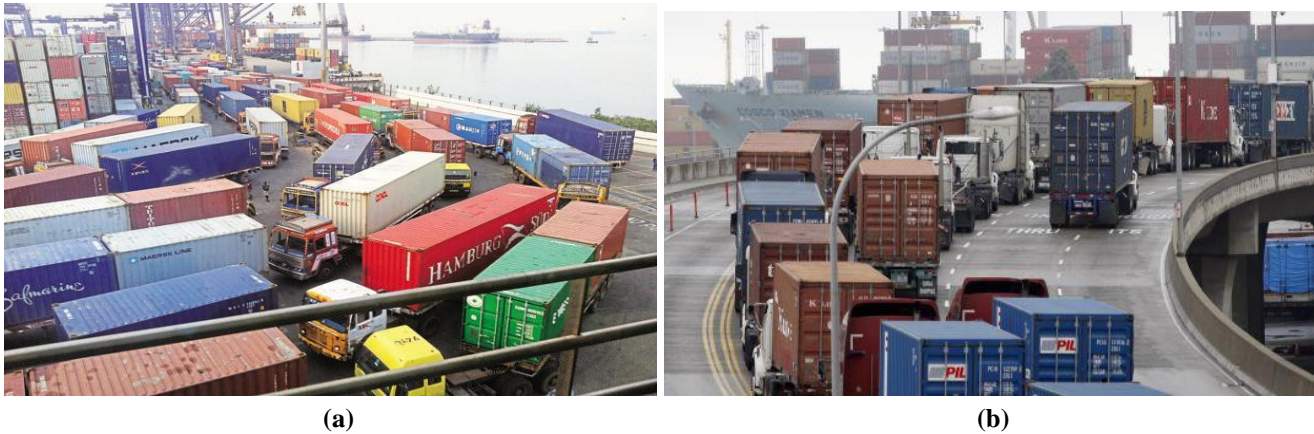
Bugün gelişmemiş ve gelişmekte olan birçok ülkedeki konteyner terminallerinde yükün dağıtılması ve toplanmasında aktif olarak kullanılan taşımacılık türlerinin başında ağır vasıtalarla yapılan karayolu taşımacılığı gelmektedir. Karayolu yük taşımacılığının yol açtığı en önemli problemlerden biri ise, ağır vasıtaların şehir merkezi ya da şehir merkezine yakın bölgelerde yer alan terminallere erişim sırasında şehir içi ya da şehirler arası yollarda oluşturdukları trafik sıkışıklığıdır. Özellikle park yeri sıkıntısı yaşanan bazı konteyner terminallerinde ağır vasıtalar yol kenarı, terminal giriş/çıkış kapıları, şehir içi ara sokaklar veya boş alanlara park ederek ya da park etmek için arayış içerisine girerek trafik sıkışıklığı ve park alanı problemlerine yol açmaktadır (Yıldırım ve ark., 2019). Bu çalışma kapsamında konteyner terminallerinde hizmet alan ağır vasıtaların oluşturduğu trafik sıkışıklığı probleminin çözümü için ağır vasıta park sahalarının etkin bir şekilde tasarımı önerilmiştir. Bu çözümün etkinliği, çalışmada simülasyon modeli ile sınanacaktır. Çalışma kapsamında tipik bir şehir içi liman için ağır vasıta park sahası tasarlanmıştır. Bu amaçla bir öncül kapasite optimizasyonu yöntemi geliştirilerek, kapasitenin tayini için simülasyon destekli bir optimizasyon modeli kullanılmıştır.

## LİTERATÜR TARAMASI

Türkiye’de ve Dünya’da konteyner terminallerinin yıllar içerisinde gerek altyapı gerekse donanım ve teknolojik olarak çağın gerisinde kaldığı durumlar sıklıkla gözlemlenebilmektedir. Terminallerin kapasitesinin arttırılmasının önündeki en büyük problemlerden birisi olan mevcut lojistik faaliyetler kaynaklı sıkışıklık ve konteyner yükleme/boşaltma gecikmeleri, liman işletmecilerini, kullanıcılarını ve sonuç olarak bulunduğu bölgenin ekonomisini olumsuz etkileyebilmektedir. Dolayısıyla, düşük işletim performansı ve uzun yükleme/boşaltma süreleri nedeniyle yaşanan gecikme ve kayıplar, yeni liman yatırımlarının farklı bölgelere kaymasına sebep olmaktadır (Awad-Núñez, 2016). Özellikle son yıllarda konteyner gemilerinin büyümesi ile artan liman ticaret hacmi limanlarda her geçen gün daha fazla ağır

vasıta giriş ve çıkışına yol açmaktadır (ESCAP, 2005). Konteyner gemilerini veya terminal giriş saatlerini bekleyen ağır vasıtalar, terminal kapısında ve çevre yollarda uzun ağır vasıta kuyruklarına sebep olmaktadır. Bu durum aynı güzergâhı kullanmakta olan diğer vasıta sürücüleri için ciddi bir trafik sıkışıklığı ve yol güvenliği problemine yol açabilmektedir (Lange ve ark., 2017). Belirtilen bu soruna ait örnek bir liman girişi ağır vasıta sıkışıklık problemi Şekil 1’de gösterilmiştir. Şekil 1’de gösterilen liman veya konteyner terminali girişindeki bekleyen ağır vasıtaların sebep olduğu kuyruklar nedeniyle, şehirlerde ağır vasıta kaynaklı hava kirliliği, trafik sıkışıklığı ve kazalar görülebilmektedir.

Son dönemde ülkemizde limanların geliştirilmesi ve elleçleme kapasitesinin artırılması için çeşitli proje ve çalışmalar ortaya konulsa da özellikle limanın şehir içinde bulunması ile karayolu ulaştırması kaynaklı trafik sıkışıklığı problemleri ve ağır vasıta park saha sıkıntısı sorunlarına sıklıkla rastlanmaktadır. Bu problemin çözüm önerilerinin başında demiryolu bağlantılı kombine taşımacılık gelmektedir. Maalesef ülkemizde karayolu taşımacılığının son derece gelişmiş olması sebebiyle birçok liman ve terminalde yük taşımacılığında ağır vasıtalar halen etkin ve yaygın şekilde kullanılmaktadır (Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2015). Şehir merkezi veya merkeze yakın bölgelerde yer alan limanlara ve terminallere ulaşım sağlayan ağır vasıtalar trafik sıkışıklığı, yol kenarı uygunsuz ve riskli parklanma, kazalar ve emisyon kaynaklı hava kirliliği gibi birçok probleme yol açabilmektedir. Bu sorun birçok araştırmacı ve karar vericiler tarafından sıklıkla dile getirilen ve çözüm aranan önemli sorunlar arasında gösterilmektedir. Terminallerdeki ağır vasıta bekleme sürelerini azaltmak için literatürde farklı yaklaşımlar geliştirilmiştir (Lange ve ark., 2017). Bu çalışmaların birçoğu konteyner terminallerine odaklanmış olup ağır vasıta gelişlerinin yoğunluğunu azaltmayı ve bir düzene sokmayı amaçlamaktadır. Bu amaçla çözüm üretebilme amacıyla liman girişlerinde farklı kuyruklar ve vasıta önceliklerinin uygulanması (Gracia ve ark., 2016), limanların geceleyin daha aktif olarak kullanımının teşvik edilmesi (Bentolila ve ark., 2016), liman girişine kameralar yerleştirilerek girişteki kuyruğa göre işletim performansının değiştirilmesi (Huynh ve ark., 2011), ağır vasıta gelişlerinin optimize edilerek kontrol edilmesi ve yönetilmesidir (Huynh ve Walton, 2011).



Şekil 1. Konteyner terminallerinde giriş ve çıkışta bekleyen ağır vasıta trafiğine ait örnek görsel (a) Chennai limanı (URL-1) ve Long Beach / Kaliforniya limanı (URL-2).

Literatürde optimizasyon ve simülasyon yaklaşımının limanlar ve ulaştırma sistemlerinin modellenmesi amacı ile kullanıldığı bir takım çalışmalar mevcuttur. Örneğin Los Angeles ve Long Beach limanlarında ağır vasıta randevu sistemleri geliştirilmiştir. Önerilen bu sistemler ile ağır vasıtalar limana bitişik yerde bulunan park sahasından yük alacağı ya da boşaltacağı saati belirterek randevu almakta ve yükleme/boşaltma saatine kadar kendisine tahsis edilen alanda beklemektedir (Giuliano ve

O'Brien, 2008). Sistemin ağır vasıta kullanıcıları ve işletmeciler açısından içerdiği sorunlar nedeniyle daha da geliştirilmesi amacıyla Dünya'nın birçok bölgesindeki farklı limanlarda yapılan çalışmalar etkin şekilde devam etmektedir (Davies ve Kieran, 2015; Huynh ve ark., 2016). Liman giriş ve çıkışlarındaki parklanma karmaşasını önlemek amacıyla simülasyon ile modelleme çalışmaları da yapılmıştır. Bu çalışmalar ile liman operasyonları modellenerek, işletme performansları simülasyon yöntemi ile daha etkin şekilde değerlendirilebilmektedir (Merkuryev ve ark., 1998). Böylece limanlar ve bunlara ait park sahaları simülasyon yaklaşımı kullanılarak kolaylıkla ve etkin olarak tasarlanabilmektedir (van Vianen ve ark., 2014; Merkurjevs, 2006). Ayrıca liman ile bağlantılı ve önemli problemlerden birisi olan rıhtım atama problemi (Hartmann ve ark., 2011; Adam, 2009) simülasyon modelleri ile de incelenebilmekte ve çözüm önerileri geliştirilebilmektedir. Liman kaynaklı problemlere etkin çözüm önerisi getirebilmek amacıyla özellikle mikro düzeyde simülasyon modelleri ile liman operasyonları kapsamlı bir şekilde modellenebilmektedir (Vo ve ark., 2016; Steenberghen ve ark., 2012).

Bu çalışmada literatürdeki çalışmalardan farklı olarak konteyner terminalleri için kavramsal bir ağır vasıta park sahası çözümü önerilmiştir. Önerilen bu çözüm ile ağır vasıtaların mevcut terminal operasyonunu aksatmadan ve terminal dışında parklanmayı en aza indirerek yükleme ve boşaltma yapması amaçlanmaktadır. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen optimizasyon çalışması ile farklı saha maliyet modelleri geliştirilmiş ve bu modeller kullanılarak ağır vasıta hizmet bekleme süreleri için optimum park sahası kapasiteleri belirlenmiştir. Çalışmada simülasyon destekli optimizasyon yönteminin ağır vasıta park sahalarının kapasite tasarımında kullanılabileceği ve kapasite tayini çalışmasında ağır vasıta varış dağılımı, park sahasında bekleme süresi, servis süresi ve park sahası geometrik tasarımının kapasite üzerindeki belirleyici parametreler olduğu ortaya konulmaya çalışılmıştır. Güncel literatür değerlendirildiğinde bu çalışmanın mevcut literatüre katkısı ve getirdiği yenilikler aşağıdaki gibi özetlenebilir:

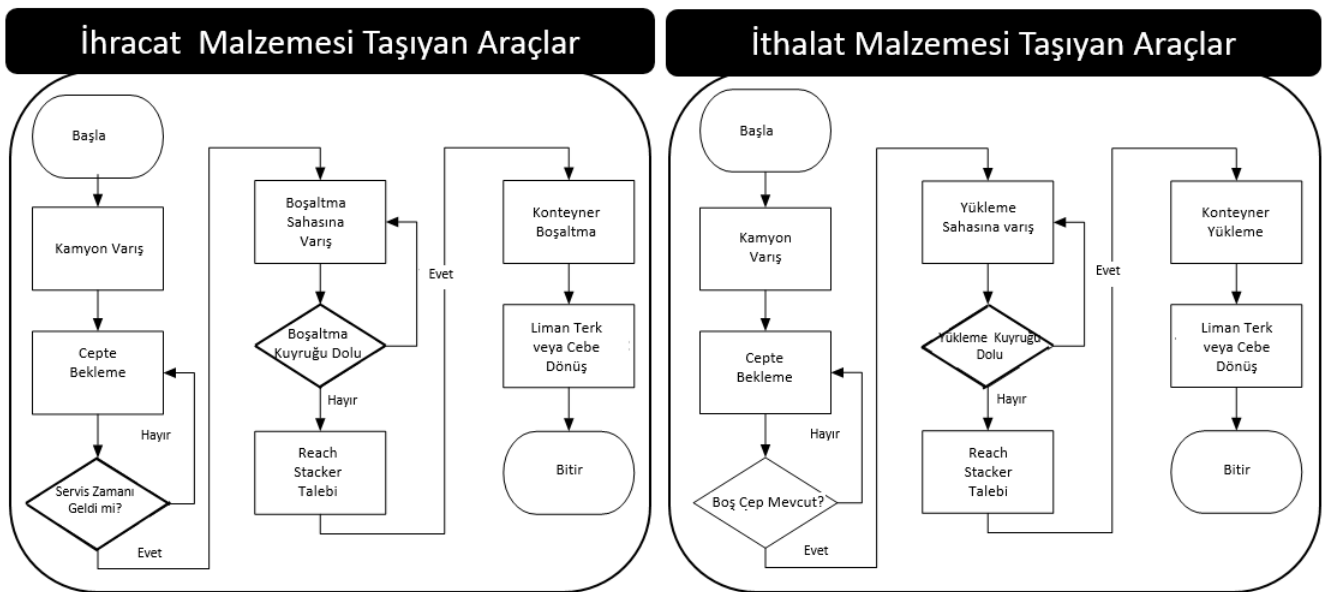
- Literatürde kavramsal olarak ağır vasıta park sahalarına değinilse de tipik bir ağır vasıta park sahasının kapasitesi bu çalışma da oldu gibi optimizasyon tabanlı bir mikro simülasyon yöntemi ile planlanmamıştır. Bu çalışma bu boşluğu doldurma açısından oldukça önemlidir.
- Çalışmada seçilen metodolojiye uygun olarak ağır vasıta park saha tasarımı için saha geometrik özelliklerine bağlı ve saha alanını göz önüne alan bir özgün bir maliyet modeli geliştirilmiştir.
- Çalışmada ağır vasıta hareketleri mikroskobik ölçekte gerçekçi bir şekilde modellenerek ağır vasıtaların saha içi manevraları ve hareketleri etmen tabanlı simülasyon yöntemi ile ele alınmıştır.
- Çalışma kapsamında kullanılan yöntem ve elde edilen bulgular ülkemizdeki şehir limanları için ağır vasıta park saha kapasitelerinin belirlenmesi hususunda bir örnek teşkil etmekte ve gelecekteki çalışmalar için bir altlık oluşturmaktadır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

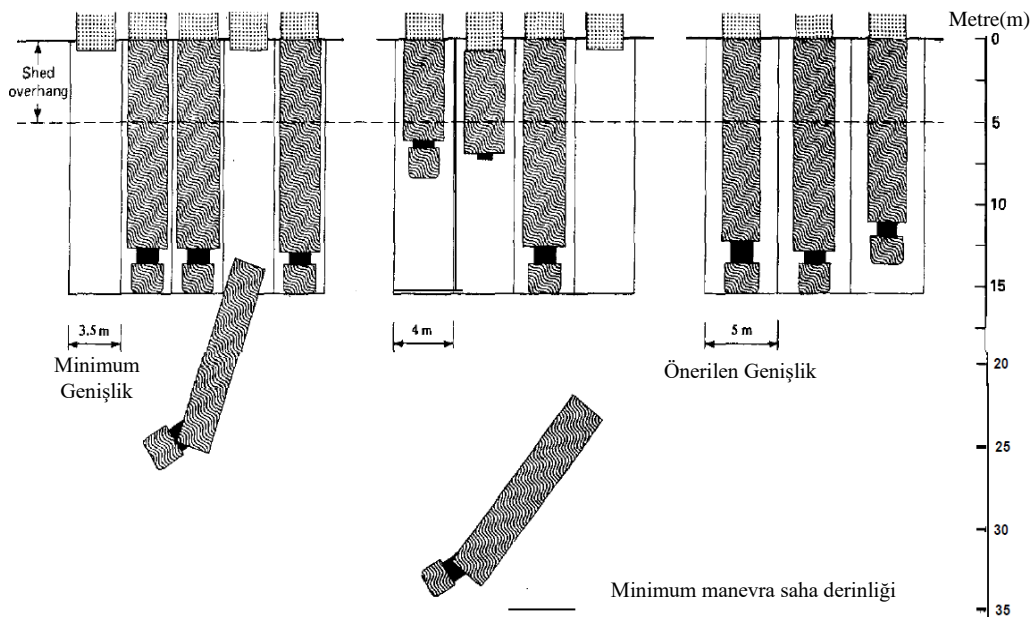
Çalışmada şehir içi bir limanda ağır vasıta park sahası tasarımı için etmen tabanlı (Agent Based) simülasyon yaklaşımı kullanılmıştır. Bu yaklaşım dahilinde saha tasarımında kullanılacak etmenler öncelikle kategorize edilerek birbirleriyle olan etkileşimleri belirli kural setleri dahilinde belirlenmiştir. Bir etmen tabanlı simülasyon modelinde kullanılan etmenler, sabit (statik) ve hareketli (dinamik) olarak kategorize edilebilmektedir. Bu çalışmada statik model etmenleri olarak park saha cepleri, park sahası, servis yolları, park giriş/çıkışı ve vasıta yükleme/boşaltma sahası parametreleri belirlenmiştir. Simülasyon yaklaşımındaki park sahası diğer tüm parametreleri kapsadığı için diğer tüm etmenleri içinde barındırmaktadır. Simülasyonda park cepleri ve yükleme/boşaltma sahaları ise ağır vasıtalar



tarafından kullanılan model kaynakları olarak teşkil edilmiştir. Böylece her bir ağır vasıta bu kaynakları kullanmak için talepte bulunmakta ve gerektiği süre boyunca kaynak ağır vasıtalar tarafından işgal edilmektedir. İşgal (kullanım) süresi sonunda ise kaynak diğer ağır vasıtaların kullanımı için serbest bırakılmaktadır. Modelde ağır vasıta park cepleri için bir bekleme kuyruğu tasarlanmıştır. Park sahasında boş bir cep bulamayan ağır vasıtalar park sahası dışında boş bir park cebinin açılmasını beklemekte ve böylece vasıtalar ceplere FIFO (İlk Gelen İlk Hizmet Alır) kuyruk yönetimi ile atanmaktadır. Boş bir park cebine atanan ağır vasıta, servis yollarını kullanarak park sahası içerisinde hareket etmekte ve cebe yerleşmektedir. Park sahası içerisindeki her bir ağır vasıta belirli bir bekleme süresi sonunda yükleme ve boşaltma operasyonları için servis sahasına çağrılarak yükleme/boşaltma işlemlerini tamamlamaktadır. Çalışma kapsamında geliştirilen simülasyon modeli için ihraç ve ithal konteyner taşıyan ağır vasıtaların davranışlarına ait akış şemaları sırasıyla Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. İhraç ve ithal konteyner taşıyan ağır vasıtaların park sahasındaki davranışları için geliştirilen akış şemaları.

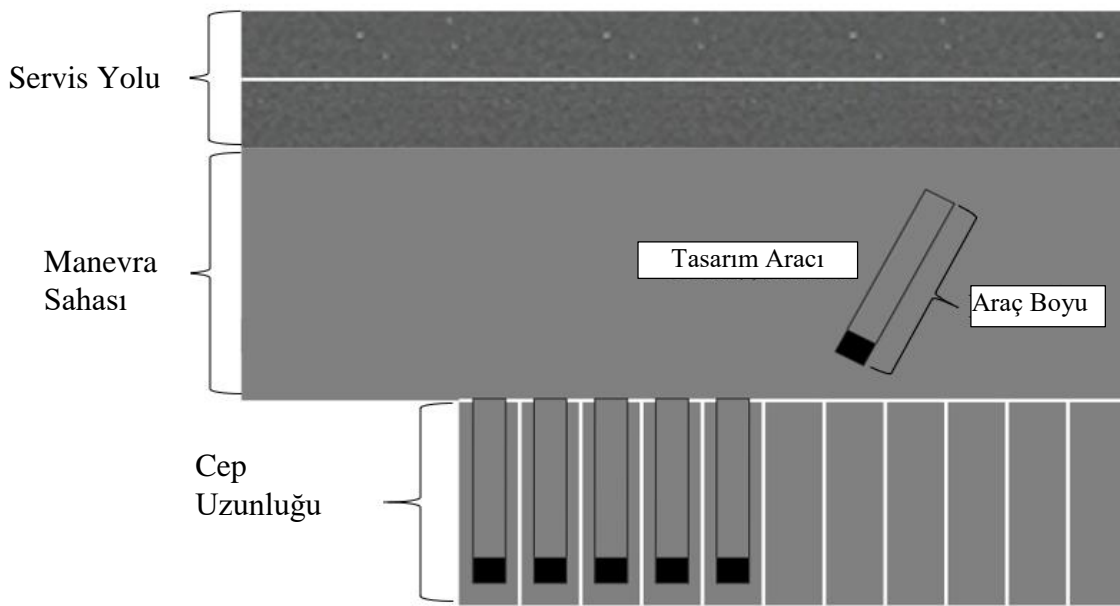


Şekil 3. Limanlarda yükleme/boşaltma istasyonları için önerilen boyutlandırma (UNCTAD, 1985).



Ağır vasıtaların kullandığı park sahalarının geleneksel ağır vasıta park sahalarına olan benzerlikleri yanında farklılıkları da bulunmaktadır. Öncelikle liman konteynerleri ağır vasıtaların park sahası içerisinde rahatça manevra yapabilmeleri ve park ceplerine yanaşabilmeleri amacıyla daha büyük park cepleri ve geniş manevra alanlarının planlanması gerekmektedir. UNCTAD tarafından limanlardaki ağır vasıta yükleme-boşaltma istasyonları için önerilen park cepleri karakteristikleri ve manevra alanı boyutları Şekil 3’de görülmektedir (UNCTAD, 1985).

Bu çalışmada ise ağır vasıta park sahasının boyutlandırılmasında öncelikle park cepleri ile servis yollarının geometrik olan planlaması yapılmıştır. Çalışmada bir tercih olarak açılı park cepleri yerine dik yerleşimli park cepleri tasarlanarak ağır vasıtaların manevra yapabilmesi amacı ile servis yolları ile cepler arasında bir manevra sahası konumlandırılmıştır. Hazırlanan ağır vasıta park sahası tasarımı Şekil 4’te gösterilmiştir.



Şekil 4. Çalışma için tasarlanan ağır vasıta park sahası

Hazırlanan tipik ağır vasıta park saha tasarımı eşliğinde, saha inşaat maliyetinin hesaplanması için kullanılacak saha alanı, manevra sahası, park cebi boyutları ve saha kapasitesine bağlı olarak hesaplanacaktır. Modelde her bir park cebi için gerekli olan alanın hesaplanması için Denklem 1 geliştirilmiştir.

$$A_s = L_{sw} \times (L_{sd} + L_{cd} + L_{lw}) \times c_t \quad (1)$$

Burada;

$A_s$  : Park cebi alanı ( $m^2$ ),

$L_{sw}$  : Park cebi genişliği (m),

$L_{sd}$  : Park cebi boyu veya derinliği (m),

$L_{cd}$  : Manevra sahası genişliği (m),

$L_{lw}$  : Servis yolu genişliği (m),

$c_t$  : Kullanılmayan alanları hesaba katan çarpım faktörüdür.

Modelde toplam ağır vasıta park saha alanı Denklem 2 ile hesaplanmaktadır.

$$A_{st} = N_s \times A_s \quad (2)$$

Burada;

$A_{st}$  : Toplam park sahası alanı (m<sup>2</sup>)

$N_s$  : Park cebi sayısıdır.

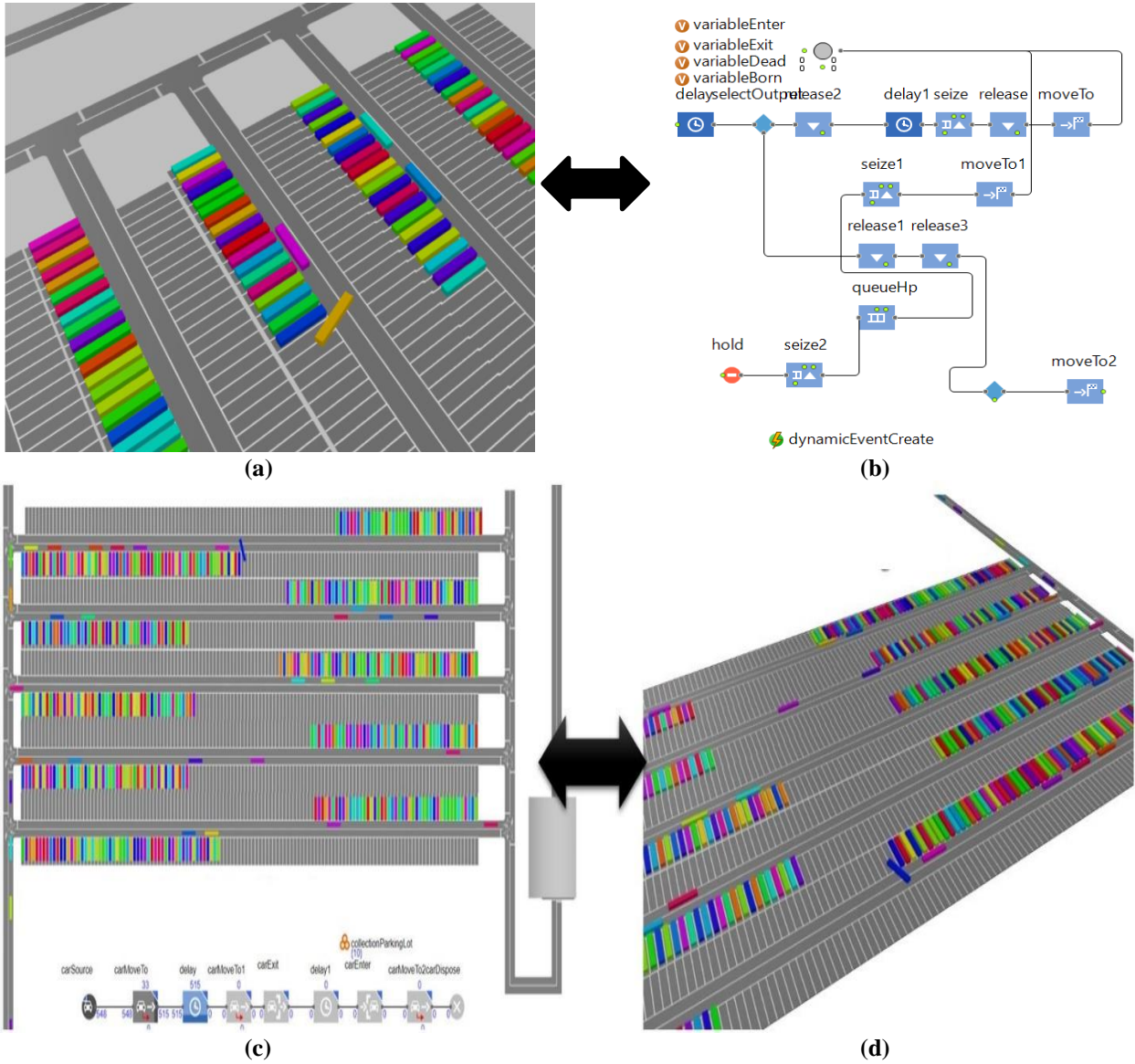
Çalışmada ağır vasıta park sahası tasarım parametreleri ve saha tasarımında kullanılacak tüm faktörler için gerçekçi kabuller yapılması amaçlanmıştır. Ağır vasıtalar için park cebi derinliği toplam vasıta boyu olarak kabul edilmiştir. Park cebi genişliği olarak UNCTAD (1985) tarafından önerilen ölçüler kullanılmıştır. Park sahasında ve modelde kullanılan tasarım aracı (ağır vasıtalar) için kabul edilen geometrik vd. özellikler Çizelge 1’de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Park sahası ve tasarım aracına (ağır vasıta) ait model girdi parametreleri.

Parametre No	Parametre Adı	Değer
1	Park cebi derinliği	19 m
2	Park cebi genişliği	5 m
3	Manevra sahası genişliği	8 m
4	Tasarım ağır vasıtası boyu	15 m (Treyler) + 4 m (Kabin)
5	Tasarım ağır vasıtası tipi	Treyler + Çekici
6	Vasıtaların sahadaki maksimum hızı	30 km h <sup>-1</sup>
7	Vasıtaların park manevrası hızı	5 km h <sup>-1</sup>
8	Vasıtaların hızlanma ve yavaşlama ivmesi	1.2 m s <sup>-2</sup> 1.8 m s <sup>-2</sup>

Park sahası işletimi için geliştirilen simülasyon modeli, AnyLogic programı kullanılarak mikroskobik ölçekte ve 3 boyutlu olarak gerçekçi bir şekilde tasarlanmıştır. Kullanılan yazılım Java programlama dili tabanlı olup yazılım içerisinde simülasyon modelinin işleyişi Nesne Tabanlı (Object Oriented) Java programlama dili ile kodlanabilmektedir. Model hazırlanırken pratiklik açısından yazılımda mevcut olan çeşitli kütüphaneler kullanılmıştır. Özellikle ağır vasıtaların hareketlerini incelemek ve park saha ceplerini tasarlamak için “Road Traffic Library” kütüphanesi kullanılmıştır. Ağır vasıtaların park sahasına gelişi, hizmet alması ve ilgili gecikmeler ise yazılımın ana kütüphanesinde bulunan çeşitli operasyon blokları aracılığıyla modellenmiştir. Modelde ağır vasıtalar farklı model varlıkları olarak “carSource” bloğunda üretilmiştir. Ağır vasıtalar kendi başlarına uygun bir park cebi arayarak cebe hareket eder, park cebini geldiğinde manevra yaparak ilgili cebe girer ve önceden belirlenmiş bir servis süresine kadar cepte beklerler. Ağır vasıtaların model içerisindeki hareketleri “carMoveTo” blokları ve vasıtaların servis beklemeleri “Delay” blokları ile modellenmektedir. Ağır vasıtaların yükleme ve boşaltma operasyonları ise konteyner terminalindeki vinçlerin modellenmesi ile gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda her bir ağır vasıta servis sahasına geldiğinde “Seize” ve “Release” blokları kullanarak vinçlerden hizmet almakta ve operasyon bitiminde vinçleri serbest bırakmaktadır.

Çalışmada park sahası tasarlanırken için öncelikle servis yolları ve park cepleri yazılım kütüphanesinde yer alan yol ve saha etmenleri kullanılarak oluşturulmuştur. Ağır vasıtaların yükleme ve boşaltma yapacağı bölge park sahasının dışında konumlandırılmıştır. Modelde her ağır vasıta farklı bir renk ile gösterilmektedir. Simülasyon modelinin işletimi esnasında ağır vasıta hareketleri ve manevraları, vasıta hareketlerine ait mantıksal bloklar ve modelin 3 boyutlu görüntüleri Şekil 5’de gösterilmiştir.



**Şekil 5.** Simülasyon modelindeki (a) ağır vasıta hareketleri, (b) yazılım blokları ile ağır vasıtaların üretilmesi ve (c-d) modelin 3 boyutlu görüntüsü.

Çalışmada optimum saha kapasitesinin belirlenmesi amacı ile bir maliyet modeli geliştirilmiştir. Ağır vasıtaların park sahasının dolu olması durumunda saha giriş kuyruğunda beklemesi ile ortaya çıkacak toplam bekleme sürelerinin bir fonksiyonu olan ağır vasıta bekleme ceza maliyeti, önerilen optimum saha kapasitesinin tayini modelinde kullanılacaktır. Bu mantık çerçevesinde saat cinsinden toplam ağır vasıta bekleme süresi ile birim saatlik bekleme maliyetinin çarpımı ile toplam ağır vasıta bekleme maliyeti tespit edilmiştir. Hesaplanan bu maliyet yıllık park sahası amortisman giderine eklenerek, yıllık maliyetlerin minimizasyonu amaçlanmıştır. Çalışmada ayrıca park saha arazisinin yıllık maliyeti ve yapım maliyeti metrekare başına \$50, proje ömrü 20 yıl ve amortisman hesabı için yıllık iskonto oranı dolar bazında %4 olarak kabul edilerek maliyet analizi yapılmıştır. Ağır vasıtalara ödenen bekleme maliyetleri ise saatlik \$10 olarak kabul edilecektir (UNCTAD, 1985; Davies ve Kieran, 2015; Huynh ve ark., 2016).

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Optimizasyon Analizi Sonuçları

Çalışmada kapsamında geliştirilen simülasyon modeli işletim koşulları aynı ağır vasıta varış dağılımı için farklı servis hizmet süreleri kullanılarak oluşturulmuştur. Ağır vasıtaların park sahasında bekleme sürelerinin normal istatistiksel dağılıma uyduğu (normal dağılım) kabul edilerek ortalama bekleme süresi 2 saat ve standart sapması 0.4 saat (S-1 senaryosu), ortalama bekleme süresi 4 saat ve standart sapması 0.5 saat (S-2 Senaryosu) ve ortalama bekleme süresi 5 saat ve standart sapması 0.6 saat (S-3 Senaryosu) olmak üzere 3 farklı ağır vasıta bekleme senaryoları planlanmıştır (Çizelge 2-4). Toplamda her bekleme senaryosu için ise 13 farklı park saha kapasitesi içeren alt işletim senaryoları hazırlanmıştır. Bu yaklaşım ile toplamda işletilecek senaryo sayısı 39 olmuştur. Ağır vasıta yükleme ve boşaltma süreleri de tüm senaryolar için normal olasılık dağılımına uyduğu kabul edilerek, modelde ortalaması 10 dakika ve standart sapması 2 dakika olan normal dağılım fonksiyonu ile ifade edilmiştir. Model işletiminde Monte Carlo işletme çalışması yapılmayarak her bir senaryo için tek bir model koşumu gerçekleştirilmiştir. Model çıktıları değerlendirme aşamasında model performans indisi olarak ortalama ağır vasıta bekleme süresi (saat araç<sup>-1</sup>) dikkate alınarak elde edilmiştir.

**Çizelge 2.** S-1 Senaryosu için elde edilen model işletim sonuçları ( $\bar{x} = 2$ ;  $\sigma = 0.4$ )

Senaryo No	Kapasite (araç)	Alan (m <sup>2</sup> )	Saha Maliyeti *10 <sup>6</sup> (\$)	Yıllık Saha Maliyeti *10 <sup>6</sup> (\$ yıl <sup>-1</sup> )	Ort. Bekleme (saat araç <sup>-1</sup> )	Üretilen Vasıta (sayı)	Toplam Bekleme *10 <sup>6</sup> (saat)	Toplam Maliyet *10 <sup>6</sup> (\$)
1	300	63.2	9.48	0.70	18.0	421.46	227.59	228.29
2	600	126.4	18.95	1.40	8.0	420.97	101.03	102.43
3	900	189.5	28.43	2.09	2.3	421.79	29.10	31.20
4	1200	252.7	37.91	2.79	0.4	421.30	5.06	7.85
5	1500	315.9	47.39	3.49	0.0	421.11	0.00	3.49
6	1800	379.1	56.86	4.18	0.0	421.38	0.00	4.18
7	2100	442.3	66.34	4.88	0.0	421.03	0.00	4.88
8	2400	505.4	75.82	5.58	0.0	420.24	0.00	5.58
9	2800	589.7	88.45	6.51	0.0	420.44	0.00	6.51
10	3000	631.8	94.77	6.97	0.0	420.12	0.00	6.97
11	4000	842.4	126.36	9.30	0.0	419.66	0.00	9.30
12	5000	1053.0	157.95	11.62	0.0	420.21	0.00	11.62
13	6000	1263.6	189.54	13.95	0.0	420.75	0.00	13.95

Çalışma kapsamında elde edilen model işletim sonuçları detaylı olarak değerlendirildiğinde, S-1 senaryosu için 1500 araçlık, S-2 senaryosu için 2100 araçlık ve S-3 senaryosu için ise 2800 araçlık park saha kapasitelerinin kullanılması durumunda, araçların bekleme yapmadan park hizmeti aldıkları görülmüştür. Yani bu durumda park alanını kullanacak olan ağır vasıtalarından hiçbirisi gereksiz bir bekleme maruz kalmadan önerilen park alanı içinde kendisine ait olan cebe gidip kolaylıkla ve hızlı bir şekilde park edebilecektir. Dolayısıyla bu durum park alanı içerisinde gereksiz kuyruklara, gecikme ve kapasite kayıplarına neden olmayacaktır. Bu çalışmada şehiriçi limanlar için önerilen pilot ağır vasıta park alanında herhangi bir gereksiz beklemenin olmaması, yükleme ve boşaltma için limanı kullanacak ağır vasıtaları şehiriçi ana yollarda çok yavaş hareket etmesi, park yeri araması, yol kenarlarına park ederek şehiriçi trafiği olumsuz yönde etkilemesi gibi olumsuz durumların önüne geçebilecektir. Şehiriçi için optimum kapasiteye sahip park alanları ağır vasıta sürücülerinde oluşan park yeri arama stresinin önüne geçecek ve ayrıca ağır vasıtaların tam zamanında yükleme/ boşaltma alanına giriş yapmalarını sağlayarak limanların işletme performanslarını da arttıracaktır.

Yapılan analizlerden optimum saha kapasitesinin belirlenmesi amacıyla farklı kapasite değerlerine göre maliyet değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan park sahası maliyetlerinin kapasiteye göre değişimi önerilen 3 farklı senaryo için (S-1, S-2 ve S-3) Şekil 6’da görüldüğü gibi elde edilmiştir.

Şekil 6 incelendiğinde toplam maliyet, ortalama servis bekleme süresi ve park saha kapasitesinin (cep sayısı) orantılı olarak değişmediği görülmektedir. Çalışmada optimizasyon analizi ile belirlenen saha kapasiteleri kullanılarak 3 farklı senaryo için optimum saha kapasiteleri, toplam maliyet eğrisi kullanılarak belirlenmiştir. Her bir senaryoda eğrilerin değişim noktalarından S-1 (ortalama 2 saat bekleme), S-2 (ortalama 4 saat bekleme) ve S-3 (ortalama 6 saat bekleme) senaryoları için optimum park sahası kapasiteleri sırasıyla 1407, 1767 ve 2400 park cebi (ağır vasıta sayısı) olarak tespit edilmiş ve önerilmiştir. Limanların bulunduğu bölgenin özelliklerine, limanların karakteristik ve işletim özelliklerine göre bu kapasiteler değişiklik gösterebilmektedir.

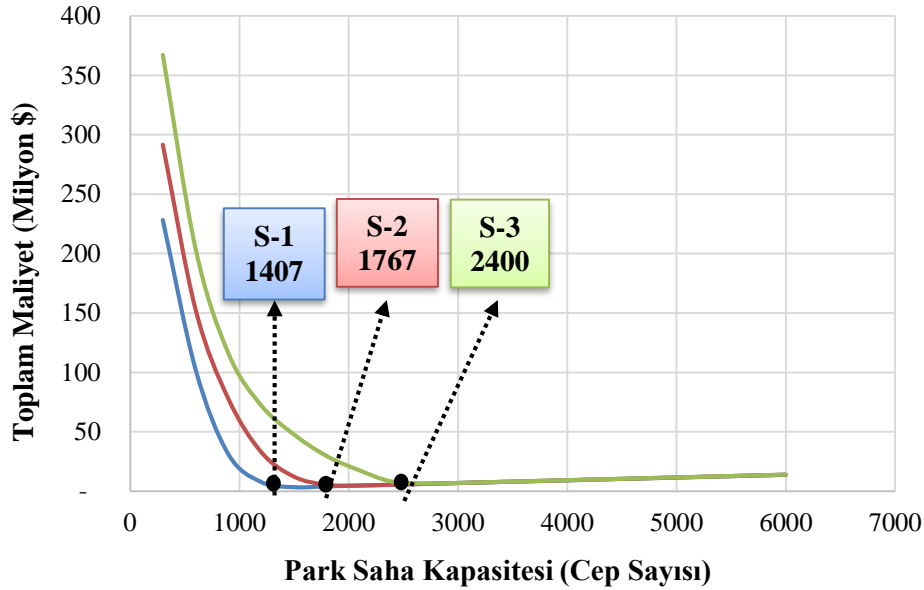
**Çizelge 3.** S-2 senaryosu için elde edilen model işletim sonuçları ( $\bar{x} = 4$ ;  $\sigma = 0.5$ )

Senaryo No	Kapasite (araç)	Alan (m <sup>2</sup> )	Saha Maliyeti *10 <sup>6</sup> (\$)	Yıllık Saha Maliyeti *10 <sup>6</sup> (\$ yıl <sup>-1</sup> )	Ort. Bekleme (saat araç <sup>-1</sup> )	Üretilen Vasıta (sayı)	Toplam Bekleme *10 <sup>6</sup> (saat)	Toplam Maliyet *10 <sup>6</sup> (\$)
1	300	63.2	9.48	0.70	23.0	421.46	290.81	228.29
2	600	126.4	18.95	1.40	12.0	420.53	151.39	102.43
3	900	189.5	28.43	2.09	6.0	420.33	75.66	31.20
4	1200	252.7	37.91	2.79	2.4	420.07	30.25	7.85
5	1500	315.9	47.39	3.49	0.7	420.93	8.84	3.49
6	1800	379.1	56.86	4.18	0.1	421.28	1.26	4.18
7	2100	442.3	66.34	4.88	0.0	421.24	0.00	4.88
8	2400	505.4	75.82	5.58	0.0	420.91	0.00	5.58
9	2800	589.7	88.45	6.51	0.0	421.60	0.00	6.51
10	3000	631.8	94.77	6.97	0.0	421.82	0.00	6.97
11	4000	842.4	126.36	9.30	0.0	422.67	0.00	9.30
12	5000	1053.0	157.95	11.62	0.0	423.62	0.00	11.62
13	6000	1263.6	189.54	13.95	0.0	423.92	0.00	13.95

**Çizelge 4.** S-3 Senaryosu İçin Elde Edilen Model İşletim Sonuçları ( $\bar{x} = 5$ ;  $\sigma = 0.6$ )

Senaryo No	Kapasite (araç)	Alan (m <sup>2</sup> )	Saha Maliyeti *10 <sup>6</sup> (\$)	Yıllık Saha Maliyeti *10 <sup>6</sup> (\$ yıl <sup>-1</sup> )	Ort. Bekleme (saat araç <sup>-1</sup> )	Üretilen Ağır Vasıta (sayı)	Toplam Bekleme *10 <sup>6</sup> (saat)	Toplam Maliyet *10 <sup>6</sup> (\$)
1	300	63.2	9.48	0.70	29.0	421.46	366.67	228.29
2	600	126.4	18.95	1.40	16.0	422.07	202.59	102.43
3	900	189.5	28.43	2.09	9.0	421.85	113.90	31.20
4	1200	252.7	37.91	2.79	5.5	420.99	69.46	7.85
5	1500	315.9	47.39	3.49	3.5	421.77	44.29	3.49
6	1800	379.1	56.86	4.18	2.0	422.57	25.35	4.18
7	2100	442.3	66.34	4.88	1.0	422.20	12.67	4.88
8	2400	505.4	75.82	5.58	0.2	422.54	2.54	5.58
9	2800	589.7	88.45	6.51	0.0	421.98	0.00	6.51
10	3000	631.8	94.77	6.97	0.0	421.89	0.00	6.97
11	4000	842.4	126.36	9.30	0.0	421.91	0.00	9.30
12	5000	1053.0	157.95	11.62	0.0	422.27	0.00	11.62
13	6000	1263.6	189.54	13.95	0.0	422.22	0.00	13.95





Şekil 6. Farklı park saha kapasiteleri (cep sayısı) ve işletim senaryoları için saha maliyeti optimizasyonu.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde limanlar ve konteyner terminallerindeki ağır vasıtalar için park sahası yetersizliği, şehir içi trafiği olumsuz etkileyen ve ciddi sıkışıklıklara sebep olan güncel bir sorundur. Özellikle ülkemizde İzmir limanı vb. tam şehir merkezinde yar alan limanlarda ağır vasıta ile yük taşımacılığı söz konusu olduğunda ağır vasıtalar için park sahası problemleri ortaya çıkabilmektedir. Özellikle park sahası yetersiz olan şehir içi limanlarda limana yükleme veya boşaltma yapmak için gelen ağır araçlar yükleme/boşaltma saati öncesinde liman etrafında ya da şehiriçi yol kenarlarında park edip beklemek amacıyla arayışlara girebilmektedirler. Şehiriçi yollardaki bu park yeri arayışı, yol kenarına park etme durumu ve yavaş giderek vakit kazanma durumları şehiriçi yollardaki trafiği olumsuz etkileyebilmektedir. Bu sorunun çözümü için literatürde farklı çözüm önerileri öne sürülmüş olmasına rağmen konteyner terminallerinde ağır vasıta park sahalarının optimum tasarımı ve etkin şekilde kullanımı konusunun yeterince değerlendirmeye alınmadığı görülmektedir. Bu sorunun çözümü için kısıtlı genişleme alanlarına sahip limanlarda optimum boyutlardaki park sahalarının tasarlanarak işletmeye sokulması gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında ise belirtilen bu soruna dikkat çekmek ve örnek bir çözüm önerisi geliştirebilmek amacıyla simülasyon modelleri ile etkileşimli bir optimizasyon yöntemi kullanılmıştır. Bu amaçla simülasyon modeli ve saha alanına bağlı olan bir maliyet modeli geliştirilmiş olup genel bir şehir içi konteyner terminal örneği için optimum ağır vasıta park saha kapasitesi belirlenmiştir. Bu amaçla yapılan park sahası kapasite hesabında ağır vasıta geliş dağılımları ve servis bekleme süreleri farklı şekillerde kabul edilmiştir. Optimum ağır vasıta park alanı kapasitesini belirlemek amacıyla önerilen 3 farklı S-1 (ortalama bekleme süresi 2 saat), S-2 (ortalama bekleme süresi 4 saat) ve S-3 (ortalama bekleme süresi 6 saat) model senaryosu için yapılan değerlendirmede, 1407, 1767 ve 2400 araçlık park sahasının kullanılması ile optimum park sahası kapasitelerine ulaşılabildiği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca elde edilen analiz sonuçlarından park sahalarının kapasitelerinin (park sahası kapasitelerinin) geliş dağılımlarının, servis bekleme sürelerinin ve ağır vasıtaların operasyon sürelerinin optimum kapasiteler üzerinde farklılıklara neden olduğu görülmüştür. Bu sonuç, konteyner terminallerinde ağır vasıta park saha kapasitelerinin doğru ve gerçekçi bir şekilde hesaplanabilmesi için

bu tip belirleyici parametre verilerinin etkin bir şekilde belirlenmesinin büyük bir öneme sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Ağır vasıtalar ile yük taşımacılığının etkili olduğu konteyner terminalleri ve limanlarda bu tür park sahalarının optimum kapasiteyi sağlayacak şekilde inşası hem terminale yük boşaltmak ya da terminalden konteyner almak için gelen ağır vasıtaların bekleme sürelerini ve işletme maliyetlerini azaltacaktır. Ayrıca bu tür park sahalarının inşası ile ağır vasıtalar doğrudan park sahalarına gelerek yükü alacağı saate ya da yükü aldıktan sonra trafiğe çıkışına izin verilmeye kadar sahada bekleyebilecektir. Böylece ağır vasıta sürücüleri şehir içi ya da şehirlerarası trafikte kendisi için uygun park yeri arama kaygısı gütmeyecek, agresif, trafikte tehlikeli ve yol kapasitesini azaltıcı davranışlar içerisine girmeyecektir. İnşa edilecek bu tür sistemli ve uygun kapasiteli park sahalarında terminalden konteyner alacak ve indirecek ağır vasıtaların kontrollü ve sistematik bir şekilde giriş çıkışları sağlanarak limanların ve kullanıcıların işletim maliyeti açısından pozitif katkılar sağlanabilecektir.

## KAYNAKLAR

- Adam S, 2009. Simulation and analysis of port bottlenecks: the case of Male (Doctoral dissertation, Lincoln University). pp. 1–130.
- Awad-Núñez S, Soler-Flores F, González-Cancelas N, Camarero-Orive A, 2016. How should the Sustainability of the Location of Dry Ports be Measured?. *Transportation Research Procedia*, <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.073>
- Bentolila DJ, Ziedenveber RK, Hayuth, Y, Notteboom, T, 2016. Off-peak truck deliveries at container terminals: the “Good Night” program in Israel. *Maritime Business Review*, 1(1), 2-20.
- Davies P, Kieran M, 2015. Port congestion and drayage efficiency, paper presented at the METRANS international urban freight conference. Long Beach, CA.
- De Langen PW, Van Meijeren J, Tavasszy LA, 2012. Combining Models and Commodity Chain Research for Making Long-Term Projections of Port Throughput: an Application to the HamburgLe Havre Range. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 12(3).
- Dieussaert K, Aerts K, Steenberghen T, Maerivoet S, Spitaels K, 2009. SUSTAPARK: An agent-based model for simulating parking search. In *AGILE International Conference on Geographic Information Science*, Hannover pp. 1-11.
- Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP) (2005). *Regional Shipping and Port Development Strategies (Container Traffic Forecast)*.
- Giuliano G, O’Brien T, 2008. Responding to Increasing Port-related Freight Volumes: Lessons from Los Angeles/Long Beach and Other US Ports and Hinterlands. *JTRC OECD. ITF Discussion Paper 2008-12*.
- Gökkuş Ü, Yıldırım MS, Aydın MM, 2017. Estimation of container traffic at seaports by using several soft computing methods: a case of Turkish Seaports. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2017.
- Gracia MD, González-Ramírez RG, Mar-Ortiz J, 2017. The impact of lanes segmentation and booking levels on a container terminal gate congestion. *Flexible Services and Manufacturing Journal*. 29(3-4), 403-432.
- Hartmann S, Pohlmann J, Schönkne A, 2011. Simulation of container ship arrivals and quay occupation. *Operations Research/ Computer Science Interfaces Series*, 49(1), 135–154. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8408-18>
- Huynh N, Harder F, Smith, D, Sharif O, Pham Q, 2011. Truck delays at seaports: assessment using terminal webcams. *Transportation Research Record*, 2222(1), 54-62.
- Huynh N, Smith D, Harder F, 2016. Truck appointment systems: where we are and where to go from here. *Transportation Research Record*, 2548(1), 1-9.

- Huynh N, Walton CM, 2011. Improving efficiency of drayage operations at seaport container terminals through the use of an appointment system. In Handbook of terminal planning (pp. 323-344). Springer, New York, NY.
- Lange AK, Schwientek A, Jahn C, 2017. Reducing truck congestion at ports—classification and trends. In Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL) (pp. 37-58). epubli.
- Merkurjevs J, 2006. Simulation Modelling and Research of Marine Container Terminal Logistics Chains, PhD. Thesis. Transport and Telecommunication Institute, 172p.
- Merkuryev Y, Tolujew J, Blümel E, Novitsky L, Ginters E, Viktorova E, Pronins J, 1998. A modelling and simulation methodology for managing the Riga Harbour container terminal. Simulation, 71(2), 84-95.
- Turkish Exporters Assembly (TEM), 2014. Economy and foreign trade report.
- Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı 2015. Limanlar Geri Saha Karayolu ve Demiryolu Bağlantıları Master Plan Çalışması.
- United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), 1985. Port development, A handbook for planners in developing countries, 1985. United Nations Conference on Trade and Development. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2010.08.004>
- URL-1. <https://www.livemint.com/Politics/fgRmospkbv7UhWqqpTBK9sJ/Chennai-port-users-await-a-lasting-solution-for-congestion.html> Son Erişim Tarihi: [18 Eylül 2019].
- URL-2. <https://www.cnbc.com/2014/11/05/congestion-at-west-coast-ports-is-economic-in-part.html> Son Erişim Tarihi: [18 Eylül 2019].
- Van Vianen T, Ottjes J, Lodewijks G, 2014. Simulation-based determination of the required stockyard size for dry bulk terminals. Simulation Modelling Practice and Theory, 42, 119–128. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2013.12.010>
- Vo TTA, Van Der Waerden P, Wets G, 2016. Micro-simulation of car drivers' movements at parking lots. In Procedia Engineering. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.02.019>
- Yıldırım MS, Aydın MM ve Gökkuş Ü, 2019. Şehir Limanları İçin Ağır Araç Otoparklarının Kapasitelerinin Simülasyon Yöntemi İle Tayini, 1st ICIVILTECH 2019 Symposium, 23-25 Ekim, Afyon, Türkiye, pp.1-1.
- YPC (Yuksel Project Consulting), 2009. Transportation master plan study for coastal structure. 2, Interim Report, 2009 (Turkish).

## Farklı Kotlu Kollara Sahip Hemzemin Dönel Kavşaklardaki Kazaların Analizi: Atatürk Üniversitesi Kavşağı Örneği

Ahmet ATALAY<sup>1\*</sup>, Serdar KISAOĞLU<sup>2</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmanın amacı, farklı kotlu kollara sahip hemzemin dönel kavşaklarda meydana gelen kazaların, kaza şiddetini etki eden faktörleri araştırmaktır. Atatürk Üniversitesi kavşağı örneğinde üç farklı veri seti oluşturularak, lojistik regresyon analizi yöntemi ile üç farklı istatistiksel modelleme yapılmıştır. İstatistiksel modellerde bağımlı değişken olarak kaza şiddeti ve kazaya karışan araç sayısı kullanılmıştır. Bağımsız değişken olarak yol yüzey durumu (kuru- ıslak), gün durumu (gündüz-gece), saat dilimi (9:00-14:59, 15:00-20:59, 21:00 2:59, 3:00-8:59) ve kazanın meydana geldiği gün (pazartesi, salı, çarşamba, perşembe, cuma, cumartesi, pazar) değişkeni kullanılmıştır. Çalışma sonunda yüzey durumunun kaza şiddetinin artmasında anlamlı bir etkisinin olmadığı, gün durumu ve saat dilimi değişkeninin, kazanın şiddeti üzerinde etkili olduğu ve Pazar günü olan kazaların şiddeti diğer günlerden fazla olduğu belirlenmiştir. Ayrıca kavşak kollarındaki mutlak eğimin çoklu kazalar üzerinde önemli etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Dönel kavşak, kaza analizi, lojistik regresyon, trafik kazası

### Analysis of Accidents at Roundabouts with Different Level Legs: Example of Ataturk University Roundabout

**ABSTRACT:** The aim of this study is to investigate the factors that affect the severity of accidents occurring at level crossings with difference level between of legs. In the sample of Atatürk University Intersection, three different data sets were created and three different statistical models were made by logistic regression analysis method. In the statistical models, the severity of the accident and the number of vehicles involved in the accident were used as dependent variables. Road surface condition (dry-wet), day condition (day-night), time zone (9:00-14:59, 15:00-20:59, 21:00 2:59, 3:00-8:59) and day (Monday, Tuesday, Wednesday, Thursday, Friday, Saturday, Sunday) were used as independent variables. At the end of the study, it was determined that the surface condition had no effect on the severity of the accident. It was also found that the absolute slope in the intersection legs had a significant effect on multiple accidents.

**Key Words:** Roundabouts, accident analysis, logistic regression, road traffic accidents

<sup>1</sup> Ahmet ATALAY (Orcid ID: 0000-0002-8476-8900), Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye

<sup>2</sup> Serdar KISAOĞLU (Orcid ID: 0000-0002-6456-3238), Karayolları 12. Bölge Müdürlüğü, Erzurum, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ahmet ATALAY, e-mail: ahatalay@atauni.edu.tr

Bu çalışma Serdar KISAOĞLU'nun Doktora tez çalışmasının ön çalışmalarından üretilmiştir.

Geliş tarihi / Received: 25-12-2019

Kabul tarihi / Accepted: 15-02-2020

## GİRİŞ

2018 yılında Türkiye’de 428 311 trafik kazası meydana gelmiştir. Bu kazalar sonucu ölü sayısı kaza anında ve kaza sonrasında olmak üzere 6 675 kişidir. 2018 yılında meydana gelen kazalar sonucu 307 071 kişi yaralanmıştır (Anonim, 2018). Trafik güvenliğinin sağlanmaması ve gerekli tedbirlerin alınmaması durumunda, 2020 yılına kadar dünyada trafik kazalarında ölen ve yaralanan kişi sayısının %65 artacağı, 2030 yılı itibarıyla ölüme nedenleri arasında, trafik kazalarında yaralanma sonrası meydana gelebilecek ölüm vakalarının beşinci sıraya geleceği öngörülmektedir. Halen dünyanın pek çok ülkesinde trafik kazaları her yıl yaralanma ve kalıcı bedensel işlev kaybı vakaları nedeniyle felaket düzeyinde sosyo-ekonomik kayba neden olmaktadır (Tercan, 2017). Kazalar yer ve zamana göre değişiklik göstermektedirler. Kazaların önlenmesi için kaza analizlerinin detaylı yapılması ve kazalara etki eden faktörlerin doğru tespit edilmesi gerekir. Ayrıca kazaların meydana gelmesinde etkili olan risk faktörlerinin, kazalara ne ölçüde etkisi olduğunun bilinmesi de çok önemlidir. Kazaya etki eden faktörlerin belirlenmesinden sonra, doğru çözüm önerileri uygulanarak kazaların sayısı ve şiddetinin azaltılması mümkün olabilecektir. Geçmişteki kaza verileri, trafik bilgileri, yolun geometrik özellikleri ve çevresel şartlardan yararlanılarak yol ağındaki riskli bölgeler farklı metodlarla bulunabilir (Tunç, 2003). Bu inceleme sonucunda bulunan riskli bölgelerde iyileştirme çalışmaları yapılır. Mevcut yollar için kazaların meydana geldiği yol kesimlerinde gerekli iyileştirmelerin yapılması için kaza analizleri yapılması kuşkusuz en önemli adımdır (Çodur ve ark., 2013). Ülkemizde bu çalışmaları ilgili kuruluşlar sorumlu oldukları yol ağında yapmaktadır ve bazı kuruluşlar bunları yayınlamaktadır. Yol ağının bakım ve onarımından sorumlu kuruluşlar, trafik güvenliği açısından riskli olduğu tespit edilen yol bölümleri için, projeler üreterek, bütçeleri ölçüsünde iyileştirme yapmaktadırlar. Ancak Ülkemizde toplumun kendi alışkanlıkları doğrultusunda yol yapılması beklentisi sonucu, trafik güvenliği arka plana atabilmektedir. Bazı durumlarda örneğin; yüksek maliyet, kamulaştırma, tarihi ve kültürel yapılar gibi nedenlerle yol yapıcılar riskli yol yapma mecburiyetinde kalabilmektedirler.

Al-Ghamdi (2002) yaptığı çalışmada kaza şiddeti üzerinde etkili faktörler lojistik regresyon analizi ile incelenmiştir. Kazada kullanılan değişkenler kaza şiddeti, çarpışma tipi, lokasyon (kavşak veya değil), gün durumu, sürücü yaşı, araç tipi, vatandaşlık (Sudi/Sudi değil) gibi değişkenlerin kaza şiddeti ile ilişkisi incelenmiştir. Abdel-Aty ve Keller (2005) yaptıkları çalışmada sinyalizasyon kavşaklarında meydana gelen kazaların şiddet seviyesine etki eden faktörleri incelemişlerdir. Çalışmada hiyerarşik ağaç tabanlı regresyon modeli kullanılmıştır. Çalışmada meydana gelen kazaları; maddi hasarlı kazalar, hafif-orta-ağır-yaralanmalı kazalar ve ölümlü kazalar olarak 5 kategoriye ayırmıştır. Bağımsız değişken olarak çarpma şekli, kavşak kollarının trafik miktarı, kavşağın geometrik özelliklerinin etkileri araştırılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; günlük trafik hacminin, maddi hasarlı kazalar üzerinde diğer değişkenlere göre daha fazla etkili olduğu, sola dönüş şeridinin bulunmasının ise orta şiddetli yaralanmalı kazalar üzerinde daha fazla etkili olduğu belirlenmiştir. Tuncuk ve Kardeşin (2005) yaptıkları çalışmada sinyalizasyonsuz eşdüzey kavşak tasarım hatalarının, trafik kazaları üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışma kapsamında Isparta ilinde seçilen kavşakların tasarım ve geometrileri incelenmiştir. Yan ve ark. (2005) yaptıkları çalışmada kavşaklarda meydana gelen ön ve arka çarpışmaları incelemişlerdir. Araştırmada çoklu lojistik regresyon analizi ile yapılmıştır. Araştırmada sürücünün alkollü olması, yol yüzeyin kuru veya ıslak olması, aracın hızı kazalar üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu belirlemişlerdir. Kim ve ark.(2007) yaptıkları çalışmada kırsal yollardaki kavşaklarda kaza olma olasılığı incelenmiştir. Çalışmada metod olarak hiyerarşik lojistik regresyon model kullanılmıştır. Bağımlı değişken olarak 5 kategorili çarpma şekli seçilmiştir. Bağımsız değişkenler ise 2 grup olarak eğim kurp açık-kapalı hava, yüzey, gün durumu, banket, sinyalizasyon ve kavşak kollarının



kesişim açısı seçilmiştir. Araştırma sonucunda her çarpma çeşidine göre bağımsız değişkenler ayrı ayrı değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır. Wong ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada sinyalizasyon kavşaklarında kazalara katkıda bulunan faktörler incelemiştir. Bu çalışmada yöntem olarak poisson regresyon ve negatif binom regresyon kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarında, incelenen kavşaklardaki YOGT (Yıllık Ortalama Günlük Trafik), kavşak yakınındaki tramvay durağının varlığı, ticari araç oranı, yaya akım sayısı, ortalama şerit genişliği, ortalama dönüş yarıçapı değişkenlerinin kazalar üzerinde etkili oldukları belirtilmiştir. Bektaş ve Hınıs (2008) yaptıkları çalışmada şehir içi trafik kazalarını incelemiştir. Çalışmada yöntem olarak lojistik regresyon analizi kullanılmıştır. Bağımlı değişken olarak kaza şiddeti, bağımsız değişkenler ise yol yüzeyi, sürücü yaşı, kaza nedeni, kazanın olduğu mevsim, saat, gün, sürücü alkol kullanım durumu olarak belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarında kazayı etkileyen parametreler ve etki miktarları belirlenmiştir. Saplıoğlu ve Karaşahin (2010) yaptıkları çalışmada şehiriçi sinyalizasyonsuz kavşaklardaki kazalarının oluşmasına neden olan yol ve çevre unsuru, özellikle kavşak geometrik özellikleri ile kazalar üzerindeki etkilerini ayrıntılı olarak incelemiştir. Çalışma sonucunda şehiriçi sinyalizasyonsuz kavşaklarda kazalara etki eden parametreler sırasıyla: trafik hacmi, hız, görüş unsurları ile ilgili olan engelin yola mesafesi-yol kenarı park, geometrik unsurlardan boyuna eğim-kol açısı-kavşak kollarının kesişmeme durumu olduğu belirlenmiştir. Çalışmada gece kaza oranlarının gündüz kaza oranlarına göre daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Kononen ve ark. (2011) yaptıkları çalışmada motorlu araç kazalarında oluşan ciddi yaralanmalar incelenmiştir. Araştırmada lojistik regresyon analizi kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan değişkenler çoklu tekli kazalar, çarpma şekli, sürücü yaşı, araçta bayan olup olmaması, kemer kullanımı ve araç cinsidir. Çalışma sonuçlarında, bu değişkenlerin kaza sonucu oluşan ciddi yaralanmalara etkisi olduğu belirlenmiştir. Chen ve ark. (2012) yaptıkları bir çalışmada kavşaklarda kazayı etkileyen risk faktörleri incelenmiştir. Çalışmada metod olarak lojistik regresyon analizi kullanılmıştır. Araştırmadaki değişkenler sürücü yaşı, cinsiyet, trafik kontrol tipi, hız bölgesi, çarpma tipi, günün saati ve emniyet kemeri kullanımınıdır. Araştırma sonunda 100km/saat hız bölgesinde ve kontrolsüz kavşaklarda olan kazaların daha şiddetli olduğu ortaya çıkarılmıştır. Çodur ve Tortum (2013) yaptıkları çalışmada 2005-2010 yılları arasında Erzurum-Pasinler Yoluna ait trafik kaza raporlarından elde edilen veriler kullanılarak kazalara neden olan faktörler ve bu faktörlerin birbiri ile ilişkileri incelemiştir. Çalışmada yöntem olarak genelleştirilmiş lineer regresyon tekniği kullanılmıştır. Çalışma sonucunda mevcut bölünmüş yollarda, kazaya karışan ağır araçların yüzdesi, yaz mevsiminde olan kazaların yüzdesi ve yıllık ortalama günlük trafik arttığında kaza sayılarının arttığı belirtilmiştir. Zhao ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada, şehir içi sinyalizasyon kavşak yaklaşımlarında olan kazaları çok değişkenli poisson log-normal model kullanılarak incelemiştir. Çalışmada üç seviyeli kaza şiddeti bağımlı değişken olarak, bağımsız değişkenler ise incelenen kavşakların yerleri, sola dönüş şeritleri, kol sayıları, kavşakların ana ve tali yollarındaki yaklaşım hızları, banket genişlikleri ve kolları arasındaki açılar olarak belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarında dar şeritli yaklaşımlarda daha az kaza olduğu belirtilmiştir.

Tercan ve Beşdok (2018) bölünmüş yollardaki trafik kazalarına neden olan faktörler arasındaki ilişkiyi belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmada yöntem olarak Temel Bileşenler Analizi (TBA) biplot yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar gün (gece), gün (gündüz), çok araçlı, tek araçlı, kaza tipi (yoldan çıkma), kavşak yok ve kavşak var parametrelerinin ölümlü ve yaralanmalı kazalarda en önemli parametreler olduğunu göstermektedir. Kabit ve ark. (2019) yaptıkları çalışmada, Malezya'daki sinyalizasyon kavşaklarda meydana gelen kazalarda sürücü yaralanma şiddetine etki eden faktörler incelenmiştir. Bu çalışmada yöntem olarak lojistik regresyon analizi kullanılmıştır. Çalışmada kaza şiddeti, sürücü yaşı ve cinsiyeti, araç tipi, kaza tipi, olumsuz sürücü davranışları olarak; riskli sürüş, aşırı hız, kırmızı ışıkta geçme ve hava şartları gibi değişkenler kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarında, sürücü

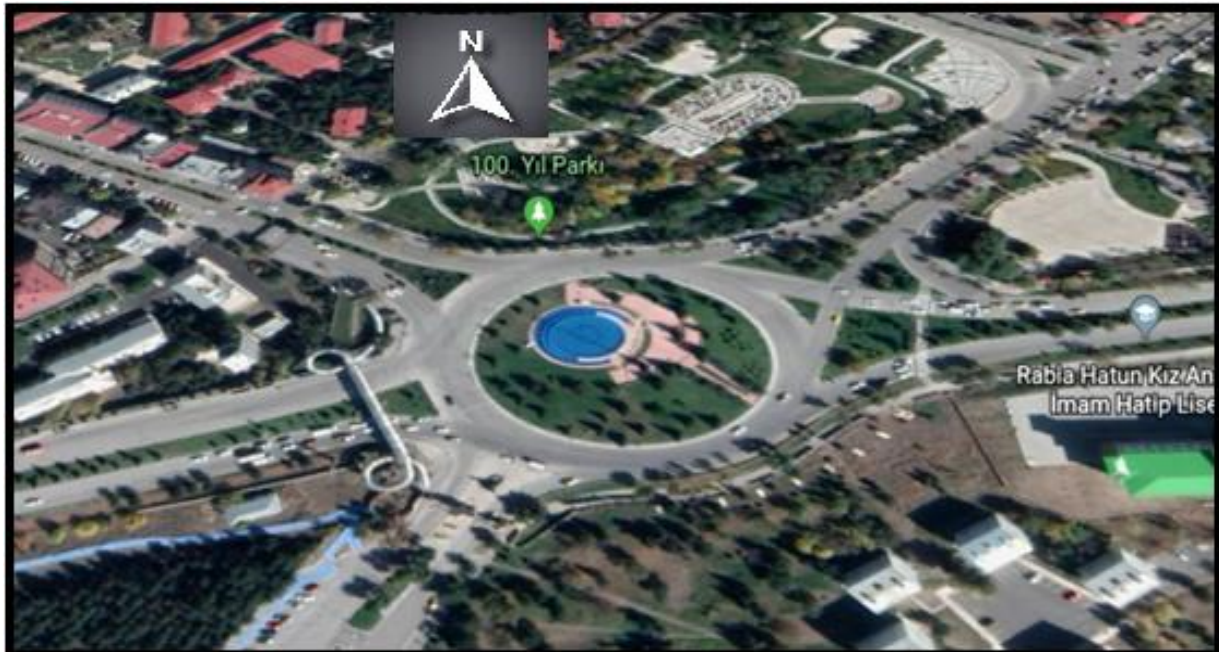
yaralanma şiddetine olumsuz sürücü davranışlarının en fazla etkili olduğu belirlenmiştir. Pathivada ve Perumal (2019) yaptıkları çalışmada ikilem sürücü davranışının sinyalize kavşaklardaki etkisi incelemiştir. Bu çalışma da yöntem olarak lojistik regresyon analizi kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarında, sürücülerin kavşaklar da ikilem yaşadığında kaza olmasına etkili en anlamlı değişken otomobil olduğunu belirtilmiştir. Özen (2019) çalışmasında dört kollu kent içi sinyalize kavşakta kaza sıklığını etkileyen faktörleri incelemiştir. Çalışmada poisson ve negatif binom regresyon yöntemleri kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarında, kavşağa yaklaşan toplam şerit sayısı ile kaza frekansı arasında anlamlı ilişki olduğu belirtilmiştir. Literatürde kavşak yaklaşımlarında eğimin azaltılmamasının trafik güvenliğini artırdığı bilinmektedir (Tunç, 2003). Ancak Ülkemizde kavşak kollarındaki yaklaşım eğimleri ve kavşak bütünündeki kot farkları kazaları nasıl etkilediğine dair bir araştırmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmanın amacı şehir içinde beklenenden çok fazla ölümlü yaralanmalı kaza olan yaklaşım kolları arasında kot farkı olan sinyalize dönel kavşak içerisindeki kaza şiddetine etki eden faktörleri tespit etmektir. Bu çalışma kapsamında yöntem olarak lojistik regresyon analizi kullanılmıştır. Kaza şiddeti ve kazaya karışan araç sayısı bağımlı değişken olarak alınmıştır. Bağımsız değişken olarak gün durumu, saat dilimi, yüzey durumu, kazanın olduğu gün ve kazanın olduğu kavşak kolunun mutlak eğimi alınmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma kapsamında Erzurum'da kazaların yoğun yaşandığı bir kavşak olan Atatürk Üniversitesi kavşağı seçilmiştir. Bu kavşak etrafındaki kültürel alanlar ve kavşak kolları arasındaki kot farkı nedeniyle değişiklik veya iyileştirme yapılması oldukça zor bir yerdedir. Atatürk Üniversite kavşağına günde ortalama 50 000 araç giriş yapmaktadır.

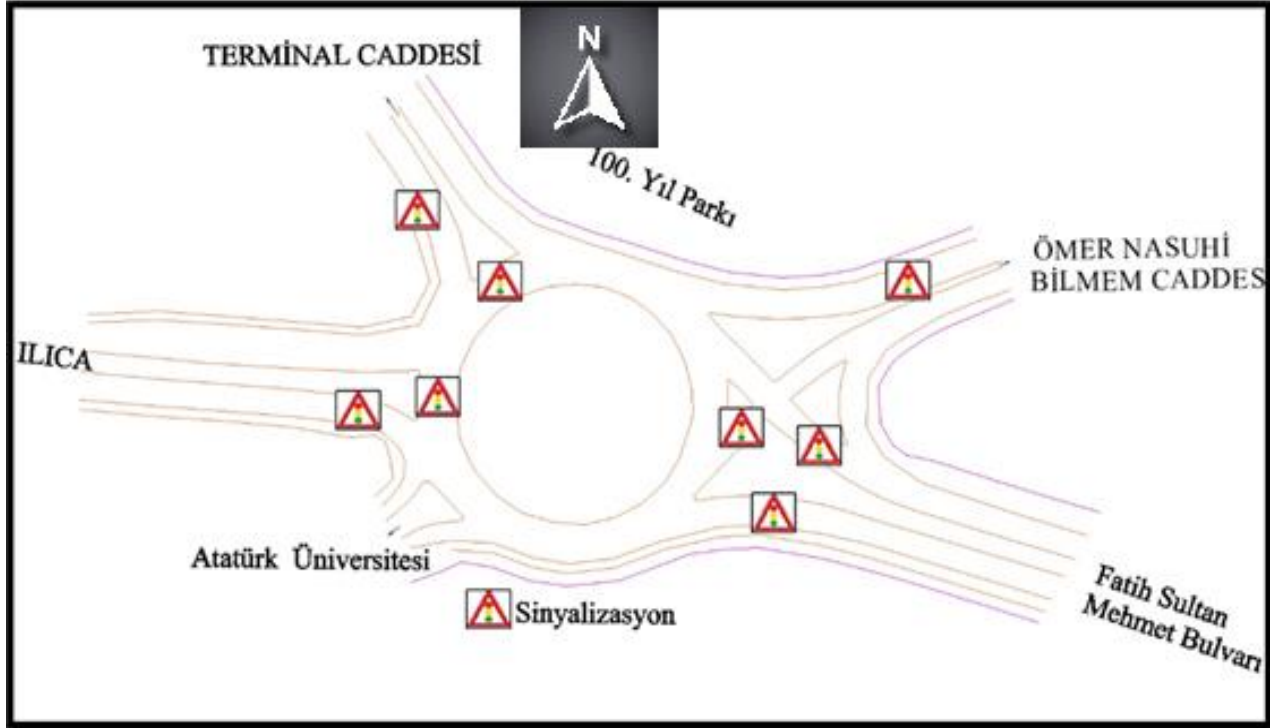
Kavşağın 5 adet kolu vardır. Kavşak içerisinde sinyalizasyon bulunmaktadır. Kavşağın uydu görüntüsü Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Atatürk Üniversitesi Kavşağının uydu görüntüsü

Atatürk Üniversitesi Kavşağı sinyalize dönel kavşaktır. Kavşağın ortasında yaklaşık 100 m çapında tam daire olmayan bir ada mevcuttur. Kavşağa giriş yapılan 4 kolda sinyalizasyon varken

Atatürk Üniversitesi giriş ve çıkışında sinyalizasyon yoktur. Kavşağın dönel kısmında 3 noktada sinyalizasyon mevcuttur. Bir adette yayalar için Fatih Sultan Mehmet Bulvarı çıkışında sinyalizasyon vardır. Toplam 8 noktada sinyalizasyon bulunmaktadır. Şekil 2’de gösterilmiştir.



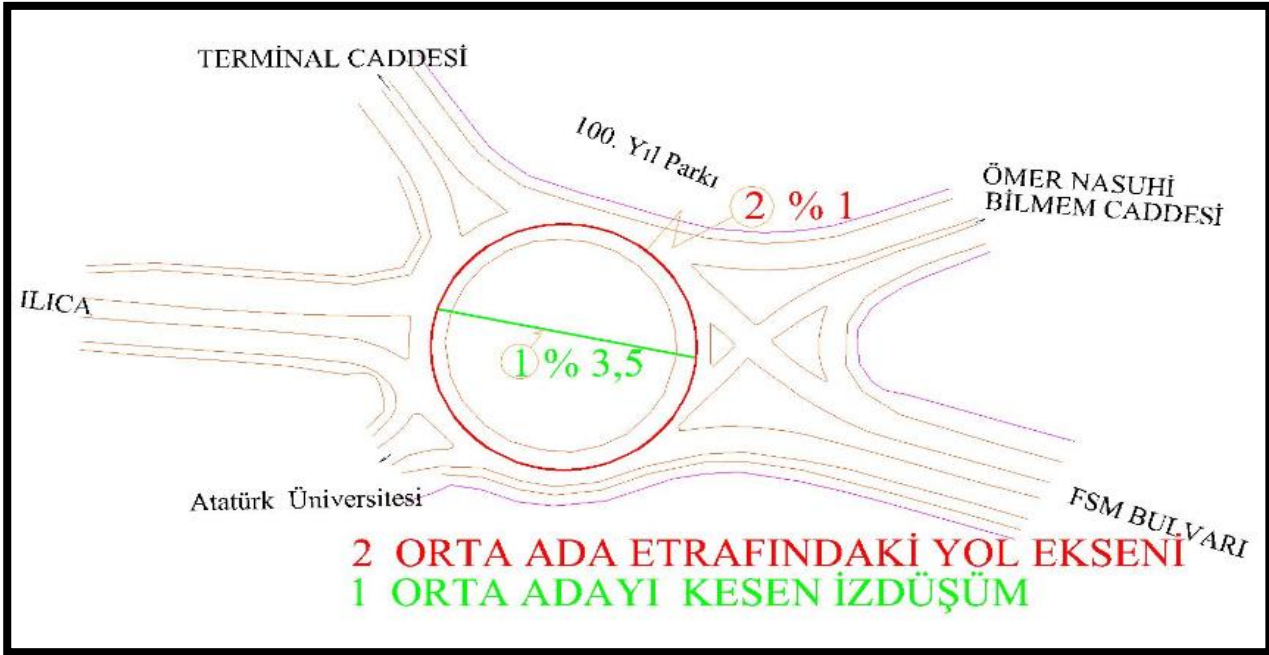
Şekil 2. Atatürk Üniversitesi Kavşağı sinyalizasyon ışıklarının konumları

Bu kavşağın dönel kısmındaki platformun uzunluğu 362 m’dir. Kavşağın bu kısımdaki yolun en yüksek kotu 1 903.345 m iken en düşük kotu ise 1 899.897 m’dir. Kavşağın dönel yolu Atatürk Üniversitesi girişinde yükselmeye başlayarak Fatih Sultan Mehmet Bulvarı kolu kısmında en yüksek noktaya ulaşıyor ve bu noktadan sonra alçalmaya başlayarak en düşük noktasında İlica çıkışında ulaşıyor. Kavşağın bir başka önemli özelliği ise kavşak kollarının boyuna eğimleridir. Kavşağın Fatih Sultan Mehmet Bulvarı %-5.00, Atatürk Üniversitesi Girişi %-1.45, Ömer Nasuhi Bilmem Caddesi %-2.67 ile kavşağa daha yüksek kottan alçalarak yaklaşıyor. Diğer kolları daha alçak kottan kavşağa yükselerek yaklaşıyorlar. Terminal Caddesi %+4.84, İlica yönü %+3.44 eğim ile düşük kottan kavşağa yükselerek yaklaşmaktadır. Yukarıda anlatılan eğimler nedeniyle yağışlı havalarda yüzey kayma direncinin azalması ve kot farkından dolayı bazı kesimlerde yetersiz görüş açısı olması bu kavşak için birer risk faktörüdür. Kavşağın kollarının birleştiği, çevre uzunluğu 362 m olan ada etrafındaki dönel yolda ortalama boyuna eğim % 1 civarındadır. Ancak kavşak adasını dik kesen bir hat çizildiğinde bu hat boyunca eğim %3.5’a kadar çıkmaktadır. Şekil 4’de gösterilmektedir. Bu durum kavşak içerisindeki araçlarla kavşağa katılan araçların birbirlerini fark etmesinde dezavantajlı bir durum oluşturmaktadır. Kavşak platformunun boyuna eğimi Şekil 3’de verilmiştir.



Z	NM			Z	NM		
		1890	1900			1890	1900
1902.231	0+185.000			1899.897	0+000.000		
1902.056	0+190.000			1900.036	0+004.774		
1901.882	0+195.000			1900.179	0+009.548		
1901.718	0+200.000			1900.329	0+014.321		
1901.581	0+205.000			1900.479	0+019.095		
1901.454	0+210.048			1900.644	0+023.869		
1901.344	0+214.822			1900.827	0+028.643		
1901.234	0+219.596			1901.025	0+033.417		
1901.119	0+224.370			1901.211	0+038.191		
1900.984	0+229.144			1901.415	0+042.964		
1900.819	0+233.917			1901.627	0+047.738		
1900.627	0+238.691			1901.797	0+052.512		
1900.415	0+243.465			1901.971	0+057.286		
1900.290	0+248.239			1902.173	0+062.060		
1900.224	0+253.013			1902.333	0+066.834		
1900.255	0+257.787			1902.414	0+070.000		
1900.283	0+262.560			1902.524	0+075.000		
1900.335	0+267.334			1902.623	0+080.000		
1900.126	0+272.108			1902.737	0+085.000		
1899.857	0+276.882			1902.877	0+090.000		
1899.719	0+280.000			1903.025	0+095.000		
1899.589	0+285.000			1903.124	0+100.000		
1899.424	0+290.000			1903.199	0+105.000		
1899.305	0+295.000			1903.258	0+109.798		
1899.287	0+300.000			1903.297	0+114.572		
1899.276	0+305.000			1903.321	0+119.346		
1899.313	0+310.000			1903.345	0+124.119		
1899.353	0+315.000			1903.234	0+128.893		
1899.389	0+319.846			1903.112	0+133.667		
1899.389	0+324.620			1903.070	0+138.441		
1899.408	0+329.394			1903.069	0+143.215		
1899.449	0+334.168			1902.923	0+147.989		
1899.508	0+338.942			1902.833	0+152.762		
1899.544	0+343.715			1902.764	0+157.536		
1899.578	0+348.489			1902.791	0+162.310		
1899.755	0+353.263			1902.731	0+167.084		
1899.897	0+358.037			1902.684	0+170.000		
1900.036	0+362.811			1902.579	0+175.000		
				1902.427	0+180.000		

Şekil 3. Atatürk Üniversitesi Kavşağı orta ada etrafındaki dönel yola ait boykesit



Şekil 4. Kavşağın merkez ada etrafı ve dik izdüşümünün boyuna eğiminin şematik gösterimi

Dönel kavşakların diğer eş düzey kavşaklara oranla, güvenlik seviyesini artıran dört neden vardır. Bu dört neden;

1-Dönel kavşaklarda daha az çatışma noktasının olması.

2- Dönel kavşakta hızın düşük olması.

3-Kavşağı kullanan araçların hızlarının birbirlerine yakın olması.

4-Yaya geçişlerine, kavşağın yapısı nedeniyle diğer kavşaklara oranla daha uygun olmasıdır (Anonim, 2010).

Atatürk Üniversitesi Kavşağında dört giriş sinyalizasyonla kontrol altına alınsa da, üç şeritli dönel alanda yeni çakışmalar oluşmakta kavşağa giren araçlar ile çıkmak isteyen araçlar sürekli kaza yapma eğilimindedirler. Bu kavşak, kavşağa giren aracın kavşakta olan araca yol verme prensibiyle çalışan bir dönel kavşak olması durumunda, uzun periyotta beklenen kaza frekansı aşağıda hesaplanmıştır(Anonim, 2010);

Toplam Kaza:

$$Kaza\ Frekansı = 0.0073xA^{0.7490} \quad (1)$$

Ölümlü Yaralanmalı Kaza:

$$Kaza\ Frekansı = 0.0029xA^{0.5923} \quad (2)$$

Karayolları 12. Bölge Müdürlüğü'nün 2017 yılında bu kavşak için yaptığı bir ölçüm sonucu kavşağa günde giriş yapan araç sayısı ortalama olarak 50 000 araç olduğu belirlenmiştir (Anonim, 2017). Buna göre Eşitlik 1. kullanılarak,

$$Toplam\ Kaza\ Frekansı = 0,0073x50\ 000^{0.7490}$$

Toplam Kaza Frekansı=24.1 kaza/yıl olarak belirlenmiştir. Kavşakta ölümlü ve yaralanmalı kaza frekansı Eşitlik 2. kullanılarak

$$Ö.Y.Kaza\ Frekansı = 0.0029x50.000^{0.5923}$$



Ö.Y. Kaza Frekansı=1.8 kaza/yıl olarak belirlenmiştir.

2008-2017 yılları arasında bu kavşakta olan kazalara ait kaza frekansı 33.5 kaza/ yıldır. Ölümlü yaralanmalı kaza frekansı ise 10.4 kaza/ yıldır. Bu kavşakta olan toplam kaza Ülkemizdeki trafik kazalarının gelişmiş ülkelerle kıyaslandığında beklenen kazanın 24.1 kaza/ yıl olması, gerçekleşen kaza frekansının 33.5 kaza/ yıl olması açıklanabilir. Ancak bu kavşakta olan ölümlü yaralanmalı kazalarda beklenenin 1.8 kaza/ yıl olması gerçekleşenin de 10.4 kaza/ yıl olması Ülkemizde bulunan genel kaza riski oluşturan faktörlerle izahı zordur. Bu kavşakta olan şiddetli kazaların, bu kavşağa özgü faktörlerin etkili olduğu aşikârdır.

Bu kavşakta fazla kaza olmasını tetikleyen etki kavşağın kendine özel geometrisidir. Kavşağın yukarıda anlatılan topoğrafik yapısı nedeniyle kazalar üzerinde oluşturduğu risk durumunun kaza şiddetine etkisi gün durumu ve yüzey durumu değişkenleri üzerinden bu çalışmada incelenmiştir. Burada eğimin araçlar üzerinde görüş nedeniyle bir olumsuzluğu ortadadır. Ancak yol yüzeyi ile lastikler arasında oluşacak yetersiz bir tutunma, ıslak ve kuru zemin kazaların da kendini gösterir. Bu nedenle bu çalışmada bağımsız değişken olarak yüzey durumu (kuru ve kuru olmayan (karlı, buzlu, ıslak) ve gün durumu (gündüz, gece) değişkenleri seçilmiştir. Bu analizde ayrıca kazanın olduğu gün değişkeninin de kaza şiddetine etkisi incelenmiştir.

### Kaza Verileri

Çalışma kapsamında bu kavşak alanı içerisinde 2008-2017 yılları arasında olan 335 adet kaza bilgileri Erzurum Emniyet Müdürlüğü'nden alınmıştır. Bu kaza verilerine ilaveten 2018 yılında meydana gelmiş ölümlü yaralanmalı 9 adet kaza tutanağına da ulaşılmıştır. Bu çalışmada toplam 344 adet kaza verisi kullanılarak analiz yapılmıştır. Emniyet Müdürlüğü'nden alınan 2008-2017 kaza verilerinde sunulan değişkenler 2013 yılından sonra sadeleştirilmiştir. Özellikle bu çalışmada incelenmek istenen yüzey durumu 2013-2017 yıllarına ait verilerde bulunmamaktadır. Bu nedenle yüzey durumu 2008-2012 yılları arasındaki 229 veri ile incelenmiştir. Bu kavşakta olan ölümlü yaralanmalı kazaların, 54 adet kazanın tutanağına Karayolları 12. Bölge Müdürlüğü'nden alınmıştır. Bu 54 veriden 45 veri emniyetten alınan veriler içerisinde mevcuttur. 9 kaza ise 2018 yılında ölümlü yaralanmalı kazalara aittir. Bu kaza tutanakları da bu çalışmada ayrıca incelenmiştir. Özetle bu kavşakta meydana gelen kazalar üç ayrı veri seti kullanılarak incelenmiştir (Çizelge 1). Ayrıca çalışmada kullanılan değişkenler kategorik olarak düzenlenmiştir(Çizelge 2).

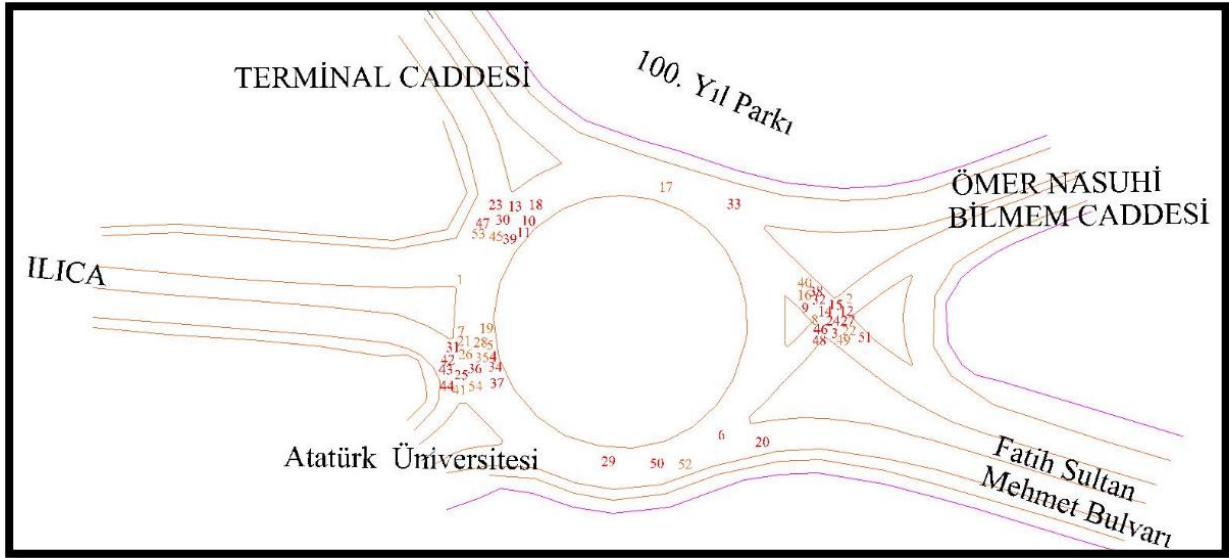
### Çizelge 1. Kazada kullanılan değişkenler.

	1. Grup Kaza Verileri	2. Grup Kaza Verileri	3. Grup Kaza Verileri
Ait olduğu zaman aralığı	2008-2017	2008-2012	2012-2018
Veri Sayısı	335	229	54
Bağımlı değişkenler	Kaza Şiddeti	Kaza Şiddeti	Kazaya Karışan Araç Sayısı
	Gün Durumu	Gün Durumu	Gün Durumu
Bağımsız Değişkenler	Saat Dilimi	Yüzey Durumu	Yüzey Durumu
	Gün		Kavşak Kolu Eğimi

### Çizelge 2. Çalışmadaki kategorik değişkenler

Gün Durumu	1-Gündüz 2- Gece
Yüzey Durumu	1-Kuru 2- Islak, Karlı, Buzlu
Araç Sayısı	1-Tekli 2- Çoklu
Gün	1 Pazartesi, 2-Salı, 3- Çarşamba, 4-Perşembe, 5- Cuma, 6- Cumartesi 7- Pazar
Saat Dilimi	1- 9:00-14:59 2-15:00-20:59 3-21:00 2:59 4-3:00-8:59
Kaza Şiddeti	1- Maddi hasarlı 2- Yaralanmalı Ölümlü
Kavşak Kolu	1- Ömer Nasuhi BİLMEM Bulvarı (2.67) 2- Terminal Caddesi(4.84), 3- Ilıca Yolu(3.44)
Eğimleri	4- Atatürk Üniversitesi Girişi (1.45) 5-Fatih Sultan Mehmet Bulvarı (5.00)

Birinci grupta 335 kaza incelenmiştir. 2018 yılındaki 9 ölümlü yaralanmalı kaza bu guruba dahil edilmemiştir. 2018 yılında olan maddi hasarlı kaza verileri elimizde bulunmadığı için, 9 adet 2018 yılına ait ölümlü yaralanmalı kaza bu guruba dahil edilmeyerek, 335 kaza ile analiz edilmiştir. İkinci Grupta yer alan 229 veride yol yüzey durumunun kaza şiddetine etkisi incelenmiştir. Kaza anındaki yol yüzey durumu 335-229=106 veride maalesef kayıtları tutulmamıştır. Üçüncü Grup kazaların Kavşak bölgesindeki oluş yerleri Şekil 5’de gösterilmiştir. Bu kazaların hepsi yaralanmalı ölümlü kazalardır. Bu kazalar, kazaya karışan araç sayısına bağlı olarak incelenmiştir.



Şekil 5. 2012-2018 Yılları arasındaki yaralanmalı-ölümlü kazaların meydana geldiği yerler

## İstatistik Analizler

### İkili (Binary) Lojistik Regresyon

Bu çalışmada Atatürk Üniversitesi Kavşağında olan kazaları etkileyen faktörlerin incelenmesi lojistik regresyon analizi kullanılarak yapılmıştır. Lojistik regresyon analizinde değişkenler ikili veya çoklu olabilir. Bağımlı değişkenler kategorik değişken olmalıdır. Bağımsız değişkenler kategorik, sürekli veya kesikli ölçülen değişken olabilir. Lojistik regresyon analizinde bağımlı değişkenin alabileceği değerlerden birini gerçekleşme olasılığı tahmin edilebilir. Lojistik regresyon modelinin temeli üstünlük oranına (Odds Oranı) dayanır. Bir olayın meydana gelme olasılığının, meydana gelmeme olasılığına oranlanması ile elde edilir. Çok değişkenli Lojistik regresyon modeli aşağıdaki gibidir;

$$P(Y) = \frac{e^z}{(1+e^z)} = \frac{1}{(1+e^{-z})} \quad (3)$$

Burada;

P(Y) : Olayın meydana gelme olasılığı

Z ise aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$Z = B_0 + B_1 * x_1 + B_2 * x_2 \dots + B_n * x_n \quad (4)$$

Burada;

B: Lojistik regresyon katsayısıdır.

X: Bağımsız değişkenler, (1,2,...n)

Çok değişkenli lojistik regresyon modelde;

$$Q(Y) = 1 - P(Y) \quad (5)$$

Q(y)= olayın olmama olasılığı

$$\ln\left(\frac{P(Y)}{Q(Y)}\right) = B_0 + B_1 * x_1 + B_2 * x_2 \dots + B_n * x_n \quad (6)$$

$$Odds Oranu = \frac{P(Y)}{Q(Y)} = e^{B_0+B_1*x_1+B_2*x_2+\dots+B_n*x_n} \quad (7)$$

Lojistik regresyon modeli SPSS (Statistical Package for the Social Sciences (Sosyal Bilimler İçin İstatistik Paketi)) paket programından faydalanarak % 95 güven aralığında model oluşturulmuş ve analizler yapılmıştır. Oluşturulan lojistik regresyon modellerin uyumu Omnibus testi, Nagelkerke R, Hosmer ve Lemeshow testi ile kontrol edilmiştir. Omnibus testi önem 0.05'den küçük olduğunda bağımsız değişkenler ile bağımlı değişkenler arasında bir ilişki var olduğunun göstergesidir. Nagelkerke R-kare testi bu test bağımsız değişkenin bağımlı değişkendeki toplam değişimini gösterir 0-1 arası değer alır. Bu değer ne kadar büyük olursa model o kadar uyumludur, anlamı çıkar. Hosmer ve Lemeshow testi bu test lojistik regresyonu bir bütün olarak uyumunu değerlendirir. Özellikle bağımsız değişkenlerin sürekli değişken olduğu durumda ya da küçük örneklerle çalışıldığı durumda geleneksel kıkare testinden çok daha güçlüdür. Bu teste önem 0.05 den büyük olduğunda model veri uyumunun yeterli düzeyde olduğunu gösterir (Karagöz, 2016).

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### 1. Grup Verilerin Analizi

335 adet veri setinde saat dilimi, gün durumu ile kazanın meydana geldiği gün değişkeninin kaza şiddetine olan etkisi incelenmiştir. Bulunan sonuçlarda Çizelge 3'de belirtilmiştir. Model uyumu için Omnibus testi önem 0.00 olup 0.05'den küçüktür. Nagelkerke R-kare değeri 0.174, Hosmer ve Lemeshow testinde önem 0.147 olup ve 0.05 den büyüktür, bulgulara göre model uyumludur. Lojistik regresyon analizinde kategorik bağımsız değişkenlerde referans kategori belirlenerek analiz buna göre yapılır. Referans kategori analizde Odds oranı ve lojistik regresyon katsayısı hesaplanmaz. Diğer kategoriler için değerler referans kategori dikkate alınarak hesaplanır. Bu çalışmada referans kategoriler; gün durumu için "gündüz", saat dilimi için 09:00-14:59 kadar olan kazalar, haftanın günü değişkeni için pazartesi günü olan kazalar belirlenmiştir. Bulunan sonuçlar Çizelge 3'de verilmiştir. Analiz sonucunda, anlamlı olan değişkenlerin anlamlılık değerleri koyu yazılarak dikkat çekilmiştir(Çizelge 3). Gün değişkeni pazartesi günü olan kazalar referans alındığında pazar günü olan kazaların şiddetinin artması yönündedir. Odds oranı 4.630'dur. Pazar günü olan kazalar pazartesi gününde olan kazalara göre 4.630 kat daha şiddeti fazladır. Aynı şekilde cumartesi ve perşembe günü olan kazaların şiddeti de pazartesi günü olan kazalardan daha yüksektir. Saat dilimi değişkeninde ise 21:00-2:59 arasında olan kazaların şiddeti 9:00-14:59 arası olan kazalara göre şiddeti 2.876 kat daha fazladır. 3:00-2:59 arası olan kazaların şiddeti 9:00-14:59 arası olan kazalara göre şiddeti 3.868 kat daha fazladır.

**Çizelge 3.** 2008-2017 Yılları arasında meydana gelen kazaların sonuçları

	B	S.E.(Standart Hata)	Wald	df*	Anlamlılık Değeri	Odds Oranı	% 95 Güven Sınırları	
							Alt Sınır	Üst Sınır
Saat Dilimi 1 (Ref)			20.085	3	0.000			
Saat Dilimi 2	0.012	0.357	0.001	1	0.973	1.012	0.503	2.038
Saat Dilimi 3	1.056	0.341	9.598	1	<b>0.002</b>	2.876	1.474	5.610
Saat Dilimi 4	1.353	0.422	10.264	1	<b>0.001</b>	3.868	1.691	8.847
Pazartesi (Ref)			19.456	6	0.003			
Salı	-0.400	0.599	0.448	1	0.503	0.670	0.207	2.166
Çarşamba	0.941	0.508	3.432	1	0.064	2.562	0.947	6.931
Perşembe	1.172	0.510	5.282	1	<b>0.022</b>	3.229	1.188	8.775
Cuma	0.674	0.512	1.735	1	0.188	1.962	0.720	5.352
Cumartesi	1.046	0.518	4.077	1	<b>0.043</b>	2.847	1.031	7.860
Pazar	1.532	0.495	9.579	1	<b>0.002</b>	4.630	1.754	12.218
Sabit	-0.796	0.137	33.613	1	0.000	0.451		

\* df: Serbstlik Derecesi

## 2. Grup Verilerin Analizi

İkinci grup, 229 adet veriden oluşmaktadır. Bu veri gurubunda yüzey durumu ve gün durumu bağımsız değişkenlerinin kaza şiddetine olan etkisi incelenmiştir. Bulunan sonuçlarda Çizelge 4'de gösterilmiştir. Model uyumu için Omnibus testi anlamlılığı 0.00 olup, 0.05'den küçüktür. Nagelkerke R-kare değeri 0.087'dir. Hosmer ve Lemeshow testinde önem 0.734 olup ve 0.05'den büyüktür. Bu parametrelere göre model uyumludur. Bu sonuçlara göre Üniversite Kavşağında olan kazaların şiddetine yol yüzey durumunun anlamlı bir etkisi bulunmamaktadır. Ancak hava karardığında olan kazalar, gündüz olan kazalara göre % 95 güven aralığının da 2.899 kat daha şiddetli olduğu analiz sonucu ortaya çıkmıştır. Bu sonuca benzer olarak Saphioğlu ve Karaşahin (2010) yaptıkları çalışmada şehiriçi sinyalizasyonsuz kavşaklarda gece kaza oranlarının gündüz kaza oranlarına göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.** 2008-2012 Yılları arasında meydana gelen kazaların analiz sonuçları

	B	S.E.(Standart Hata)	Wald	df	Anlamlılık Değeri	Odds Oranı	% 95 Güven Sınırları	
							Alt sınır	Üst sınır
Yüzey Durumu Ref (Kuru)	-0.093	0.286	0.106	1	0.745	0.911	0.520	1.596
Gün Durumu Ref (Gündüz)	1.064	0.276	14.902	1	0.000	2.899	1.689	4.976
Sabit	0.000	0.143	0.000	1	0.997	1.000		

\* df: Serbstlik Derecesi

## 3. Grup Verilerin Analizi

Bu grupta bulunan 54 adet kaza verisi ölümlü ya da yaralanmalı kazalardır. Bu incelemede yüzey durumu, gün durumu ve kazanın olduğu bölgedeki kavşak koluna ait yüzde eğimin mutlak değeri ile kazaya karışan araç sayısına (tekli- çoklu kaza) etkisi incelenmiştir. Kurulan lojistik modelde Omnibus testi önem 0.046 olup ve 0.05'den küçüktür. Nagelkerke R-kare değeri 0.189'dir. Hosmer ve Lemeshow testinde önem 0.449 olup, değer 0.05'den büyük olduğu için model uyumludur.

Bu analizde Atatürk Üniversitesi kavşağında olan yaralanmalı ve ölümlü kazaların çoklu veya tekli olmasına yüzey durumunun, gün durumunun ve kavşak kollarının mutlak eğimin etkisi olup olmadığı incelenmiştir. Anlamlılık değerleri koyu yazılarak dikkat çekilmiştir (Çizelge 5). İnceleme sonucunda yüzey durumunun ve gün durumunun anlamlı bir etkisinin olmadığı, ancak mutlak eğimin % 95 güven aralığının da 1 birim artmasının 1.767 kat kazaların tekliden çokluya doğru yönelim eğiliminde olduğu görülmektedir.

**Çizelge 5.** 2012-2018 Yılları arasında meydana gelen yaralanmalı-ölümlü kazaların analizi

	B	S.E.(Standart Hata)	Wald	df	Anlamlılık Değeri	Odds Oranı	% 95 Güven Sınırları	
							Alt sınır	Üst Sınır
<b>Yüzey Durumu Ref (Kuru)</b>	1.191	0.660	3.260	1	0.071	3.292	0.903	11.996
<b>Gün Durumu Ref (Gündüz)</b>	-0.620	0.689	0.809	1	0.369	0.538	0.139	2.077
<b>Mutlak Eğim</b>	0.569	0.255	4.977	1	<b>0.026</b>	1.767	1.072	2.914
<b>Sabit</b>	-1.930	1.103	3.061	1	0.080	0.145		

\* df: Serbstlik Derecesi

## SONUÇ

Yapılan bu çalışmada Atatürk Üniversitesi kavşağında olan kazalar kendi içerisinde incelenmiştir. Bu kavşakta olan kazaların şiddetine etkili olan en önemli etken gün durumu olduğu görülmektedir. Gece olan kazalar gündüz kazalarına göre daha şiddetli olmaktadır. Bu çalışmada toplam 344 kaza incelenmiştir. Bu kazaların 200'ü gündüz meydana gelmiştir ve bu kazaların 144'ü ise gece olmuştur. Ancak gece olan kazaların şiddeti daha yüksektir. Gece olan kazalarda saat 3:00-9:00 arası olan kazaların frekansı az olmasına rağmen şiddeti daha yüksek olmuştur. Bunun muhtemel nedeni kavşağın diğer olumsuz faktörlere ilaveten, bu saatler de sürücülerin uykusuz ve yorgun olmaları kaza şiddetini tetiklemiş olabilir. Bu eğimli kavşakta beklendiği gibi yüzey durumunun kaza şiddetine önemli bir etkisi bulunamamıştır. Erzurum da yıllık ortalama yağışlı gün sayısı 122.5 gündür (Anonim, 2019). Yaklaşık toplam kazanın % 36.2'si ıslak zeminde meydana gelmiştir. Bu araştırmada kullanılan 229 kazanın 83'ü ıslak zeminde olmuştur. Bu 83 kazanın 40'ı ölümlü yaralanmalı, 43'ü ise maddi hasarlıdır. Görüldüğü üzere ıslak zeminin kaza şiddeti üzerinde anlamlı bir etkisi yoktur. Bunun muhtemel nedeni yeni nesil araçlar da bulunan ABS gibi güvenlik sistemleri, kışın sürücülerin önemli bir bölümünün kışlık lastik kullanması gibi durumlar olabilir. Bu araştırmada bir kavşağın içinde olan kazalar değerlendirilmiştir. Eğer birçok kavşak değerlendirmeye tabi tutulsaydı yüzey durumu kaza frekansına etkisi anlamlı bulunabilirdi.

Hafta içerisinde kavşakta olan kaza dağılımı dengeli olmasına rağmen (pazartesi 48, salı 46, çarşamba 49, perşembe 48, cuma 50, cumartesi 43, pazar 51) pazar günü meydana gelen kazaların büyük bir oranı ölümlü yaralanmalı kazalardan oluşmaktadır. Perşembe ve cumartesi gününde diğer günlere göre daha fazla şiddetli kaza olmaktadır. Pazartesi ve salı ise maddi hasarlı kazalar daha çok olmaktadır. Pazar günü 51 kazadan 26'sı ölümlü yaralanmalı olmuştur. Pazartesi gününü ise 48 kazadan 8 ölümlü yaralanmalı kazadır. 10 yıllık dönemde pazar günü olan kazalarda önemli bir etki vardır. Kavşakta olan kazaları tetikleyen bir diğer önemli etken kavşak kollarının yüksek eğime sahip olmasıdır. Şiddetli kazaların dağılımı incelendiğinde, % 5 eğimli Fatih Sultan Mehmet Bulvarı girişi ile % 3.44 eğimli Ilıca yaklaşımı ve % 4.84 Terminal Caddesi girişinde olmaktadır. Toplam ölümlü yaralanmalı kazaların çok büyük bir bölümü bu bölgelerde olmaktadır. Bu ölümlü yaralanmalı kazaların önemli bir bölümü de çoklu kazalardır. Atatürk Üniversitesi Kavşağının girişlerde sinyalizasyon olması nedeniyle araç hızları genelde düşüktür. Ancak araç hızları kavşak içinde bir birlerine göre farklılık göstermektedir. Bu kavşakta olan kazalar sürücülerin kural ihlali nedeniyle olmaktadır. Kavşak içerisinde olan kazaların önemli bir bölümü küçük hasarlıdır. Ancak kavşak içerisinde birçok aracın karıştığı ciddi hasarların yaralanmaların olduğu kazalarda beklenenden çok fazladır. Bu kazaların azaltılması ve şiddetinin düşürülmesi için öneriler aşağıdadır.

Kavşağın Fatih Sultan Mehmet (FSM) Bulvarı girişi farklı seviyeli yapılabilir. Kavşak içerisinden Ömer Nasuhi Bilmen Bulvarına doğru giden araçlar mevcut zeminin altından transit geçiş verilerek FSM Bulvarından kavşağa girenlerle ayrılır. Böylece ölümlü yaralanmalı kazaların üçte bir oranında azaltılabilir. Kavşağın gece olan şiddetli kazalarının azaltılması için ışıklandırma gözden geçirilmelidir. Işıklandırmanın özellikle Ilıca, Terminal Caddesi, FSM Bulvarı girişi, yerden veya



sürücülerin göz hizasından yapılması tavsiye edilir. Bu girişlerdeki kavşağa giren araçların sol taraflarındaki görüşü engelleyecek bitkileri ve nesnelere yeniden tanzim edilmesi önerilir. Atatürk Üniversitesi girişinin araç trafiğine kapatılması Ilıca girişinden giren araçlarla Üniversiteye dönmeye çalışan araçların çakışmasını engellenerek bu bölge de olan kazaların önüne geçilebilir. Bu işlem yapıldığı takdirde kavşağın dört kollu kavşağa dönüşeceği için diğer kol girişlerinde olan kazaların azalmasına pozitif etki yapacaktır. Ancak bu radikal karar, toplumun tepkisine neden olabilir. Kavşağa FSM-Ilıca veya Ömer Nasuhi Bilmen-Ilıca güzergâhlarından biri transit olarak yeraltından verilen bir farklı seviyeli kavşak yapılabilir. Ancak bu yapılması düşünülen kavşağın kolları arasındaki eğitim farkı nedeniyle yaklaşımları çok uzun olabilir. Bu durum hem ciddi bir maliyet oluşturur, hem de bu bölgenin mevcut görünümünü ve estetiğini olumsuz etkiler. Pazar günü olan şiddetli kazaların azaltılması için trafik denetimi yapılması önerilir.

## KAYNAKLAR

- Abdel-Aty M, Keller J, 2005. Exploring the overall and specific crash severity levels at signalized intersections *Accident Analysis and Prevention* 37: 417–425.
- Ali S, Al-Ghamdi, 2002. Using logistic regression to estimate the influence of accident factors on accident severity *Accident Analysis and Prevention* 34: 729–741.
- Anonim, 2010. NCHRP Report 672 Roundabouts: An Information Guide U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration Page 5-23 U.S.
- Anonim, 2017. Karayolları 12. Bölge Müdürlüğü, Trafik Başmühendisliği, Erzurum.
- Anonim, 2018. Emniyet Genel Müdürlüğü, Trafik Hizmetleri Başkanlığı, Trafik İstatistik Bülteni, Ankara.
- Anonim, 2019. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Resmi İnternet Sitesi, <https://www.mgm.gov.tr/tahmin/il-ve-ilceler.aspx?il=Erzurum> (Erişim Tarihi: 18.01.2020)
- Bektaş S ve Hınıs MA, 2008. Şehir içi Trafik Kazalarına Etki Eden Faktörlerin Lojistik Regresyon Modeli İle İncelenmesi: Aksaray Örneği *Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg.*, C.23: S.3.
- Chen H, Cao L, Logan D, 2012. Analysis of Risk Factors Affecting the Severity of Intersection Crashes by Logistic Regression *Traffic Injury Prevention* 13:3: 300-307.
- Çalışkanelli SP, Özuysal M, 2019. Kentiçi Otobüs Sisteminin Güvenilirliğini Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi *DEU FMD* 21(61): 259-269.
- Çodur, MY, Tortum A, 2013. Erzurum-Pasinler Yolu Trafik Kaza Tahmin Modeli. *Ordu Üniv. Bil. Tek. Derg.*, Cilt:3, Sayı:2, 39-49.
- Çodur MY, Tortum A, Çodur M, 2013. Genelleştirilmiş Lineer Regresyon ile Erzurum Kuzey Çevre Yolu Kaza Tahmin Modeli. *İğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der.*, 3(1): 79-84.
- Kabit MR, Syn MLM, Zulkipli N, Gregory ZA, 2019. Modelling Driver Injury Severity at Signalized Intersections in Malaysia. *International Conference on Applied Science, Technology and Engineering J. Mech. Cont.& Math. Sci.*, Special Issue, No:4:288-299.
- Karagöz Y, 2016. PSS ve AMOS 23 Uygulamalı İstatistiksel Analizler 914 – 924 Ankara.
- Kima D. G, Lee Y, Washington S, Choi K, 2007. Modeling crash outcome probabilities at rural intersections: Application of hierarchical binomial logistic models. *Accident Analysis and Prevention* 39:125–134.
- Kononena DW, Flannagan CAC, Wang SC, 2010. Identification and validation of a logistic regression model for predicting serious injuries associated with motor vehicle crashes *Accident Analysis and Prevention* 43: 112–122.

- Özen M ,2019. Dört Kollu Sinyalize Kentsel Kavşaklarda Trafik Kazalarının Sıklığını Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi. Teknik Dergi 07 Ocak 2019
- Pathivada BK, Perumal V, 2019. Analyzing dilemma driver behavior at signalized intersection under mixed traffic conditions Transportation Research Part F 60: 111–120.
- Saplıoğlu,M., M.Karaşahin, 2010. Şehiriçi kontrolsüz eşdüzey kavşak kazalarını etkileyen unsurların değerlendirilmesi. SDU International Technologic Sciences vol. 2, no 2, june 2010 pp. 26-49.
- Tercan E, 2017. Karayolu Güvenliğinde Esnek Hesaplama Tekniklerinin Kullanılması. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi:113 Kayseri.
- Tercan E., Beşdok E, 2018. Trafik Kazalarına Etki Eden Faktörler Arasındaki İlişkilerin TBA Biplot Analiz Yöntemi İle Değerlendirilmesi, Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der. 8(1): 103-111.
- Tuncuk M., Karaşahin M., 2005. Şehiriçi Eşdüzey Kavşak Geometrilerinin ve Kazalara Etkilerinin İncelenmesi, Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi, Antalya, 470-483.
- Tunç A, 2003. Trafik Mühendisliği ve Uygulamaları sayfa 502, 572 Ankara.
- Wong S.C, Sze NN, Li YC, 2007. Contributory factors to traffic crashes at signalized intersections in Hong Kong Accident Analysis and Prevention 39:1107–1113.
- Yan X, Radwan E, Abdel-Aty M, 2005. Characteristics of rear-end accidents at signalized intersections using multiple logistic regression model Accident Analysis and Prevention 37:983–995.
- Zhao M, Liu C, Li W, Sharma A, 2017. Multivariate Poisson-lognormal model for analysis of crashes on urban signalized intersections approach Journal of Transportation Safety & Security 10:3: 251-265.

## Mechanical Performance of Basalt Fibre Reinforced Concretes

Zeynep ALGIN<sup>1\*</sup>, Kasım MERMERDAŞ<sup>1</sup>, Lawand Waleed KHALID<sup>1</sup>

**ABSTRACT:** The fresh and hardened characteristics of concrete reinforced with basalt fiber (BF) have been investigated in the presented study. The chopped micro BF with the length of 12 mm are included in concrete mixes at 0.2%, 0.4%, 0.6% and 0.8% of total volume along with the variation of water to cement ratios (w/c) of 0.47 and 0.59. Mechanical features of concrete incorporating BF are specified using the parameters obtained from static modulus of elasticity, compressive, flexural and splitting tensile strength tests. The multi objective optimization analyses using response surface method (RSM) is performed by the parameterization of the minimized cost and the maximized performance based on the dependent parameters presented. Test results reveal that the mechanical properties are improved while the workability of concrete is remarkably deteriorated by BF incorporation. The optimization analysis has inferred that the BF content of 0.356% provides the optimum result with the w/c ratio of 0.47.

**Keywords:** Basalt fiber, fiber-reinforced concrete, optimization, strength, workability, response surface method.

<sup>1</sup> Zeynep ALGIN (Orcid ID: 0000-0001-7004-8403), Kasım MERMERDAŞ (Orcid ID: 0000-0002-1274-6016), Lawand Waleed KHALID (Orcid ID: 0000-0003-3426-7646), Harran University, Engineering Faculty, Civil Engineering Department, Sanliurfa, Turkey

\* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Zeynep ALGIN, e-mail: zyilmaz@harran.edu.tr

\* This work was produced from the Master's thesis of Lawand Waleed KHALID.

## INTRODUCTION

Cement based construction materials, especially concrete, are largely utilized in construction industry. Its certain superior properties compared to other structural building materials play an important role for preference. However, it doesn't have proper ductility and high tensile strength, which leads to brittle behavior and low toughness. It exhibits weak tensile behavior because of its low strain energy absorption capacity and the presence of micro cracks and voids. Many fibers like steel, carbon, glass and polymer have been benefited in concrete resulting in significant improvements on the engineering properties such as tensile strength, impact, abrasion and fatigue resistances, ability to deform, energy absorption capacity and load carrying capacity after cracking (Wang et al., 2000; Yazıcı et al., 2007; Mohammadi et al., 2008; Elshafie and Whittleston, 2015).

Basalt fiber (BF) is obtained through the melting process of volcanic rocks at about 1450–1500 °C which is an environmentally friendly and non-hazardous method (Sim et al., 2005; Fiore et al., 2011; Borhan, 2012; Fiore et al., 2015). Despite the similarity in manufacturing processes of basalt and glass fibers, there is less energy and no additive requirement for BF. As such, BFs possess advantages when compared to the glass and carbon fibers (Deák and Czigány, 2009; Lopresto et al., 2011; Borhan, 2012; Fiore et al., 2015). BF can also be benefited as a newly introduced reinforcement material when considering the relatively common ones such as glass, aramid and carbon fibers in the concrete. This innovative material has advantages such as high thermal and chemical resistance, extremely good modulus and high strength (Jiang et al., 2010; Wei et al., 2010; Wei et al., 2011; Fiore et al., 2011; Borhan, 2012; Wang et al., 2013; Raj et al., 2014).

It has previously been reported that the workability of concrete having BF decreases by the increase in fiber content and length owing to its amount and high surface area which requires extra paste for being coated (Ma et al., 2010; Singaravadelan et al., 2012; Borhan, 2013). It accordingly decreases the w/c ratio then increases the resistance of fresh concrete against flow which results in the loss of slump. Therefore, the amount of superplasticizer is increased in order to obtain the target slump value (Chen and Liu, 2005; Jiang et al., 2014; Kabay, 2014; Elshafie and Whittleston, 2015).

Kizilkanat et al. (2015) fulfilled a comparative study to observe the strength features of high strength concrete incorporated with four volume fractions of glass and basalt fibers. It was reported that the mechanical properties measured from the concrete produced 0.5% BF are increased by 5.1%, 13% and 24%, respectively. It was also emphasized that the inclusion of BF provided better workability and higher mechanical properties compared to glass fiber. Arivalagan (2012) reports that the strength of concrete is enhanced compared to the concrete without BF. The increments in the compressive strength resulting from the concrete with BF are also observed for the fiber content up to 0.3% by Borhan (2013). Palchik (2011) states that the strength value of concrete including 12 mm length BF induce the propensity to an increase by 58%. Ma et al. (2010) however reports that the influence of various content and length of pre-soaked BFs on the compressive strength is insignificant. Kabay (2014) states that the utilization of BF results in decrease of the compressive strength of concrete. Several researches working on the Young's modulus of concrete reinforced with BF found that BF inclusion affected and increased the elastic modulus significantly (Borhan, 2013; Wu et al., 2013; Ayub et al., 2014; Poznya et al., 2014).

In the study of Ayub et al. (2014a) investigating the effect of BF on the strength characteristics of concrete, it was monitored that the average enhancement in the flexural and splitting tensile strength values is 24% and 27% for 3% BF utilization, respectively. Ma et al. (2010) emphasizes that the higher the the cut length of pre soaked BF, the better the tensile strength of the concrete is. Chen (2013) reported the change in tensile strength of concrete incorporated with BF by 19% after 28 days curing.

Budkonstruktsiya (2013) investigated the tensile strength of concrete produced with the several length and amount of BF. It is stated that higher tensile strength values are obtained in concrete mixes using 12 mm length and 1-2% BF. Ketan and Kulkarni (2012) reported that 1 percent BF incorporation reduces tensile strength of concrete.

Jun and Ye (2010) investigated mechanical performance of concrete as a result of various BF levels. It is highlighted that the flexural strength of concrete is enhanced as a result of the increase in the BF ratio and the highest value is achieved for 3% BF utilization. Kabay (2014) reports that the inclusion of BF even at low contents improves the flexural strength. Ketan and Kulkarni (2012) expresses that in the case for 1% BF utilization adversely affects the strength of concrete. Jiang et al. (2014) highlighted that the use of BF remarkably enhances the tensile and flexural strength without resulting a pronounced development in the compressive strength. Alnahhal and Aljidda (2018) investigated the influence of using basalt macro-fibers combined with recycled concrete aggregates from demolition and construction waste on the ultimate capacity and flexural performance of reinforced concrete. It was stated that the addition of different volume contents of BF to the concrete was not effective on the compressive strength of the concrete but caused a significant increase in the bending strength of the concrete. Alnahhal and Aljidda (2018) underline that the significant enhancement in the flexural capacity and ductility of the basalt reinforced concrete beams as compared to control concrete beams were observed.

Because of the low production cost of BF and the prevalence of the raw material, the utilization of BF in the application and production industries of concrete has become increasingly widespread. Accordingly, these practical applications of BFs have brought about the need to investigate the impact of BF on the mechanical and workability features of concrete. This paper tackles this issue and presents a comprehensive investigation on the influence of BF incorporation based on the workability and mechanical characteristics of concrete. Moreover, an optimization and analytical study was also conducted for further interpretation of the experimental data.

## MATERIALS AND METHODS

### Materials

In the experimental study, the ingredients used for concrete casting are CEM I 42.5R cement, river sand and coarse basalt aggregates obtained from local quarry, the chopped BF of 12 mm length is shown in Figure 1. The physical properties as well as chemical composition of the cement utilized in this study are given in Table 1. BF has a specific gravity of 2.78 and a diameter of 14 microns. River sand passing through 4 mm sieve size was utilized as fine aggregate. The specific gravity and water absorption values are measured as 2.63 and 0.55% for fine aggregate. The basalt aggregate in the form of two fractions with the range of 4–16 mm and 8–31.5 mm was also benefited as coarse aggregate. The physical characteristics of aggregates and the results from the sieve analyses are given in Table 2.

**Table 1.** Properties of cement used in this study

Chemical and Physical analysis	
CaO (%)	64.15
SiO <sub>2</sub> (%)	19.18
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	5.15
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	3.13
MgO (%)	1.48
SO <sub>3</sub> (%)	2.50
K <sub>2</sub> O (%)	0.56
Na <sub>2</sub> O (%)	0.21
Loss on ignition (%)	3.44
Specific gravity	3.12
Specific surface area (m <sup>2</sup> kg <sup>-1</sup> )	293





Figure 1. Chopped basalt fiber

Table 2. Sieve analysis and the aggregate properties

	Sieve opening (mm)	Passing (%)		
		Coarse aggregate		Fine Aggregate
		8-31.5 mm	4-16 mm	
Sieve Analysis	31.5	100.0	100.0	100.0
	16	70.4	100.0	100.0
	8	0.2	65.8	100.0
	4	0.0	1.3	99.6
	2	0.0	0.1	94.8
	1	0.0	0.0	64.3
	0.5	0.0	0.0	33.4
	0.25	0.0	0.0	9.9
Physical properties	Fineness modulus	6.29	5.33	1.98
	Specific gravity	2.87	2.85	2.63
	Absorption (%)	1.17	1.28	0.55

### Details of Mixtures and Casting

Concrete mixtures were prepared by two different water to cement ratios of 0.47 and 0.59. The river sand considered as the fine aggregate are used as 45% of total aggregate weight. Table 3 indicates the detailed mixture proportions of two concrete designs prepared in the current study. In these concrete mixtures, 12 mm length BF was used as the volume fractions of 0%, 0.2%, 0.4%, 0.6%, and 0.8%. Accordingly, 10 different concrete mixtures in total were produced in this study. For mixing the concrete mixtures, firstly the cement, aggregates and BF were added to the concrete mixer and mixed until a uniform distribution of the fibers was visually inspected. The time required for dry blend was prolonged based on the inclusion rate of BF used. Following the dry mixing process, the water was gradually added to the mix within 3-4 minutes. The slump test was conducted to identify the consistency of the fresh mixtures. After slump test, the fresh concrete is poured in the molds. Each mold was placed on the vibrating table and filled by three layers until the concrete was adequately consolidated. The specimens were demolded 1 day following concrete casting and then moist curing is adopted till the testing time.

Table 3. The mix proportions of concrete (kg m<sup>-3</sup>)

Mix No.	Cement	Water	River sand	8-31.5 mm Coarse Agg.	4-16 mm Coarse Agg.
Mix 1	521.3	245	701.3	358.5	498.7
Mix 2	393.2	232	768.3	392.7	546.3

## Testing

The experimental test program was planned to assess how the amount of BF influence the mechanical behavior of concrete. In the present study, consistency of concrete was evaluated via slump test while the improvement in mechanical properties were monitored by static modulus of elasticity, compressive, flexural, splitting tensile strength tests (Figure 2).

To determine the compressive strength of concrete, the samples of 150x150 x150 mm were tested per ASTM C39 (2018). The splitting tensile strength was tested on the cylindrical specimens of 100x200 mm according to ASTM C496 (2017). The static modulus of elasticity test was performed using cube samples of 150x150x150 mm by complying with ASTM C469 (2014). The flexural strength test was conducted using beam samples with the dimensions of 100x100x400 mm in accordance with ASTM C78 (2016). All tests were done on three samples at 28 days from each mixture. The test result was determined for each mix by averaging three single values obtained from the tested specimens for each mixture.



**Figure 2.** Tests conducted in this study (a) slump, (b) compressive strength, (c) flexural strength and (d) static modulus of elasticity

## RESULTS AND DISCUSSION

The slump test results obtained from the concrete mixes prepared with the two different w/c ratios and various BF content are given in Figure 3. Figure 3 shows that the slump values gradually decrease with an increasing amount of BF for the both w/c ratios. The control mixes have the slump values of 18 cm. The use of 0.8% BF in concrete induces a decrease approximately 61% and 56% for 0.59 and 0.47 w/c ratios, respectively. These reductions in the slump test results are attributed to the network structures which are formed due to the BFs scattered in the concrete. This structure causes to restrain the mixture from segregation and flow. Owing to the high fiber content and large fiber surface area, the BFs are able to absorb more cement paste wrapping around, which increases the viscosity of mixture and subsequently leads to the loss of slump (Chen and Liu, 2005). The higher the BF content is, the more viscous the concrete becomes. Therefore, high BF utilization can be proposed for the conventional concretes of plastic or stiff consistency. Increasing the amount of superplasticizer to improve the workability of high BF included concrete may lead the problems of bleeding and segregation.

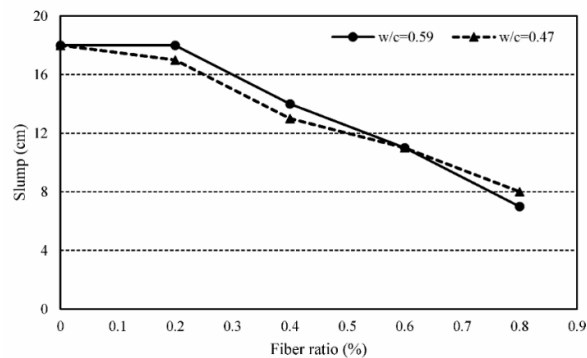


Figure 3. Variation of slump values for the concrete with BF

Figure 4 presents the effectiveness of using varying BF content on the compressive strength values. The lowest compressive strength values were obtained from the control samples (see Figure 4). The addition of BFs to the concrete slightly increases the compressive strength as a result of the crack arresting mechanism of some parts of the included fibers. Comparing to the control mixes, the increments in compressive strength resulted from %0.8 BF inclusion are about 16% and 10% for 0.59 and 0.47 w/c ratios, respectively. Another aspect for enhancement effect of BF can be found in the study of Solikin (2012). He states that the high content of  $\text{SiO}_2$  in BF reacts with  $\text{Ca(OH)}_2$  resulting in the hydration of Portland cement, accordingly the amount of secondary CSH that improves the strength of concrete gradually develops.

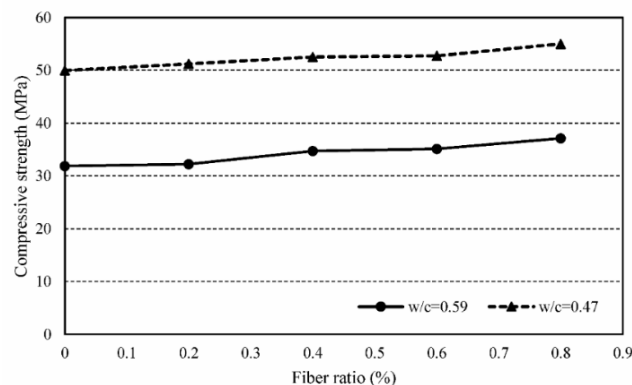


Figure 4. Variation of compressive strength results

Figure 5 indicates that the utilization of BF induces an increase in the flexural strength of concrete due to the rise in the BF content for 0.59 and 0.47 w/c ratios. The 28-day flexural strength values of all mixtures exceed the strength value of the control specimens. The flexural strength values of the concrete specimens ascend gradually as the ratio of BF increases from 0 to 0.8% for the both w/c ratios. The increments in flexural strength are about 21% and 17% for 0.59 and 0.47 w/c ratios, respectively. Considering the flexural strength performance of the concretes, the utilization of 0.8% BF appears to be promising.

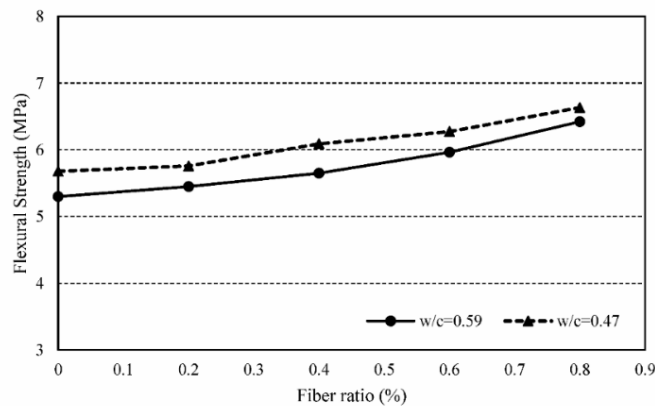


Figure 5. Variation of flexural strength results

The results of splitting tensile strength test for all concrete sample produced with the two different w/c ratios are given in Figure 6. The utilization of BF induces the propensity to an increase in the splitting tensile strength (see Figure 6). It is observed that splitting tensile test results is increased by the increment in the amount of fiber for the both w/c ratios. The highest value of splitting tensile test is obtained from the concrete sample produced with 0.8% BF incorporation. Comparing with the control sample, the splitting tensile test results for the samples with 0.8% BF incorporation are increased by about 34% and 26% for 0.59 and 0.47 w/c ratios, respectively.

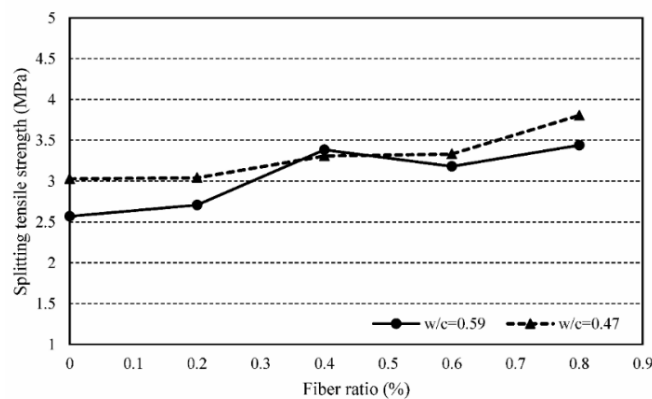


Figure 6. Variation of splitting tensile strength results

The static modulus of elasticity test results from the concrete incorporated with and without BF for 0.59 and 0.47 w/c ratios are given in Figure 7. The figure shows that the sample without BF has the lowest static modulus of elasticity value and the increase in the amount of fiber utilization increases static modulus of elasticity value. The highest static modulus of elasticity result was obtained from the concrete mixture with 0.8% BF incorporation for the both w/c ratios. Based on the comparison with the control concretes, static modulus of elasticity results from the concretes produced with 0.8% BF content have increased by about 16% for the both w/c ratios.

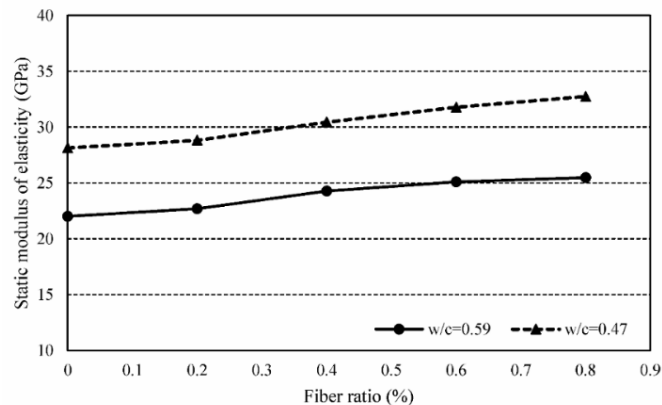


Figure 7. Variation of the static modulus of elasticity results

### Multi-Objective Optimization (MOO)

The response surface method (RSM) used as a widespread optimization method collects statistical techniques of experiment design, regression and optimization analyses (Whitcomb and Anderson, 2004). The procedure of RSM is initiated with the modelling that fits the obtained data. In the second stage, optimization process is conducted to define the optimal solution for the response surface of the model chosen. RSM has been performed on the factors of 2 and the responses of 6 in the present experimental study. These two factors are the BF contents and the water to cement ratios considered, and the responses are used as cost, slump, static modulus of elasticity, compressive, flexural and splitting tensile strengths. The objective of the presented optimization study is to specify the optimum values for the BF content and the w/c ratio while maximizing the parameters of slump, static modulus of elasticity, compressive, flexural and splitting tensile strengths, and minimizing the cost.

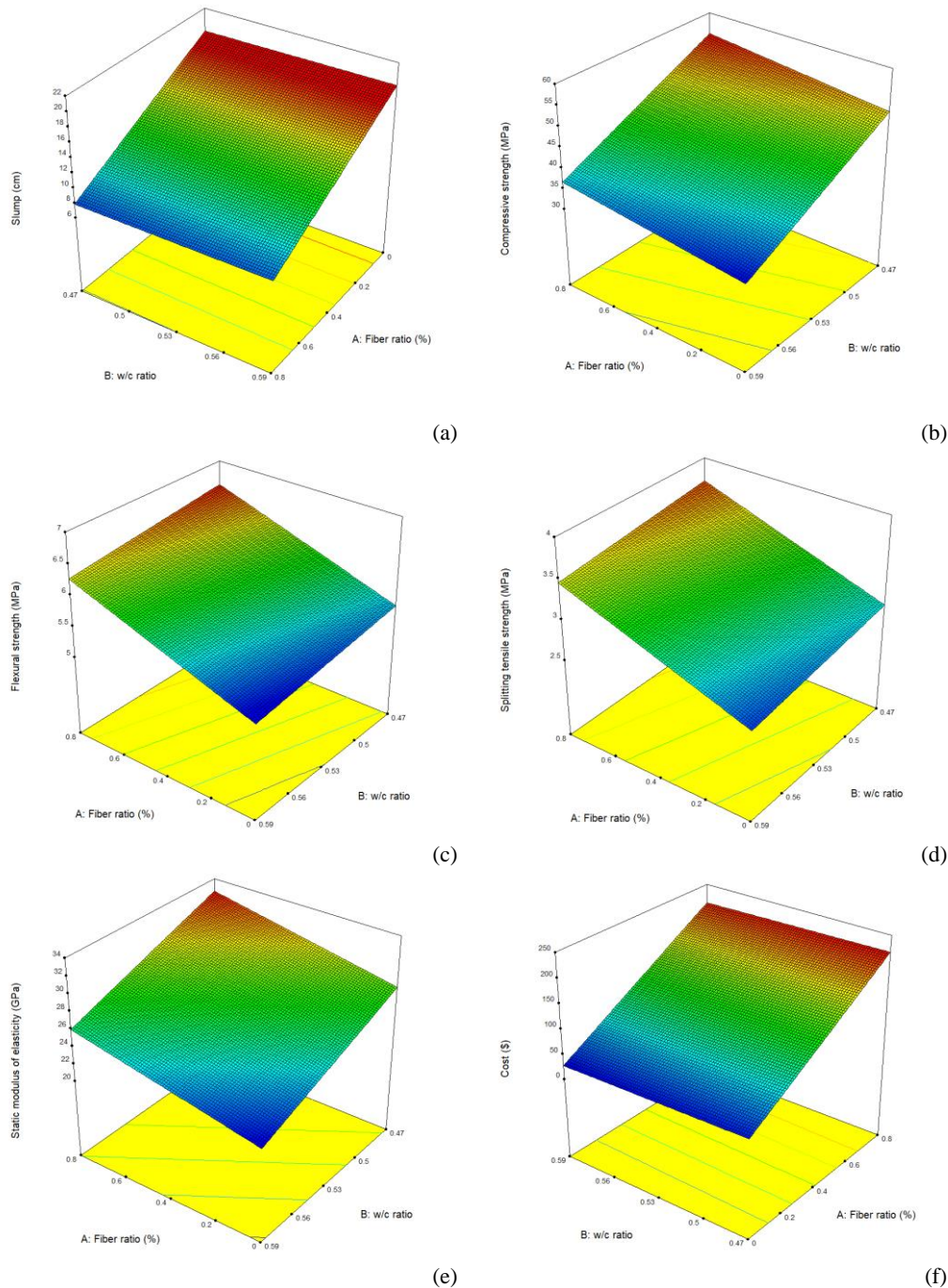
Two optimization problems based on the mechanical performance and the cost of concrete incorporated with BF are formulated to specify the optimum values for BF content and w/c ratio. Initially, the optimization analysis is conducted based on only performance of concrete. In this optimization analysis, the characteristic goal for the responses of slump, static modulus of elasticity and the variables of compressive, splitting tensile and flexural strengths are maximized. Since the performed optimization aims at identifying the optimum fiber content and w/c ratio for the concrete incorporated with BF, the characteristic goal for the factors of fiber content and w/c ratio are considered to be in range. The second optimization analysis is conducted considering both the performance and the cost of concrete. In this optimization analysis the BF content and the w/c ratio are optimized simultaneously for maximizing the responses of slump, static modulus of elasticity and the variables of compressive, flexural and splitting tensile strengths along with minimizing the cost.

The characteristics goals for the variables in the optimization analyses performed are provided in Table 4. Figure 8 illustrates the relationship between the factors and responses considered in the MOO analysis undertaken.

Table 4. Definitions for the variables in the MOO problem

Variables	Goal	Lower limit	Upper limit
Fibre content (%)	In range	0	0.8
w/c ratio	In range	0.47	0.59
Slump (cm)	Maximize	7	18
Compressive strength (MPa)	Maximize	31.87	55
Splitting tensile strength (MPa)	Maximize	2.57	3.80
Flexural strength (MPa)	Maximize	5.3	6.63
Static modulus of elasticity (GPa)	Maximize	22.01	32.74
Cost (\$)	Minimize	27.91	217.71

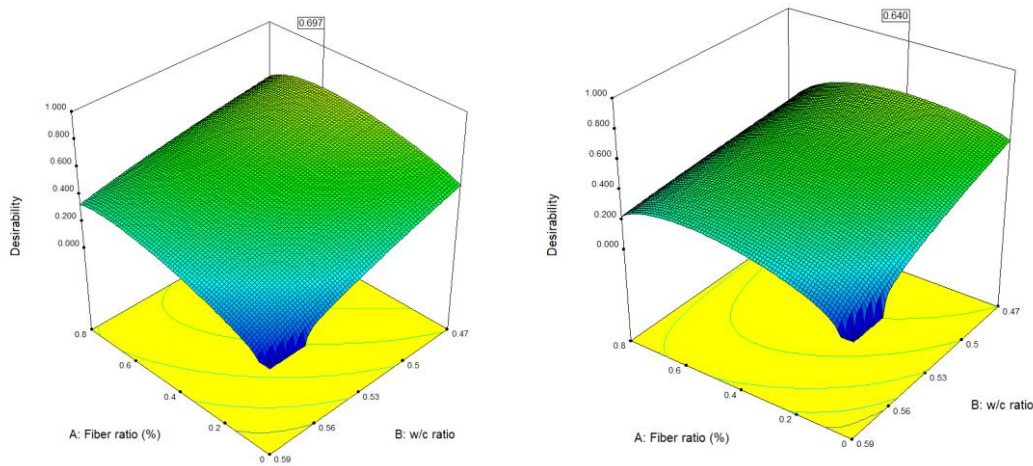




**Figure 8.** The influence of fiber reinforcement rate and water to cement ratio on (a) slump, (b) compressive strength, (c) flexural strength, (d) splitting tensile strength, (e) static modulus of elasticity and (f) cost

Figures 9(a) and 9(b) show the variation of desirability functions obtained from the performed optimization analyses by considering the only the mechanical performance of concrete and both the mechanical performance and the cost of concrete, respectively. The obtained solutions for these optimizations are given in Table 5. Table 5 shows that the defined lower and upper limits are met, and the desirability values are in the reasonable range and the optimum w/c ratio for the both optimization analyses is obtained as 0.47. Table 5 also shows that the optimum fiber content values are obtained as 0.563 and 0.356 considering the only mechanical performance of concrete and both the mechanical performance and the cost of concrete, respectively. The optimized result with the highest desirability

value is achieved for the concrete sample incorporated with the BF content of 0.356% and the w/c ratio of 0.47 when the mechanical performance and the cost of concrete are considered.



**Figure 9.** Variation of desirability function based on (a) the mechanical performance and (b) the mechanical performance and cost of the concrete incorporated with BF

**Table 5.** The results of MOO analyses

Variables	Optimization 1	Optimization 2
	Optimum values and expected response	
Fibre content (%)	0.562	0.356
w/c ratio	0.47	0.47
Slump (cm)	11.166	13.999
Static modulus of elasticity (GPa)	31.257	30.149
Splitting tensile strength (MPa)	3.468	3.259
Compressive strength (MPa)	53.294	52.008
Flexural strength (MPa)	6.297	6.030
Cost (\$)	---	115.858
Desirability	0.697	0.640

### Modelling of Modulus of Elasticity

Physically the modulus of elasticity (or elastic modulus) is a measure of the resistance of a material against deformation under any level of applied stress. It also reflects the stiffness of a material. The higher the elastic modulus is, the higher the stiffness of material is. Therefore, it is an important mechanical property of concrete used in the design. Because of quasi brittle nature of concrete, direct proportioning of the stress to the corresponding strain in the elastic region cannot provide elastic modulus of concrete. Therefore, some approaches have been developed to determine, static, dynamic, and flexural elastic moduli of concrete. The most commonly benefited elastic modulus value for general design purposes is static modulus of elasticity. Almost in all of the design codes, there are empirical relations benefited to predict static modulus of elasticity. The most famous ones are reported in design codes CEB-FIP (1990) and ACI 318R-05 (2008). The relations for ACI 318-05 (2008) model and CEB-FIP (1990) model are given in Equations 1-2, respectively.

$$E_c = 0.043w^{1.5}\sqrt{f_{ck}} \quad (1)$$

$$E_c = 9500(f_{ck} + 8)^{1/3} \quad (2)$$

Where  $E_c$  static elastic modulus (MPa),  $w$  is unit weight of concrete ( $\text{kg m}^{-3}$ ),  $f_{ck}$  is characteristic strength of standard cylindrical specimen ( $\phi 150 \times 300$  mm) in MPa.

In this study, experimental moduli of elasticity values of BF incorporated concretes were correlated with the square root of equivalent standard cylindrical  $f_{ck}$  values ( $\sqrt{f_{ck}}$ ). The conversion from cube compressive strength to cylindrical was accomplished according to the relation given in Eq. 3

$$f_{ck} = c \times f_{ck,cube} \quad (3)$$

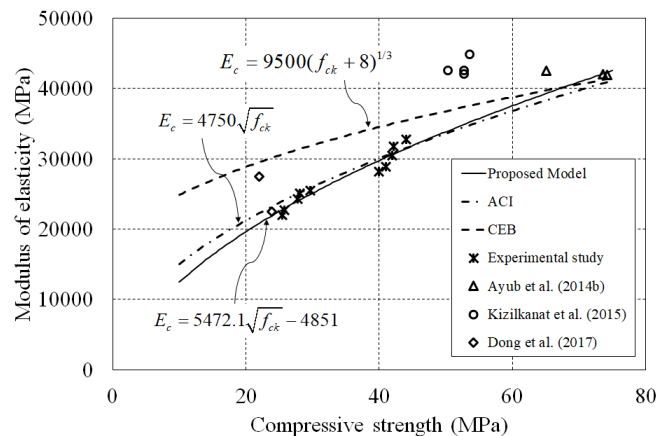
Where  $c$  is conversion factor (taken as 0.8), and  $f_{ck,cube}$  is characteristic strength value of 150x150x150 mm cubic specimen. The obtained correlation yielded the following relation with a coefficient of determination of 0.9286 (Eq. 4)

$$E_c = 5472.1\sqrt{f_{ck}} - 4851 \quad (4)$$

In order to compare the proposed model in Eq. 4 with the available ones Figure 10 is plotted. Moreover, a few numbers of data presented by previous researchers for further comparison (Ayub et al., 2014b; Kızılkant et al., 2015; Dong et al., 2017). The data obtained from the previous studies are equivalent cylindrical compressive strength values and corresponding static modulus of elasticity values determined experimentally. Since the unit weight of concretes investigated in this study are approximately  $2300 \text{ kg m}^{-3}$ , the ACI formula is simplified as Eq. 5.

$$E_c = 4750\sqrt{f_{ck}} \quad (5)$$

Observing Figure 10 that it is seen that the proposed model has a close tendency to the ACI formula, however, CEB-FIP model has overestimation until  $f_{ck} = 60 \text{ MPa}$ , then yields similar values. For the strength values of higher than  $70 \text{ MPa}$  the three relations gave similar results, however for the lower strength values, especially  $f_{ck} < 40 \text{ MPa}$  the proposed model seems to perform better than the others.



**Figure 10.** Comparison of the prediction capability of the proposed model with the available ones defined in the design codes ACI 318 (2008) and CEB-FIP (1990)

## CONCLUSION

Based on the findings obtained from the presented research the following conclusions can be drawn.

- The slump values of concrete mixes gradually decrease with an increasing amount of BF for the both w/c ratios. The use of 0.8% BF in concrete induces a decrease approximately 61% and 56% for 0.59 and 0.47 w/c ratios, respectively.
- The addition of BFs to the concrete slightly increases the compressive strength results.

- The flexural strength values of the concrete specimens increase gradually as the ratio of BF increases from 0 to 0.8% for the both w/c ratios. Considering the flexural strength performance of the concretes, the utilization of 0.8% BF appears to be promising.
- The highest test result for splitting tensile strength is obtained from the sample containing 0.8% BF. Comparing with the concrete without BF, the test results of splitting tensile strength for the sample with 0.8% BF incorporation are increased by about 34% and 26% for 0.59 and 0.47 w/c ratios, respectively.
- Based on the comparison with the control concretes, the static modulus of elasticity results from the concretes produced with 0.8% BF content have increased by about 16% for the both w/c ratios.
- The optimized result with the highest desirability is obtained for the mixture with the BF content of %0.356 and 0.47 w/c ratio when the mechanical performance and the cost of concrete are considered.
- Analytical modelling of the experimental data provided an estimation model which has a reasonable correlation with the available models (ACI 318-05, and CEB-FIP) and the experimental values reported in previous researches.

## ACKNOWLEDGMENTS

This study was supported by Harran University Scientific Research Centre (HÜBAK), Project no: 18046.

## REFERENCES

- ACI 318, Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary (318R-08), American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2008.
- Alnahhal W, Aljidda O, 2018. Flexural Behavior of Basalt Fibre Reinforced Concrete Beams with Recycled Concrete Coarse Aggregates. *Construction and Building Materials*, 169: 165–178.
- Arivalagan S, 2012. Study on the Compressive and Split Tensile Strength Properties of Basalt Fibre Concrete Members. *Global Journal of Researches in Engineering Civil and Structural Engineering*, 12 (4): 23-28.
- ASTM C39, Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2018.
- ASTM C469, Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2014.
- ASTM C496, Standard test method for split tensile strength of cylindrical concrete specimens, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017.
- ASTM C78, Standard test method for flexural strength of concrete (using simple beam with third-point loading), ASTM International, West Conshohocken, PA, 2016.
- Ayub T, Shafiq N, Nuruddin MF, 2014a. Effect of Chopped Basalt Fibers on the Mechanical Properties and Microstructure of High Performance Fiber Reinforced Concrete. *Advances in Materials Science and Engineering*, Article ID 587686, 14 pages.
- Ayub T, Shafiq N, Nuruddin MF, 2014b. Mechanical Properties of High-performance Concrete Reinforced with Basalt Fibres. *Procedia Engineering*, 77: 131-139.
- Borhan TM, 2012. Properties of Glass Concrete Reinforced with Short Basalt Fibre. *Materials and Design* 42: 265–271.
- Borhan TM, 2013. Thermal and Mechanical Properties of Basalt Fibre Reinforced Concrete. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 7 (4): 334-337.
- Budkonstruktsiya LLC, Technobasalt-Invest, 2013. Test conclusions on tensile strength in bending of Basalt Fibre concrete. Results obtained by the Research and Development enterprise Budkonstruktsiya LLC.



- CEB-FIP, CEB-FIP model code, Thomas Telford Services Ltd, Thomas Telford House, 1 Heron Quay, London E14 4JD, for the Comite Euro-International du Beton. EPF Lausanne, Case Postale 88, CH to 15 Lausanne, Switzerland, 1990.
- Chen B, Liu J, 2005. Contribution of Hybrid Fibres on the Properties of the High Strength Lightweight Concrete Having Good Workability. *Cement and Concrete Research*, 35 (5): 913–917.
- Chen F, 2013. An Experimental Study on Mechanical Properties of Basalt Fibre Reinforced Concrete. *Applied Mechanics and Materials*, 405-408: 2767-2770.
- Deák T, Czigány T, 2009. Chemical Composition and Mechanical Properties of Basalt and Glass Fibres: a Comparison. *Textile Research Journal*, 79 (7): 645–651.
- Dong JF, Wang QY, Guan ZW, Material Properties of Basalt Fibre Reinforced Concrete Made with Recycled Earthquake Waste. *Construction and Building Materials*, 130: 241-251.
- Elshafie S, Whittleston G, 2015. Review of the Effect of Basalt Fibre Lengths and Proportions on the Mechanical Properties of Concrete. *IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology*, 4 (1): 458-465.
- Fiore V, Di Bella G, Valenza A, 2011. Glass-Basalt/Epoxy Hybrid Composites for Marine Applications. *Materials and Design*, 32 (4): 2091–2099.
- Fiore V, Scalici T, Di Bella G, Valenza A, 2015. Review on Basalt Fibre and Its Composites. *Composite Part B: Engineering*, 74: 74-94.
- Jiang C, Fan K, Wu F, Chen D, 2014. Experimental Study on the Mechanical Properties and Microstructure of Chopped Basalt Fibre Reinforced Concrete. *Materials and Design*, 58: 187–193.
- Jiang CH, McCarthy TJ, Chen D, Dong Q, 2010. Influence of Basalt Fibre on Performance of Cement Mortar. *Key Engineering Materials*, 426-427: 93-96.
- Jun W, Ye Z, 2010. Experimental Research on Mechanical and Working Properties of Non-Dipping Chopped Basalt Fibre Reinforced Concrete. 3rd International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, Kunming, China, November 26-28, 2010, pp.635-637.
- Kabay N, 2014. Abrasion Resistance and Fracture Energy of Concretes with BF. *Construction of Building Materials*. 50: 95–101.
- Ketan G, Kulkarni SM, 2012. The Performance of Basalt Fibre in High Strength Concrete. *Journal of Information, Knowledge and Research in Civil Engineering*, 2 (2): 117-124.
- Kızılkant AB, Kabay N, Akyüncü V, Chowdhury S, Akça, AH, 2015. Mechanical Properties and Fracture Behavior of Basalt and Glass fiber reinforced Concrete: An Experimental Study. *Construction and Building Materials*, 100: 218-224.
- Lopresto V, Leone C, De Iorio I, 2011. Mechanical Characterization of Basalt Fibre Reinforced Plastic. *Composite Part B: Engineering*, 42 (4): 717–723.
- Ma J, Qiu X, Cheng L, Wang Y, 2010. Experimental Research on the Fundamental Mechanical Properties of Presoaked BF Concrete. The 5th International Conference on FRP Composites in Civil Engineering, Beijing, China, September 27-29, 2010, 2010, pp.85-88.
- Mohammadi Y, Singh SP, Kaushik SK, 2008. Properties of Steel Fibrous Concrete Containing Mixed Fibres in Fresh and Hardened State. *Construction and Building Materials*, 22 (5): 956–965.
- Palchik PP, 2011. On Control Testing of Fiber-Concrete Samples to Determine Their Compression and Tensile Strength at Bending. Protocol No 64-1-11, Kyiv National University of Construction and Architecture.
- Poznya OR, Kirakevych II, Stechyshyn MS, 2014. Properties of Self-Compacting Concrete with Basalt Fiber. Lviv Polytechnic National University, Department of Building Production, 149-154.
- Raj S, Gopinath S, Iyer NR, 2014. Compressive Behavior of BF Reinforced Composite. *International Journal of Structural Analysis & Design*, 1 (1), 49-53.
- Sim J, Park C, Moon DY, 2005. Characteristics of Basalt Fibre as a Strengthening Material for Concrete Structures. *Composite Part B: Engineering*, 36 (6-7): 504–512.



- Singaravadevelan R, Chinnadurai P, Karthikeyan G, Muthuramu KL, Ramamoorthy NV, 2012. An Experimental Study Has Been Carried Out to Evaluate the Behavior of Concrete Elements Using Basalt Chopped Strands Fiber. International Conference on Chemical, Bio-Chemical and Environmental Sciences, Singapore, December 14-15, 2012, pp.31-34.
- Solikin M, 2012. High Performance Concrete with High Volume Ultra Fine Fly Ash Reinforced with Basalt Fibre. RMIT University School of Civil, Environmental and Chemical Engineering, Melbourne, Australia, Ph.D. Thesis (Printed).
- Wang X, Wu Z, Wu G, Zhu H, Zen F, 2013. Enhancement of Basalt FRP by Hybridization for Long-Span Cable-Stayed Bridge. *Composite Part B: Engineering*, 44 (1): 184–192.
- Wang Y, Wu HC, Li VC, 2000. Concrete Reinforcement with Recycled Fibers. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 12 (4): 314-319.
- Wei B, Cao H, Song S, 2010. Tensile Behaviour Contrast of Basalt and Glass Fibres after Chemical Treatment. *Materials and Design*, 31 (9): 4244–4250.
- Wei B, Cao HL, Song SH, 2011. Degradation of Basalt Fibre and Glass Fibre/Epoxy Resin Composites in Seawater. *Corrosion Science*, 53 (1): 426–431.
- Whitcomb PJ, Anderson MJ, 2004. *RSM Simplified: Optimizing Processes Using Response Surface Methods for Design of Experiments*. Taylor & Francis, New York, 304p.
- Wu H, Zhao J, Wang Z, 2013. Study on Micro-Structure and Durability of Fiber Concrete. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 5 (2): 659-664.
- YAZICI S, Inan G, Tabak V, 2007. Effect of Aspect Ratio and Volume Fraction of Steel Fiber on the Mechanical Properties of SFRC. *Construction and Building Materials*, 21 (6): 1250–1253.

## Karadeniz Bölgesinde Yıllık Yağış ve Sıcaklık Verilerinin Yenilikçi Şen ve Mann-Kendall Yöntemleri ile Trend Analizi

Samet TOKGÖZ<sup>1</sup>, Turgay PARTAL<sup>1\*</sup>

**ÖZET:** Yağış ve sıcaklık verileri üzerine yapılan analizler iklim değişikliği çalışmaları için önemlidir. Bu çalışmada Karadeniz Bölgesinin yağış ve sıcaklık verileri üzerine trend analizi uygulanmıştır. Bu amaçla Mann-Kendall testi ve Yenilikçi Şen yöntemi 1960-2015 veri aralığına sahip olan 16 istasyonun verileri üzerine uygulanmıştır. Sonuçlar, Yenilikçi Şen yöntemine göre sıcaklık verileri için 16 istasyonun tamamında artan trend göstermiştir. Halbuki Mann-Kendall testine göre 7 istasyonda artan trend belirlenmiştir. Benzer sonuçlar yağış verileri üzerine trend analizinde de elde edilmiştir. Bu sonuçlar bize göstermektedir ki Yenilikçi Şen yöntemi yağış ve sıcaklık verileri üzerinde daha çok istatistiksel önemli trend gösterir. Ayrıca, Karadeniz Bölgesinde yıllık yağış ve sıcaklıklar genel olarak artış trendi gösterirler.

**Anahtar Kelimeler:** Yenilikçi Şen Yöntemi, Mann-Kendall Yöntemi, Yağış, Sıcaklık, Karadeniz Bölgesi.

### Trend Analysis with Innovative Sen and Mann-Kendall methods of Annual Precipitation and Temperature data in the Black Sea Region

**ABSTRACT:** The analysis on precipitation and temperature data is important for climate change researchers. This study has been carried out to trend analysis on precipitation and temperature data of the Black Sea Region. Mann-Kendall test and Innovative Sen's Method was applied on the data of 16 stations spanning from 1960 to 2015. As result, Sen's Method showed increasing trend in all of the stations for temperature data. However, Mann-Kendall test showed only seven increasing trend for temperature data. Similar results was also obtained for the precipitation data. As result, the Innovative Sen's method shows more statistically significance trends in the precipitation and temperature data. Besides, annual precipitations and temperatures in Black Sea Region shows generally increasing trend.

**Keywords:** Innovative Sen Method, Mann-Kendall Method, Precipitation, Temperature, Black sea Region

<sup>1</sup> Samet TOKGÖZ (Orcid ID: 0000-0002-3724-9358), Turgay PARTAL (Orcid ID: 0000-0002-3779-441X), Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Turgay PARTAL, e-mail: turgay.partal@omu.edu.tr

\* Bu çalışma Samet TOKGÖZ'ün Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

## GİRİŞ

Ülkemizde kişi başına düşen su miktarı bakımından zengin su kaynaklarına sahip ülkeler arasında değildir. Değişen iklim koşulları ve artan nüfus sonucunda su kullanımında meydana gelen artıştan dolayı su sıkıntısı yaşanmaması için su kaynaklarının planlı kullanımı, su kaynaklarının korunması ve geliştirilmesi zorunlu hale gelmiştir.

Günümüzde iklim değişimi önemli bir problem olarak kabul edilmektedir. Bu problemin gelecekte ülkemizi ve dünyayı nasıl etkileyeceğini belirlemek, meydana gelecek zararların en az hasarla atlatılmasında ve gerekli önlemlerin alınabilmesinde yarar sağlayacaktır. Özellikle ülkemizin iklim değişiminin etkileri konusunda hassas bir konumda olduğu kabul edilmektedir (Topuz, 2017). Dolayısıyla iklim değişikliğine karşı ülkemizin bu hassasiyet derecesine göre gerekli araştırmaları yapması ve gerekli önlemleri alması önem arz etmektedir. İklim değişikliği ile ilgili çalışmalar içerisinde sıcaklık ve yağış parametreleri üzerinde yapılan trend analizleri önemli bir yere sahiptir. Çünkü trend analizi bölgedeki yağış, sıcaklık ve akış gibi verilerin zamanla nasıl değiştiğini bize gösterir (Yıldırım, 2015). Yağış ve sıcaklık gibi hidrometeorolojik değişkenlere yönelik Türkiye’de ve dünyada pek çok çalışma yapılmıştır (Türkeş ve Erlat, 2005; Xu ve diğ., 2010; Eriş ve Ağralıoğlu, 2012; Gocic and Trajkovic, 2013; Liuzzo and Freni, 2015; Uzunkol ve Kızılelma, 2016; Topuz,2017). Bu çalışmalarda yağış, sıcaklık ve akış gibi parametreler üzerine trendi belirlemek için genellikle Mann-Kendall yöntemi kullanılmıştır. Çünkü parametrik olmayan ve verilerin değerlerinden çok sıraları ile ilgili olan Mann-Kendall testi hidrometeorolojik zaman serilerinde trendin belirlenmesi konusunda çok başarılıdır (Gocic and Trajkovic, 2013). Partal ve Kahya (2006) Türkiye yağışlarını Mann-Kendall testi ile analiz etmişler ve Karadeniz bölgesinin kıyılarında bazı istasyonlarda azalan trend bulmuşlardır.

Şen (2012), kartezyen koordinat sistemi üzerinde verilerin sunumunu esas alan yeni bir trend analizi yaklaşımını literatüre kazandırmıştır. Yenilikçi Şen yöntemi daha sonra başka bazı çalışmalarda da eğilimleri belirlemek için kullanılmıştır (Şen, 2013; Şen, 2015; Güçlü, 2018). Öztöpal ve Şen (2017) Yenilikçi Şen yöntemiyle Türkiye’de 7 bölgeye ait 35 istasyonun aylık yağışlar üzerine eğilim analizini uygulamışlardır. Bu çalışmalarında 35 istasyon için düşük, orta ve yüksek yağışların trendlerini Yenilikçi Şen yöntemiyle araştırmışlar ve bazı trendler belirlemiştirler. Mohorji vd. (2017) Yenilikçi Şen yönteminin yeteneğini, aylık ve yıllık sıcaklık verilerine uygulayarak göstermeyi amaçlamışlardır. Alashan (2018) çalışmasında farklı ülkelerden 3 farklı istasyona ait akım, sıcaklık ve yağış verilerine Yenilikçi Şen yöntemini uygulamış ve farklı veri tiplerinin etkisini araştırmıştır. Güçlü (2018) Türkiye’deki 24 istasyona ait yıllık yağış verileri üzerine Mann-Kendall ve Yenilikçi Şen yöntemini uygulamış, Yenilikçi Şen yönteminin Mann-Kendall yöntemine göre trendleri daha detaylı belirlediğini söylemiştir. Yılmaz ve Tosunoğlu (2019) Türkiye’deki 153 istasyona ait maksimum akımlara, Yenilikçi Şen ve Mann-Kendall yöntemlerini uygulamış ve Yenilikçi Şen yönteminin Mann-Kendall testine göre daha çok trend gösterdiğini belirlemiştir.

Bu çalışmada, Karadeniz Bölgesinde yer alan belirli istasyonlara ait yıllık toplam yağış ve yıllık ortalama sıcaklık verilerinin Yenilikçi Şen ve Mann-Kendall yöntemleri ile trend analizleri incelenmiştir. Her iki yöntem için trend analizleri ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış böylece iki yöntemin birbirine göre farkları ortaya konmuştur. Mann-Kendall yöntemi verilerin uzunluğu, dağılımı ve serisel korelasyonu gibi bazı sınırlayıcı kabullere bağlıdır. Yenilikçi Şen yöntemi kabullere ihtiyaç duymayıp verilerin ilk ve ikinci yarısı arasındaki anlamlı farkı belirleyerek azalma ya da artma trendini belirleme esasına dayanır. Ayrıca Yenilikçi Şen yöntemi, görsel olarak eğilimdeki değişikliklerin belirlenmesi açısından da faydalı olduğundan bu çalışmada kullanılmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Yenilikçi Şen Yöntemi

Yenilikçi Şen yöntemi için uygulama aşamaları aşağıda verilmiştir (Şen, 2012);

1) İçerisinde n adet veri olan bir zaman dizisi

$$(x_1, x_2, \dots, x_n), \{y_{1,n/2}\} = \{x_1, x_2, \dots, x_{n/2}\} \text{ ve } \{y_{2,n/2}\} = \{x_{n/2+1}, x_{n/2+2}, \dots, x_n\} \quad (1)$$

şeklinde zamana göre iki parçaya ayrılır.

2) Elde edilen veriler büyükten küçüğe veya küçükten büyüğe sıralanarak aşağıdaki gibi;

$$\{r_1\} = \{\min(y_{1,n/2}), \dots, y_i, \dots, \max(y_{1,n/2})\} \quad (1 < i < n/2) \quad (2)$$

$$\{r_2\} = \{\min(y_{2,n/2}), \dots, y_j, \dots, \max(y_{2,n/2})\} \quad (1 < j < n/2) \quad (3)$$

veya

$$\{r_1\} = \{\max(y_{1,n/2}), \dots, y_i, \dots, \min(y_{1,n/2})\} \quad (1 < i < n/2) \quad (4)$$

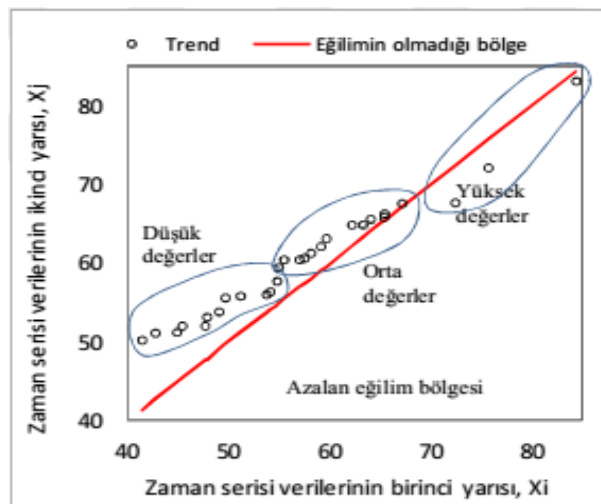
$$\{r_2\} = \{\max(y_{2,n/2}), \dots, y_j, \dots, \min(y_{2,n/2})\} \quad (1 < j < n/2) \quad (5)$$

Olarak yeni seriler elde edilir.

3) Daha sonra  $\{r_1\}$  kümesindeki değerlere karşılık olmak üzere  $\{r_2\}$  veri kümesindeki değerler bir grafik üzerinde noktalanarak saçılma diyagramı elde edilir. Yatay ve düşey eksenini de aynı ölçeğe sahip olan bu diyagram,  $\{r_1\}$  kümesinin en küçük değerine karşılık  $\{r_2\}$  kümesinin en küçük değerini  $[\min(y_{1,n/2}), \min(y_{2,n/2})]$  içerirken  $\{r_1\}$  kümesinin en büyük değerine karşılık  $\{r_2\}$  kümesinin en büyük değerini  $[\max(y_{1,n/2}), \max(y_{2,n/2})]$  içerir. Burada  $\{r_1\}$  verileri serinin ilk yarım bölümünü yatay ekseninde,  $\{r_2\}$  verileri ise serinin ikinci yarım bölümünü düşey ekseninde temsil eder.

4) Aynı saçılma grafiği içinde  $45^\circ$  açısına yani 1:1 eğime sahip doğru, grafik üzerinde orijinden geçecek şekilde yerleştirilir.

5) Grafik üzerinde saçılma değerlerin 1:1 doğrusuna göre durumuna bakılarak eğilim hakkında karar verilir. Eğer verilerin çoğunluğu doğrunun üst tarafında kümelenmişse artan eğilim, alt tarafında kümelenmişse azalan eğilim olduğu yönünde karar verilir. Eğer değerler doğru boyunca dağılmış ise bu durum eğilimin olmadığını göstermektedir (Güçlü, 2018)



Şekil 1.Şen yöntemi saçılım sonuç diyagramı

Ayrıca, çalışılan hidrolojik parametrenin düşük, orta ve yüksek değerlerine göre ayrılarak grafiksel olarak değerlendirme yapılabilir (Şen, 2012). Buna göre, kartezyen koordinat sisteminde, oluşan iki veri sütununun ilki ( $X_i$ ) X-eksenine, diğeri ( $X_j$ ) ise Y-eksenine yerleştirilir (Şekil 1). Oluşan iki boyutlu grafik üzerinde veri noktaları 1:1 ( $45^\circ$ ) çizgisinin üzerine toplanmış ise bir eğilim yoktur denir. Verilerin düşük değerleri, orta değerleri ve yüksek değerleri için kartezyen koordinat sistemindeki 1:1 doğrusunun alt yada üst tarafında yer almasına göre ayrı ayrı azalan yada artan trend olduğu yorumu yapılabilir (Şen, 2012).

Şen (2015) tarafından bu yönteme eklenen istatistikî süreç ile sonuçların istatistiksel olarak kontrol edilmesi sağlanmıştır. Belirtilen istatistiksel sürecin işlem basamakları aşağıdaki denklemlerde belirtilmiştir.

$$E(s) = \frac{2}{n} \left[ E(\bar{y}_2) - E(\bar{y}_1) \right] \quad (6)$$

$$\sigma_s^2 = \frac{4}{n^2} \left[ E(\bar{y}_2^2) - 2E(\bar{y}_2 \bar{y}_1) + E(\bar{y}_1^2) \right] \quad (7)$$

$$\rho_{\bar{y}_1 \bar{y}_2} = \frac{E(\bar{y}_1 \bar{y}_2) - E(\bar{y}_2) - E(\bar{y}_1)}{\sigma_{\bar{y}_2} \sigma_{\bar{y}_1}} \quad (8)$$

$$\sigma_s^2 = \frac{8}{n^2} \frac{\sigma^2}{n} (1 - \rho_{\bar{y}_2 \bar{y}_1}) \quad (9)$$

$$\sigma_s = \frac{2\sqrt{2}}{n\sqrt{n}} \sigma \sqrt{1 - \rho_{\bar{y}_2 \bar{y}_1}} \quad (10)$$

$$CL_{(1-\alpha)} = 0 \mp s_{critical} \sigma_s \quad (11)$$

Denklemlerde; ( $y_1$ ) ilk verinin ortalaması, ( $y_2$ ) ikinci verinin ortalaması, ( $\rho$ ) birinci ve ikinci veriler arasındaki korelasyon,  $s$  eğim değeri,  $n$  veri sayısı,  $\sigma$  tüm verilerin standart sapması,  $\sigma s$  eğim standart sapmasını göstermektedir.

$S_{kritik}$  tek yönlü hipotezde (örneğin %95 güven düzeyinde)  $Z_{kritik}$  değerleri göstermektedir. Eşitlik 11 ile hesaplanan kritik üst ve alt limit değerleri, hipotez testinin sınırlarını belirlemek için oluşturulmuştur. Her istasyonun eğim değeri  $s$ 'nin alt ve üst güven limitlerinin dışındaysa zaman serisinde bir eğilim vardır şeklinde değerlendirilir. Eğilim yönü  $s$ 'nin işaretine bağlı olarak belirlenir. Eğim değeri  $s$  pozitif veya negatif olabilir. Bu, zaman serilerinde artan (+) veya azalan (-) bir eğilim olduğu anlamına gelir (Sen, 2015).

### Mann-Kendall Yöntemi

Mann-Kendall testi Mann (1945) ve Kendall (1975) tarafından geliştirilmiştir. Bu test rastgele değişkenin dağılımından bağımsız olup parametrik olmayan bir testtir. Bu özelliğinden dolayı Mann-Kendall testi özellikle hidrometeorolojik veriler üzerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu teste göre  $H_0$  hipotezi bir zaman serisinde trend olmadığını,  $H_1$  karşıt hipotezi ise trend olduğunu kabul etmektedir (Bayazıt, 1996).

Zaman serisinde  $x_1, x_2, \dots, x_n$   $x_i$  ve  $x_j$  çiftleri iki gruba ayrılır.  $i < j$  için  $x_i < x_j$  olan çiftlerin sayısı  $P$ , ve  $i > j$  için  $x_i > x_j$  olan çiftlerin sayısı  $M$  ile gösterilirse test istatistiği ( $S$ ), aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$S = P - M \quad (12)$$

Kendall korelasyon katsayısı  $\tau$  ;



$$\tau = S/[n(n-1)/2] \quad (13)$$

$n \geq 10$  için S asimtotik olarak ortalaması sıfır, standart sapması ;

$$\sigma_s = n(n-1)(2n+5)/18 \quad (14)$$

olan normal dağılım gösterir. Dolayısıyla,

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sigma_s} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sigma_s} & S < 0 \end{cases}$$

olarak tanımlanan Z istatistiğinin dağılımı standart normal dağılımdır. Eğer seride birbirine eşit olan değerler varsa Varyans S aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$\sigma_s = \sqrt{[n(n-1)(2n+5) - \sum_i t_i(t_{i-1})(2t_i+5)]/18} \quad (16)$$

Burada  $t_i$ , sayısal değeri eşit olan eleman sayılarını göstermektedir. Z'nin mutlak değeri seçilen  $\alpha$  anlamlılık düzeyine karşı gelen normal dağılımın  $Z_{\alpha/2}$  kritik değeri ile karşılaştırılır. Eğer bulunan değer kritik Z değerinden küçükse sıfır hipotezine göre incelenen zaman serisinde trend olmadığı aksi halde trend olduğu kabul edilmektedir. Buna göre trend belirlenmişse ve S değeri pozitif ise trendin artan yönde, negatifse azalan yönde olduğu sonucuna varılmaktadır (Bayazıt ve Önöz, 2004). Bu çalışmada kritik z değeri 1,96 olarak belirlenmiştir.

İçsel bağımlılık, hidrolojik zaman serilerinin trend analizinde önemli bir problemdir. Anlamlı bir içsel korelasyon varsa trend sonucunda belirli bir önem seviyesinde gerçekte olması gerekenden daha önemli bir trend bulunabilir (Partal ve Kahya, 2006). Bu nedenle bu çalışmada Mann-Kendall testi uygulanmadan önce içsel bağımlılığın önemi araştırılacak ve bulunan içsel bağımlılığın etkisini giderdikten sonra elde edilen veriye Mann-Kendall testi uygulanacaktır.

İçsel korelasyon katsayısı aşağıdaki denklemlerle belirlenir.

$$r(k) = \frac{\sum (x(t) * x(t+k)) - \frac{1}{n-k} \sum x(t) * \sum x(t+k)}{\left( \sum x^2(t) - \frac{1}{n-k} (\sum x(t))^2 \right)^{1/2} \left( \sum x^2(t+k) - \frac{1}{n-k} (\sum x(t+k))^2 \right)^{1/2}} \quad (17)$$

Burada öteleme sayısı (k) 1 olarak alınır. X(t) ise zaman serisinin herhangi bir andaki değeridir. Bulunan içsel korelasyonun %5 önem seviyesinde istatistiksel olarak önemli olup olmadığını belirlemek için r'nin üst ve alt limitleri aşağıdaki gibi bulunur (Partal ve Kahya, 2006).

$$r_{üst} = \frac{1}{n-k} (-1 + z_{1-\alpha/2} \sqrt{n-k-1}) \quad (18)$$

$$r_{alt} = \frac{1}{n-k} (-1 - z_{1-\alpha/2} \sqrt{n-k-1}) \quad (19)$$

Burada n, toplam veri sayısı k, öteleme sayısı ve z normal dağılım tablosundan belirli bir güven aralığında ( $\alpha=0,05$ ) okunan kritik değerdir.

Eğer bulunan içsel korelasyon %5 önem seviyesinde önemli değil ise zaman serisine Mann-Kendall testi aynen uygulanır. Aksi halde ( $X_1, X_2, \dots, X_n$ ) orijinal zaman serisinden içsel bağımlılığı gidermek için önce aşağıdaki düzeltme yapılır. Elde edilen yeni veriye Mann-Kendall testi uygulanır.

$$(X_2 - r^*X_1, X_3 - r^*X_2, \dots, X_n - r^*X_{(n-1)}) \quad (20)$$

## Çalışma Alanı



Şekil 2. Çalışma alanı meteoroloji gözlem istasyonları.

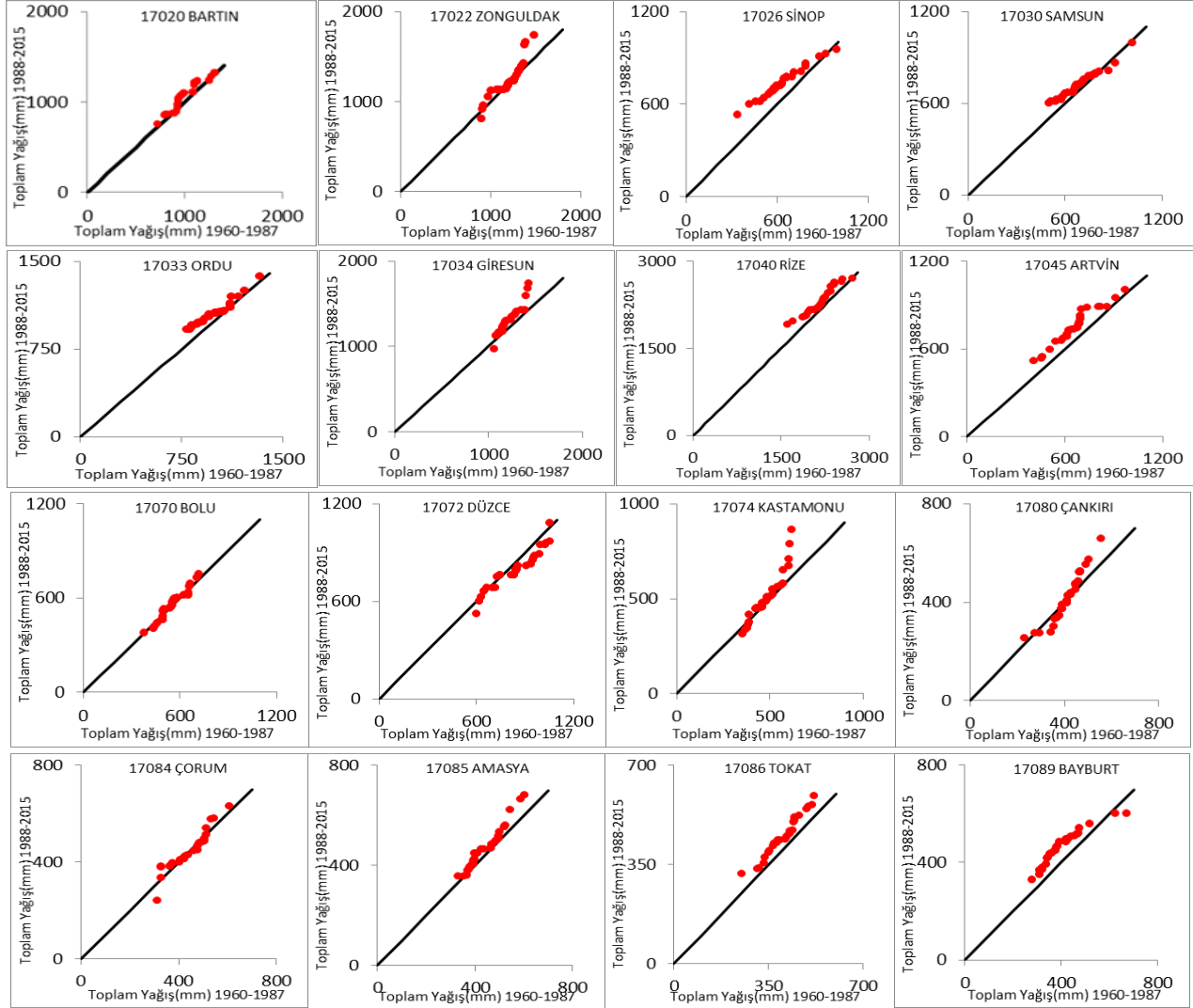
Bu çalışmada Karadeniz Bölgesinde yer alan 16 adet istasyona ait yıllık toplam yağış ve yıllık ortalama sıcaklık verilerinin Yenilikçi Şen Yöntemi ve Mann-Kendall Yöntemi kullanılarak trend analizleri yapılmıştır. Kullanılan veriler 1960 ile 2015 yılları arasındaki 55 yıllık dönemi kapsamaktadır. Bu bölgede Karadeniz iklimi etkilidir. Her mevsimde yağış görülür. Yıllık sıcaklık farkları azdır ve yazları serin, kışları ise ılıktır. Türkiye’de en fazla yağış alan bölge Karadeniz Bölgesi’dir. Çizelge 1 de 16 adet istasyona ait istasyon numarası, yıllık toplam yağış ve yıllık ortalama sıcaklık, standart sapma, değişim katsayısı ve çarpıklık katsayıları gibi bazı veriler tablo halinde gösterilmiştir.

Çizelge 1. İstasyonlara ait bazı veriler

İstasyon no	Yıllık Toplam Yağış (mm)				Yıllık Ortalama Sıcaklık (°C)				
	Ortalama (mm)	S.Sapma	Değişim	Çarpıklık	Ortalama (°C)	S.Sapma	Değişim	Çarpıklık	
Bartın	17020	1039,24	161,58	15,55	0,132	12,73	0,66	5,17	0,478
Zonguldak	17022	1218,35	181,53	14,90	0,383	13,68	0,66	4,84	0,529
Sinop	17026	686,32	135,92	19,80	0,026	14,22	0,72	5,04	0,372
Samsun	17030	706,39	107,74	15,25	0,583	14,54	0,73	5,04	0,483
Ordu	17033	1023,86	124,79	12,19	0,449	14,32	0,79	5,49	0,642
Giresun	17034	1259,59	147,87	11,74	1,102	14,55	0,75	5,16	0,665
Rize	17040	2236,89	252,28	11,28	0,017	14,28	0,75	5,26	0,571
Artvin	17045	710,11	134,26	18,91	0,026	12,20	0,85	6,93	0,535
Bolu	17070	557,37	87,21	15,65	0,111	10,61	0,83	7,84	0,434
Kastamonu	17074	498,59	109,01	21,86	1,009	9,81	0,67	6,85	0,287
Düzce	17072	821,56	134,22	16,34	-0,064	13,28	0,76	5,71	0,420
Çankırı	17080	411,19	86,64	21,07	0,251	11,26	0,72	6,44	0,308
Çorum	17084	442,02	77,37	17,50	0,110	10,73	0,82	7,63	0,413
Amasya	17085	457,61	81,14	17,73	0,110	13,77	0,81	5,90	0,471
Tokat	17086	427,47	72,21	16,89	0,018	12,53	0,83	6,62	0,374
Bayburt	17089	436,51	85,65	19,62	0,465	7,04	1,03	14,66	0,406

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada ilk önce Sen yöntemi ile trend analizi uygulanmıştır. Aşağıda Karadeniz Bölgesinde bulunan 16 adet istasyona ait yıllık toplam yağış verilerinin Yenilikçi Şen testi saçılma grafikleri gösterilmiştir.



Şekil 3. Karadeniz Bölgesindeki istasyonların yıllık toplam yağış verilerinin Şen Yöntemi ile saçılma diyagramı

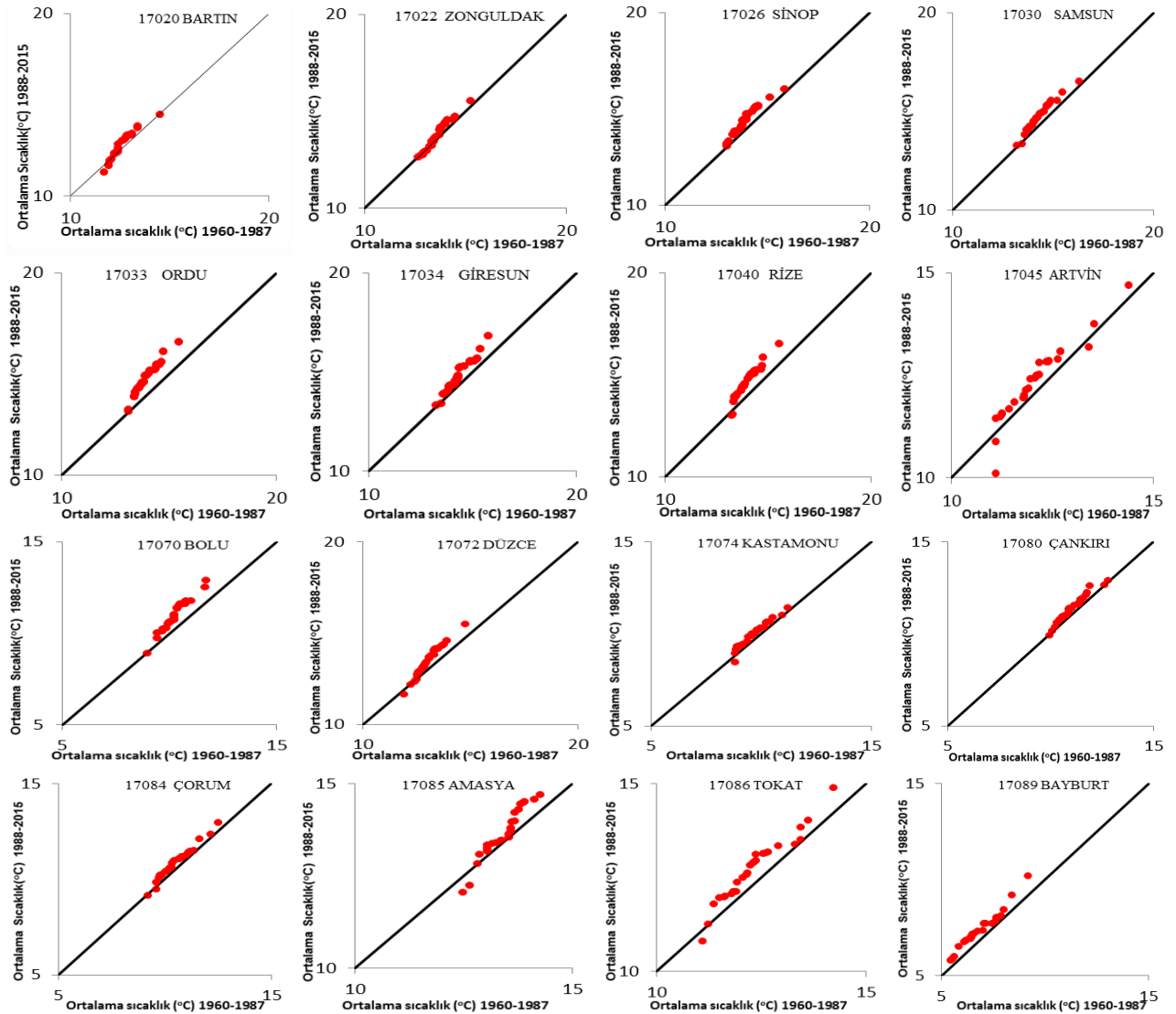
Şekil 3 'deki diyagramlara bakıldığında noktaların daha çok 1:1 doğrusunun üst üçgensel alanında toplandığı görülmektedir. Bu da bize Bartın, Zonguldak, Sinop, Samsun, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Kastamonu, Çankırı, Çorum, Amasya, Tokat ve Bayburt istasyonlarındaki yıllık toplam yağış verilerinde artan eğilim olduğunu göstermektedir. Düzce istasyonunda ise yıllık toplam yağış verileri daha çok 1:1 doğrusunun alt kısmında yer aldığı için eğilimin azalan yönde olduğu gözükmemektedir.

Şekil 3 bize eğilimin yönü hakkında önemli bilgiler verir ancak eğilimin istatistiksel olarak önemli olup olmadığını belirlemek için 0,05 anlamlılık seviyesinde kritik değerler ile karşılaştırılması gerekir. Örnek olarak Bartın istasyonu için s değeri kritik alt ve üst sınırlar +0,428 ve -0,428 olarak belirlenmiştir. Bulunan s değeri 0,887 değeri +0,428 den büyük olduğundan artan trend olduğu görülmüştür. Tüm istasyonlar için Yenilikçi Şen yöntemine göre elde edilen eğim değerleri ile karşılık gelen kritik değerler Çizelge 2 de verilmiştir. Çizelge 2 ye göre, sadece Zonguldak istasyonunda herhangi bir trend olmadığı

diğer 15 istasyonda istatistiksel olarak önemli trend olduğu bulunmuştur. Sadece Düzce istasyonunda azalan trend bulunurken kalan 14 istasyonun hepsinde de yıllık yağışlarda artan trend bulunmuştur.

**Çizelge 2.** Yıllık toplam yağışların Yenilikçi Şen yöntemi sonuçları

Yenilikçi Şen Yöntemi İle Trend Analizi								
	Yıl. Top. Yağış (mm)	S.Sapma	Korelasyon	Eğim(s)	Üst sınır	Alt sınır	Karar	Trend yönü
Bartın	1039,24	161,58	0,960	0,887	0,428	-0,428	Evet	Artan
Zonguldak	1218,35	181,53	0,926	-0,258	0,635	-0,635	Hayır	Yok
Sinop	686,32	135,92	0,992	2,393	0,180	-0,180	Evet	Artan
Samsun	706,39	107,74	0,985	0,893	0,239	-0,239	Evet	Artan
Ordu	1023,86	124,79	0,975	2,640	0,261	-0,261	Evet	Artan
Giresun	1259,59	147,87	0,956	3,378	0,409	-0,409	Evet	Artan
Rize	2236,89	252,28	0,966	3,918	0,615	-0,615	Evet	Artan
Artvin	710,11	134,26	0,972	1,992	0,298	-0,298	Evet	Artan
Bolu	557,37	87,21	0,977	0,275	0,174	-0,174	Evet	Artan
Kastamonu	498,59	109,01	0,950	1,925	0,323	-0,323	Evet	Artan
Düzce	821,56	134,58	0,956	-1,457	0,374	-0,374	Evet	Azalan
Çankırı	411,19	86,64	0,958	0,547	0,235	-0,235	Evet	Artan
Çorum	442,02	77,37	0,945	0,349	0,239	-0,239	Evet	Artan
Amasya	457,61	81,14	0,980	1,181	0,151	-0,151	Evet	Artan
Tokat	427,47	72,21	0,981	1,414	0,131	-0,131	Evet	Artan
Bayburt	436,51	85,65	0,945	1,783	0,267	-0,267	Evet	Artan



**Şekil 4.** Yıllık ortalama sıcaklık verilerinin Yenilikçi Şen Yöntemine göre saçılma diyagramları

Daha sonra Karadeniz Bölgesinde yer alan 16 istasyonun yıllık ortalama sıcaklık verilerinin Yenilikçi Şen testi saçılım diyagramları elde edilmiştir (Şekil 4). Saçılma diyagramlarına bakıldığında tüm istasyonların yıllık ortalama sıcaklık verilerinde artan eğilim görülmektedir. Çünkü bu istasyonlara ait saçılım diyagramlarındaki noktalar 1:1 doğrultusunun üst kısmında daha çok yoğunluk göstermektedir.

Karadeniz Bölgesinde bulunan 16 istasyon ait sıcaklık verileri için 0,05 anlamlılık seviyesinde kritik değerler ve trend sonuçları Yenilikçi Şen Yöntemi için Çizelge 3 de verilmiştir. Çizelgedeki verilere göre Yenilikçi Şen yöntemine göre tüm istasyonlarda artan trend belirlenmiştir. Bu sonucun Şekil 4 de görülen saçılma diyagramları ile uyumlu olduğu görülmektedir.

**Çizelge 3.** Yıllık ortalama sıcaklıkların Yenilikçi Şen yöntemi sonuçları

Yenilikçi Şen Yöntemi İle Trend Analizi								
	Ort.Sic. °C	S.Sapma	Korelasyon	Eğim(s)	Üst sınır	Alt sınır	Karar	Trend yönü
Bartın	12,73	0,66	0,958	0,0096	0,0018	-0,0018	Evet	Artan
Zonguldak	13,68	0,66	0,986	0,0067	0,0010	-0,0010	Evet	Artan
Sinop	14,22	0,72	0,970	0,0160	0,0016	-0,0016	Evet	Artan
Samsun	14,54	0,73	0,980	0,0142	0,0014	-0,0014	Evet	Artan
Ordu	14,32	0,79	0,979	0,0290	0,0015	-0,0015	Evet	Artan
Giresun	14,55	0,75	0,982	0,0213	0,0013	-0,0013	Evet	Artan
Rize	14,28	0,75	0,967	0,0243	0,0018	-0,0018	Evet	Artan
Artvin	12,20	0,85	0,946	0,0096	0,0026	-0,0026	Evet	Artan
Bolu	10,61	0,83	0,980	0,0266	0,0016	-0,0016	Evet	Artan
Kastamonu	9,81	0,67	0,973	0,0108	0,0015	-0,0015	Evet	Artan
Düzce	13,28	0,76	0,986	0,0181	0,0012	-0,0012	Evet	Artan
Çankırı	11,26	0,72	0,979	0,0099	0,0014	-0,0014	Evet	Artan
Çorum	10,73	0,82	0,986	0,0102	0,0013	-0,0013	Evet	Artan
Amasya	13,77	0,81	0,974	0,0118	0,0017	-0,0017	Evet	Artan
Tokat	12,53	0,83	0,969	0,0156	0,0019	-0,0019	Evet	Artan
Bayburt	7,04	1,03	0,978	0,0207	0,0020	-0,0020	Evet	Artan

**Çizelge 4.** Yıllık yağış ve sıcaklık verilerinin Mann-Kendall test sonuçları

İstasyon	YAĞIŞ			SICAKLIK		
	İçsel Kor.	Mann- Kendall		İçsel Kor.	Mann-Kendall	
	r(k)	Z	Trend	r(k)	Z	Trend
Bartın	-0,1591	-0,76	Yok	0,0150	2,97	Var
Zonguldak	-0,0428	-0,94	Yok	0,2185*	1,20	Yok
Sinop	0,4055*	1,98	Var	-0,1224	2,72	Var
Samsun	0,1581	1,32	Yok	-0,1296	0,06	Yok
Ordu	0,0457	2,74	Var	-0,0748	2,34	Var
Giresun	-0,2130	3,29	Var	-0,2229	1,98	Var
Rize	-0,3424*	2,12	Var	-0,0469	0,85	Yok
Artvin	-0,1918	2,25	Var	-0,1441	1,09	Yok
Bolu	-0,1449	0,56	Yok	0,0814	2,55	Var
Kastamonu	0,1601	1,00	Yok	-0,1011	0,46	Yok
Düzce	-0,0922	-1,43	Yok	-0,0348	0,68	Yok
Çankırı	0,1274	0,05	Yok	-0,1712	2,41	Var
Çorum	-0,2631*	0,20	Yok	0,0311	1,18	Yok
Amasya	0,1648	1,73	Yok	-0,1483	2,38	Var
Tokat	0,3645*	1,19	Yok	-0,1467	0,47	Yok
Bayburt	0,1688	2,95	Var	-0,0138	0,45	Yok

r(alt) : -0,24029, r(üst): 0,20325, \* içsel korelasyonu önemli

Diğer yandan Mann-Kendall yöntemine göre yıllık toplam yağış ve yıllık ortalama sıcaklık verilerinin trend analizi yapılmıştır (Çizelge 4). Verilerin içsel korelasyonu göz önüne alınmış, içsel bağımlılığı yüksek olan verilerin içsel bağımlılığı giderildikten sonra Mann-Kendall testi yapılmıştır. Buna göre Yağış verileri için 4 istasyonda, sıcaklık verileri içinse sadece 1 istasyonda içsel bağımlılığın



önemli olduğu belirlenmiştir. Mann-Kendall testine göre yıllık yağışlarda Sinop, Ordu, Giresun, Rize, Artvin ve Bayburt istasyonlarında artan trend bulunurken, diğer istasyonlarda istatistiksel önemli bir trend bulunamamıştır. İki yöntemin sonuçları karşılaştırıldığında 6 istasyonda her iki yöntemde aynı trendi belirlemiştir. Ancak Yenilikçi Şen yönteminin trend belirlediği 9 istasyonda Mann-Kendall testi trend belirlememiştir.

**Çizelge 5.** Şen Trend yöntemi sonuçları.

İstasyon	Şen Trend	Yıllık Toplam Yağış	Yıllık Ortalama Sıcaklık
Bartın	Yüksek Değerli Veriler	0	+
	Orta Değerli Veriler	+	+
	Düşük Değerli Veriler	+	0
Zonguldak	Yüksek Değerli Veriler	+	+
	Orta Değerli Veriler	+	+
	Düşük Değerli Veriler	+	0
Sinop	Yüksek Değerli Veriler	+	+
	Orta Değerli Veriler	+	+
	Düşük Değerli Veriler	+	+
Samsun	Yüksek Değerli Veriler	0	+
	Orta Değerli Veriler	+	+
	Düşük Değerli Veriler	+	+
Ordu	Yüksek Değerli Veriler	+	+
	Orta Değerli Veriler	+	+
	Düşük Değerli Veriler	+	+
Giresun	Yüksek Değerli Veriler	+	+
	Orta Değerli Veriler	+	+
	Düşük Değerli Veriler	+	+
Rize	Yüksek Değerli Veriler	+	+
	Orta Değerli Veriler	+	+
	Düşük Değerli Veriler	+	+
Artvin	Yüksek Değerli Veriler	+	+
	Orta Değerli Veriler	+	+
	Düşük Değerli Veriler	+	+
Bolu	Yüksek Değerli Veriler	+	+
	Orta Değerli Veriler	+	+
	Düşük Değerli Veriler	0	+
Düzce	Yüksek Değerli Veriler	-	+
	Orta Değerli Veriler	-	+
	Düşük Değerli Veriler	0	0
Kastamonu	Yüksek Değerli Veriler	+	+
	Orta Değerli Veriler	+	+
	Düşük Değerli Veriler	+	+
Çankırı	Yüksek Değerli Veriler	+	+
	Orta Değerli Veriler	0	+
	Düşük Değerli Veriler	0	+
Çorum	Yüksek Değerli Veriler	+	+
	Orta Değerli Veriler	0	+
	Düşük Değerli Veriler	+	+
Amasya	Yüksek Değerli Veriler	+	+
	Orta Değerli Veriler	+	+
	Düşük Değerli Veriler	+	+
Tokat	Yüksek Değerli Veriler	+	+
	Orta Değerli Veriler	+	+
	Düşük Değerli Veriler	+	+
Bayburt	Yüksek Değerli Veriler	+	+
	Orta Değerli Veriler	+	+
	Düşük Değerli Veriler	+	+

0: Trend Yok,(-): Azalan Trend,(+): Artan Trend

Sıcaklık verilerinin Mann-Kendall yöntemine göre trend analizi sonuçlarına da bakıldığında tüm istasyonlarda artan eğilim (pozitif z değeri) olmakla beraber, sadece 7 istasyonda 0,05 anlamlılık seviyesinde istatistiksel olarak önemli artan trend belirlenmiştir. Bu istasyonlar Bartın, Sinop, Ordu, Giresun, Rize, Bolu, Çankırı ve Amasya istasyonlarıdır. İki yöntemin sonuçları kıyaslandığında ise 7 istasyonda her iki yöntemde artan trendi belirlemiştir. 9 istasyonda ise 0,05 anlamlılık seviyesine göre Yenilikçi Şen yöntemi istatistik önemli trend belirlerken Mann-Kendall testi belirlememiştir.

Çizelge 5'te yıllık toplam yağış ve yıllık ortalama sıcaklık değerlerine göre çizilen saçılma diyagramlarında 1:1 doğrultusuna bakarak verileri 3 gruba ayırarak yüksek, orta ve düşük değerli verilerin Yenilikçi Şen yöntemine göre trend analizleri yaklaşık olarak yorumlanmıştır. 1:1 doğrultusuna bakarak verilerin artan, azalan ya da trendin olmadığı durumlar tespit edilmiştir. Buna göre Yağış verileri için Yüksek ve Orta değerli verilerde 13, Düşük değerli verilerde 12 istasyon için artan trend bulunmuştur. Sadece Düzce istasyonunda Düşük ve Orta değerli veriler için azalan trend belirlenmiştir. Yıllık sıcaklık verileri içinse sadece 3 istasyonun düşük verileri için herhangi bir trend belirlenmemiş diğer tüm istasyonların Düşük Orta ve Yüksek verileri içinse artan trend belirlenmiştir.

## SONUÇ

Bu çalışmada Karadeniz Bölgesinde yer alan 16 adet istasyona ait yıllık toplam yağış ve yıllık ortalama sıcaklık verilerinin trend değişimleri Mann Kendall ve Yenilikçi Şen Yöntemi kullanılarak 0.05 anlamlılık seviyesinde araştırılmıştır.

Yenilikçi Şen yöntemine göre hem grafiksel saçılma diyagramları ile hem de istatistiksel analiz ile trendler belirlenmeye çalışılmıştır. Genel olarak saçılma diyagramı bize trendin yönü hakkında bilgi verse de istatistik olarak kritik değerler ile karşılaştırarak trendin istatistiksel önemli olup olmadığı belirlenebilmektedir.

Karadeniz Bölgesi yıllık yağışlarında Yenilikçi Şen yöntemine göre 14 istasyonda istatistiksel önemli artan trend bulunmuştur. Mann-Kendall testi ise sadece 6 istasyon için artan trend belirlemiştir. Karadeniz kıyılarındaki 4 istasyonda hem Mann-Kendall hem de Yenilikçi Şen yöntemi artan trend göstermiştir. Yıllık ortalama sıcaklık verileri için ise 0,05 anlamlılık seviyesinde Yenilikçi Şen yöntemi 16 istasyonun tamamında artan trend belirlerken, Mann-Kendall testi 7 istasyonda artan trend belirlemiştir. İki yöntem karşılaştırıldığında Yenilikçi Şen yönteminin istatistiksel olarak anlamlı daha çok trend belirlediği görülmektedir.

Herhangi bir kabule gerek duymayan Yenilikçi Şen yöntemi verilerin ilk ve ikinci yarısı arasındaki kısmı arasındaki farkı belirleyerek trendi ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle Mann-Kendall testinde belirlenemeyen önemli trendler ortaya konmaktadır. Yenilikçi Şen yöntemi hem görsel olarak trendi gösterme hem de düşük, orta ve yüksek veriler için ayrı ayrı trendin görülmesi avantajına sahiptir.

Çalışmanın sonuçları önceki çalışmalarla karşılaştırıldığında, Partal ve Kahya (2006) Karadeniz Bölgesi kıyılarında yağışlarda azalma eğiliminin hakim olduğunu, Ordu ve Rize'de istatistik önemli azalma trendi olduğunu bulmuşlardır. Bu çalışmada ise gerek Mann-Kendall gerekse Yenilikçi Şen yöntemi Karadeniz bölgesi için artan eğilimin hakim olduğunu göstermiştir. Ordu için istatistiksel önemli artan trend bulunmuştur. Bu farklılığın nedeni olarak önceki çalışmanın 1993'e kadar olan verilerle yapılması gösterilebilir. Son 20 yıldaki yağışların bölgedeki yağışların trendini oldukça değiştirdiği görülmektedir.

Sonuçlar göstermiştir ki 1960-2015 periyodu için Karadeniz bölgesinde yıllık toplam yağışlar ve yıllık ortalama sıcaklıklar genel olarak artan trendde sahiptir. Gelecek çalışmalarda yağış ve sıcaklık verilerinin hem bölge hem de Türkiye ölçeğinde daha detaylı analizleri yapılmalıdır.

**KAYNAKLAR**

- Alashan S, 2018. An improved version of innovative trend analyses. *Arabian Journal of Geosciences*. 11.50
- Bayazıt M, 1996. İnşaat Mühendisliğinde Olasılık Yöntemleri, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 245.
- Bayazıt M, Önöz B, 2004. Trend Analizi. IV Ulusal Hidroloji Kongresi Hidrolojide Yeni Yöntemler Seminer Kitabı, İstanbul, 79-84.
- Eris E, Agiralioglu N, 2012. Homogeneity and Trend Analysis of Hydrometeorological Data of the Eastern Black Sea Region, Turkey, *Journal of Water Resource and Protection*, 4(2), 99-105.
- Gocic M, Trajkovic S, 2013. Analysis of changes in meteorological variables using Mann-Kendall and Sen's slope estimator statistical tests in Serbia. *Global and Planetary Change*. 100, 172-182
- Güçlü YS, 2018. Multiple Şen-innovative trend analyses and partial Mann-Kendall test. *Journal of Hydrology*. 566.685-704
- Güçlü YS, 2018. Kıyaslamalı Yenilikçi Eğilim Çözümlemesi Temelleri ve Uygulamaları. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, Artvin Çoruh Üniversitesi, 4(2), 182-191.
- Kahya E, Kalayci S, 2004. Trend Analysis of Streamflow in Turkey, *Journal of Hydrology* 289, 128–144.
- Kendall MG, 1975. Rank correlation methods. Oxford University Press, New York.
- Liuzzo L, Freni G, 2015. Analysis of Extreme Rainfall Trends in Sicily for the Evaluation of Depth-Duration-Frequency Curves in Climate Change Scenarios. *Journal Hydrological Engineering*.20 (12)
- Mann HB, 1945. Non-Parametric Tests Against Trend, *Econometrica*, 13, 163-171.
- Mohorji AM, Şen Z, Almazroi M, 2017. Trend Analyses Revision and Global Monthly Temperature Innovative Multi-Duration Analysis. *Earth Systems and Environment*. 1(9).1-13
- Öztopal A, Şen Z, 2017. Innovative trend methodology applications to precipitation records in Turkey. *Water resources management*, 31(3), 727-737.
- Partal T, Kahya E, 2006. Trend Analysis in Turkish Precipitation Data, *Hydrology Process*, 20, 2011–2026.
- Şen Z, 2012. Innovative Trend Analysis Methodology, *Journal of Hydrologic Engineering*, 17(9), 1042-1046.
- Şen Z, 2013. Trend Identification Simulation and Application.”, *Journal of Hydrologic Engineering*, 19(3). 635-642
- Şen Z, 2015. Innovative Trend Significance Test and Applications. *Theoretical and Applied Climatology*, 127(3), 939–947, 2015.
- Topuz M, 2017. Çukurova'da Yağışların Trend Analizi, *Çukurova Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 173-181.
- Türkeş M, Erlat E, 2005. Climatological Responses Of Winter Precipitation in Turkey to Variability of the North Atlantic Oscillation During the Period 1930-2001, *Theoretical and Applied Climatology*, 81, 45-69.
- Uzunkol M, Kızılelma Y, 2016. Ceyhan Havzası'nın Kuraklık Durumu Ve Eğilimlerinin Belirlenmesi, *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 4(29), 503-519.
- Xu Z, Liu Z, Fu G, Chen Y, 2010. Trends of major hydroclimatic variables in the Tarim River Basin during the past 50 years. *Journal of Arid Environments* 74 (2),256–267.
- Yıldırım A, 2015. Trend Analizi Yöntemleri : Orta Fırat Havzası Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Enerji Enstitüsü, İstanbul, 85
- Yılmaz M, Tosunoğlu F. 2019. Trend assessment of annual instantaneous maximum flows in Turkey. *Hydrological Science Journal*.64(7).820-834

## Examination of the Biodiesel Production Performances of Natural and Modified Bentonite Heterogeneous Basic Catalysts

Sema ASLAN<sup>1\*</sup>

**ABSTRACT:** Intension of this study is the production of an alternative energy source from rapeseed oil with renewable heterogeneous basic catalysts. Production of biodiesel from biomass has been studied over decades and the positive effects of the heterogeneous basic catalysts on this process are still worth to examine. In the presented study firstly, natural bentonite (BT) was activated by calcination to obtain calcinated bentonite (C-BT). Then Li impregnation experiments were completed, and Li impregnated bentonite (Li-BT) catalyst was prepared. Obtained catalysts were characterized and analysed with FTIR, TGA and SEM/EDS measurements. Measurements showed that Li-BT is a promising catalyst and due to Li impregnation, exchange ability of the surface of the BT increased. Subsequently, they were utilized to the biodiesel production from rapeseed oil process individually and total fatty acid methyl ester yields of the obtained biodiesel were examined by GC-MS measurements. As a result, the best conversion yield was obtained from Li-BT used experiments as 98.80 % besides C-BT revealed with no yield. These studies can be enlarged by the consecutive catalytic experiments in detail. In conclusion, there is no need to use expensive catalysts and petroleum sourced hazardous chemicals to produce renewable energy catalysts.

**Keywords:** Heterogeneous basic catalyst, Biodiesel, Rapeseed oil, Bentonite, Renewable energy

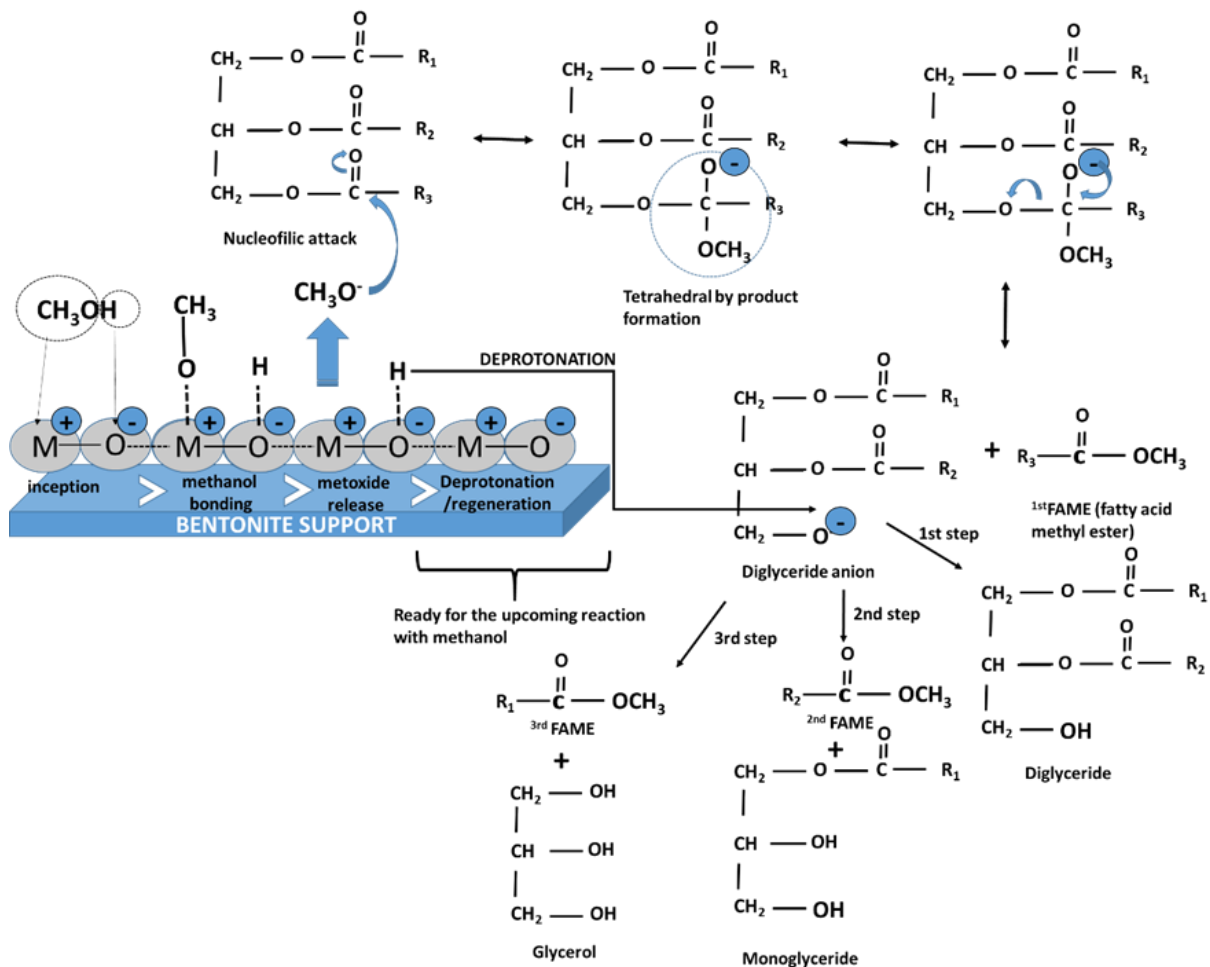
<sup>1</sup> Sema ASLAN (Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0001-9796-7311>), Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Muğla, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Sema ASLAN, e-mail: [semaaslan@mu.edu.tr](mailto:semaaslan@mu.edu.tr)

Geliş tarihi / Received: 09-10-2019  
Kabul tarihi / Accepted: 05-01-2020

## INTRODUCTION

It is clear that pollution levels are reaching higher grades and cause deterioration of the health of the live organisms (Tursi, 2019). Especially petroleum sourced pollution increasing by the usage of fossil fuels for industrial or postindustrial studies. These effects lead the researchers to find out more and more renewable energy sources (Chen, 2017). Thus biomass usage is preferred instead of conventional energy sources (Sani et al., 2014). It should be noted that it is a completely renewable source because it releases biogenic originated CO<sub>2</sub> to the atmosphere and plants use this CO<sub>2</sub> for their growth and metabolic processes (Tkemaladze and Makhashvili, 2016, Sun et al., 2010). As biodiesel is a renewable and environmentally friendly fuel, it shows great potential as an alternative energy source (Guyon and Elisseff, 2003; Rana et al., 2018). It is produced by many divergent methods (microwave-assisted (Moser, 2009; Kumar et al., 2011), sonication (Al-Ani et al., 2018), direct transesterification (Aslan et al., 2019), microbial (Akia et al., 2014) or sources, different kinds of raw materials can be used (refine, crude or frying oils) (Li et al., 2014), or there are different types of catalyst utilization, beyond acids or bases (Karahan et al., 2016; Donmez et al., 2018; Gungor et al., 2018; Kara et al., 2018), photocatalysts (Uğurlu et al., 2006; Karaoğlu et al., 2010; Karaoğlu and Uğurlu, 2010; Dinçer et al., 2016) ion exchange resins, lipases or supercritical fluids are used (Marchetti and Erazzu, 2008; Duan and Savage., 2011). Generally, biodiesel is produced by the transesterification reaction of triglycerides with short chain alcohols in the presence of a suitable catalyst (Izadpanahi et al., 2012).



**Scheme 1.** Methoxide formation on the BT support and the reaction mechanism of biodiesel formation



Catalyst transesterification reactions are mostly carried out by using alkaline, acidic or enzymatic catalysts (Duan and Savage, 2011). Recently, microporosis heterogeneous catalysts such as zirconium (Erkarslan et al., 2018), sulfated zirconium and titanium based zeolite have been used in the biodiesel production from different oil sources (Haupt and Haupt, 2004). The transesterification reaction takes place at a temperature of 250 °C in the catalyst-free environment but the same reaction can be successfully operated at lower temperatures by the usage of acidic (Suryaputra et al., 2013), alkaline or heterogeneous catalysts (Kennedy and Eberhart, 2001; Poore et al., 2012). Biodiesel production was achieved by a transesterification reaction in the reflux set up. The transesterification reaction is the conversion of triglycerides into fatty acid methyl esters (FAME) and glycerol (Scheme 1).

In recent years, efforts to develop heterogeneous catalysts (Karaoğlu et al., 2012; Dinçer et al., 2016) have been accelerated to use in biodiesel production. Post-process separation, lack of purification processes, eliminating the neutralization step of free fatty acids, no saponification of triglycerides, no catalytic residue in methyl ester and glyceride, and making production more economical are the main reasons for this development (Karaoglu and Ugurlu, 2011; Wang et al., 2019). At the same time, high product conversion can be achieved in heterogeneous catalysts and these eco-friendly catalysts are renewable catalysts (Li and Chung, 2008, Soetaredjo et al., 2011, Sen et al., 2016).

In this study, bentonite (BT) was activated by calcination (C-BT) and Li impregnated bentonite (Li-BT) was produced. Two different basic heterogeneous catalysts were utilized for the biodiesel production from rapeseed oil by transesterification method. For this purpose, the morphological and analytical characteristics of the catalysts and biodiesels were investigated with SEM/EDS, FTIR, TGA and GC-MS analysis. Li-BT revealed the best biodiesel conversion performance due to the presence of Li ions rather than being able to replace H<sup>+</sup> atoms in order to obtain methoxide from methanol in the first step of biodiesel production process.

## MATERIALS AND METHODS

### Materials

Methanol (99.80 % pure), n-hexane (99.00 % pure), sodium sulfate (99.00 % pure) and lithium acetate (99.00 % pure) were purchased from Merck. BT was supplied from a local plant. Rapeseed oil was obtained from a local market (Aypa Co.).

### Experimental Procedure

#### Preparation of the heterogeneous catalysts

Firstly natural BT particles were minimized in a mortar and sieved into 350.00 µm. Then obtained particles were activated by calcination at 500.00 °C for 2.00 hours. This form of BT was used as C-BT and a suitable amount of this sample kept for the experiments.

Subsequently, in order to produce Li-BT, 5.88 g of CH<sub>3</sub>COOLi<sub>(s)</sub> was dissolved in 500.00 mL of deionized pure water in a suitable flask and 20.00 g of C-BT was added to this solution. The obtained mixture was maintained at 60.00 °C and stirred mechanically for 24.00 h. The resulting slurry was transferred to drying oven at 110.00 °C for 24.00 h. Finally calcination was operated at 500.00 °C for 5.00 h. Then, these samples were transferred into a desiccator, cooled and stored in dark medium when not in use (Omar and Amin, 2011).

The morphological and structural properties of the C-BT and Li-BT catalysts were investigated by TGA, FT-IR (Perkin Elmer), SEM (JEOL, JSM-7600F scanning electron microscope) and EDS analysis.

### Transesterification and biodiesel production process

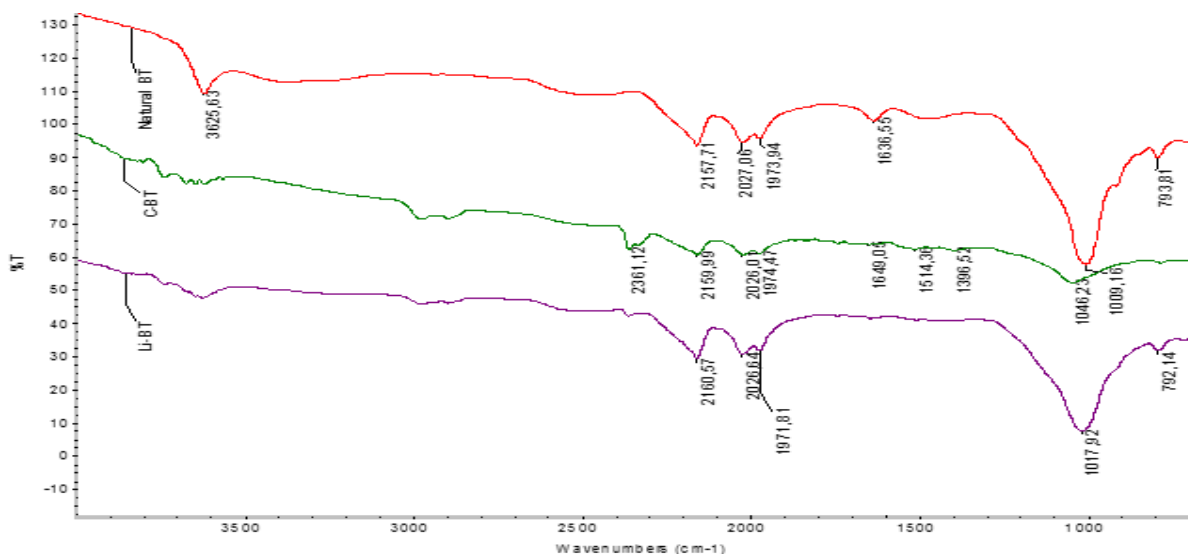
Biodiesel is the total FAME content of the mixture. Firstly, methanol (methanol/oil; 6/1) and a small quantity of heterogeneous catalyst (6.00 %) were transferred to the reflux condenser adapted three-neck flask. Heated and stirred at 60.00 °C for 1 h in order to obtain methoxide groups on the heterogeneous catalyst. Subsequently, rapeseed oil was added to the mixture and stirred for 3.00 h at the same conditions. Then the mixture was cooled down to room temperature. Obtained samples were centrifuged for 15.00 min at 5000.00 rpm and the supernatant solution was washed and dried with sodium sulfate anhydrous. Finally, excess methanol was evaporated at 105.00 °C. Total FAME content of the analyzed by GC-MS (Omar and Amin, 2011).

## RESULTS AND DISCUSSION

### Chemical Characterizations of Catalysts

#### FTIR spectroscopy analysis

The FTIR spectra of natural BT, C-BT, and Li-BT were analyzed in order to explain structural changes after the calcination and Li impregnation process (Figure 1). There has been a decrease at the peak of natural BT in the field of OH vibration after the calcination ( $3625.63\text{ cm}^{-1}$ ), so as the OH bending of zeolitic water ( $1636.55\text{ cm}^{-1}$ ) depending on the removal of humidity in the natural BT structure. It can be concluded that after calcination of BT, CO bending peak is suppressed but after Li impregnation, the interaction between CO group and Li ions increased the peak ( $2157.71\text{ cm}^{-1}$ ,  $2159.99\text{ cm}^{-1}$ ,  $2160.57\text{ cm}^{-1}$ , respectively). About the fingerprint area, the  $1009.16\text{ cm}^{-1}$  peak of the natural BT corresponds to the C-C single bond or Si-O-Si vibrations and as it seems from the spectra this bond is suppressed after the calcination but increased again after the Li impregnation. Finally, the peak at the  $793.81\text{ cm}^{-1}$  in the fingerprint area shows the same behavior (Cobas et al., 2014; Eren et al., 2009). These results mean that calcination was achieved successfully and Li interactions were observed especially with C-C and C=O bonds.



**Figure.1.** Comparison of the FTIR analysis of natural BT, C-BT, and Li-BT ( $4000\text{-}400\text{ cm}^{-1}$ )

### TGA analysis of catalyst

Thermogravimetric analysis of natural, calcinated and Li impregnated BTs were performed to validate FTIR results. Weight loss percentages of natural BT is higher than C-BT (Figure 2a) and Li-BT (Figure 2b). As it has been mentioned above, there is a water presence in the natural BT structure. So, the weight loss at 100.00 °C is attributed to the water content of the BT and after the calcination, no weight loss is observed in this area for both C-BT and Li-BT samples. Additionally, between 600.00-700.00 °C maximum carbon dioxide release belongs to the natural BT, then C-BT and finally Li-BT. These results can be explained by the presence of Li interaction between C atoms.

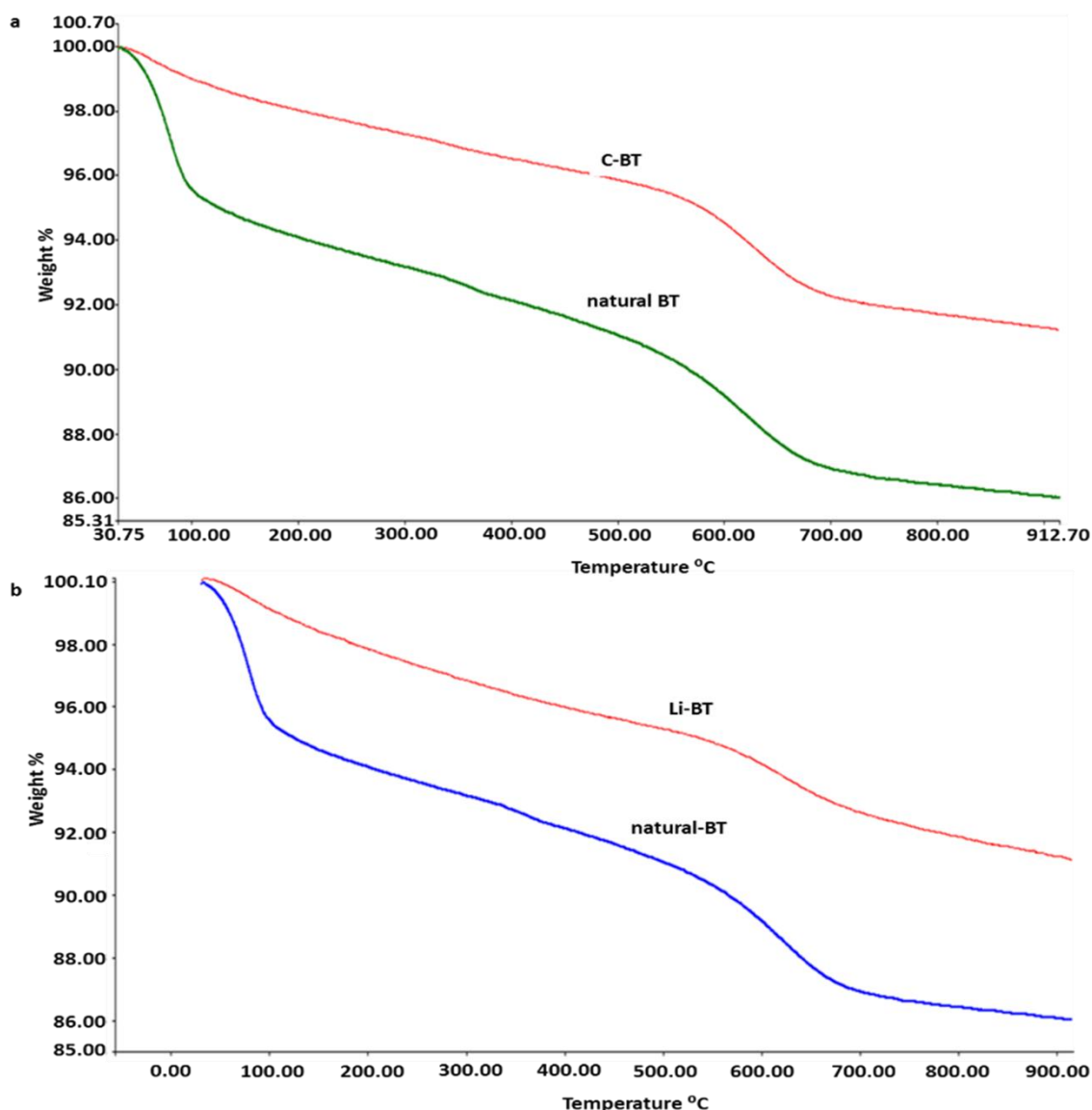
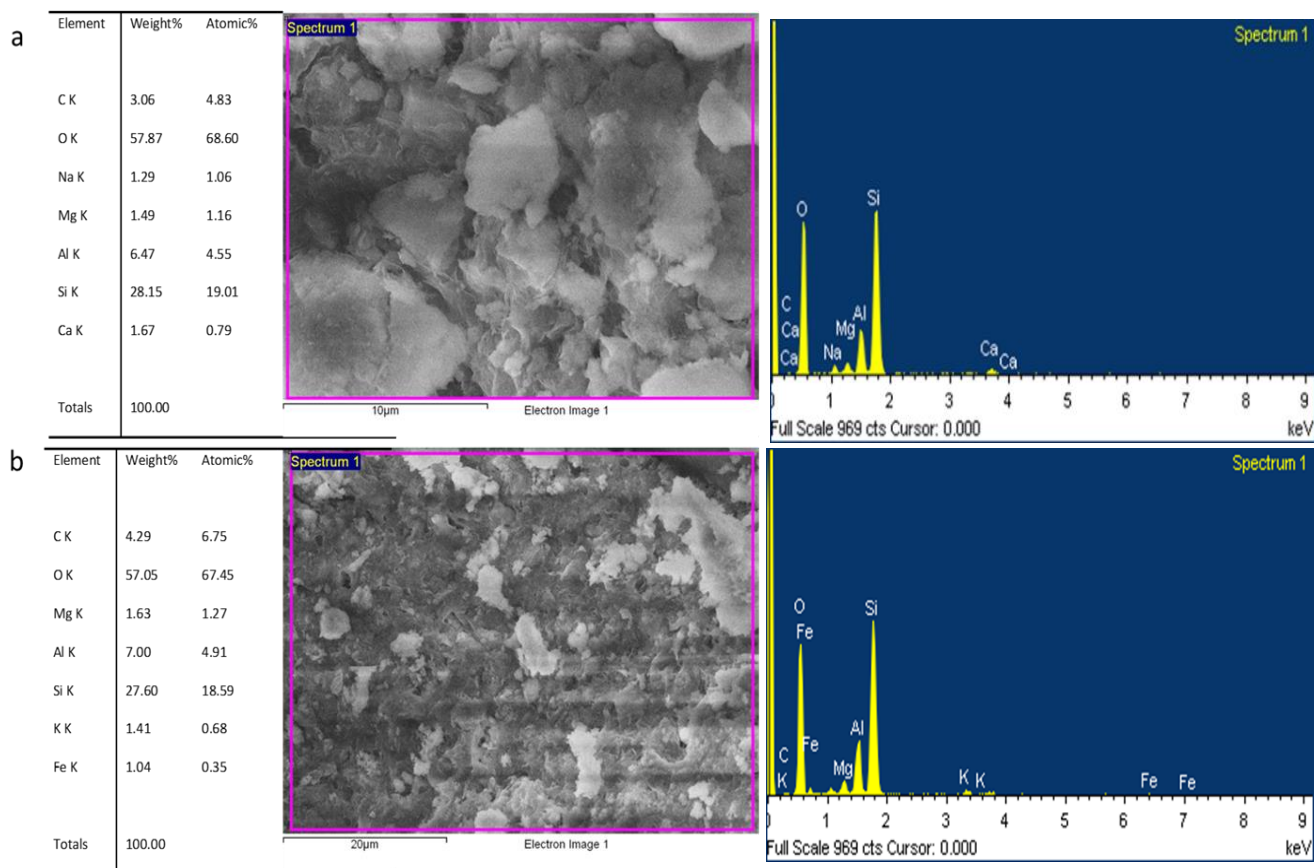


Figure 2. Comparison of the TGA analysis of a) natural BT and C-BT, b) natural BT and Li-BT (21-900 °C)

### SEM and EDS analysis of catalysts

The morphological properties of the catalysts were monitored with SEM and EDS analysis. Here the SEM images and EDS values of C-BT and Li-BT are presented and compared with each other. Since Li element shows the EDS peak around 0.02 keV it was expected to be overlapped by C and K peaks in the spectrum additionally if the irradiation beam of the electrode isn't high enough to indicate the Li ion it can't be seen or indicated as another ion here such as K. As it is reported (Hovington et al., 2017)

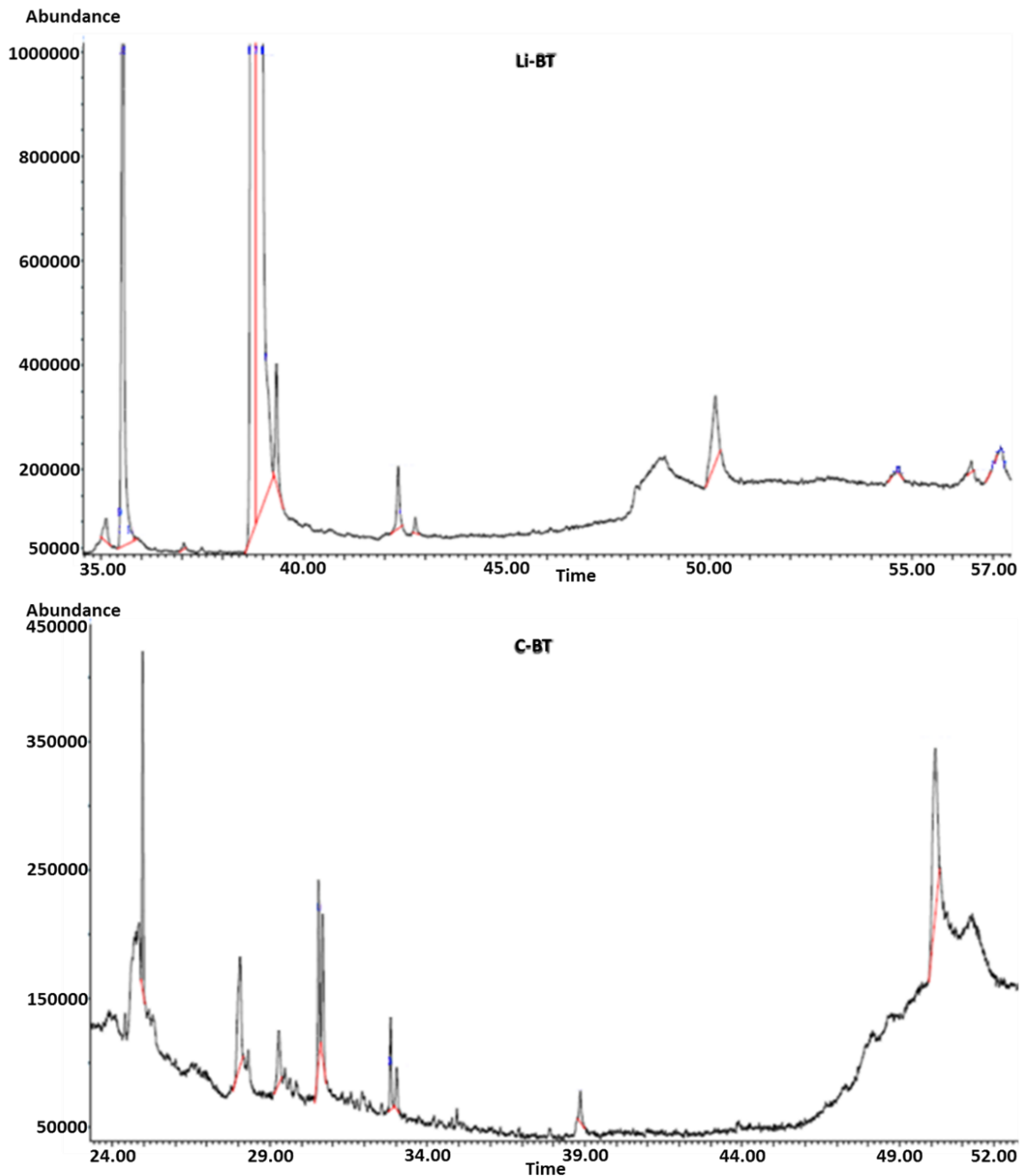
lithium is highly mobile under the electron beam and therefore any quantitative measurements should be treated with caution. According to the EDS values, the change in the elemental composition of C-BT is attributed to the successful impregnation with Li on the surface of BT. Besides SEM image of the Li-BT shows morphological differences compared to the C-BT surface it can be concluded that Li impregnation was achieved successfully.



**Figure 3.** Comparison of the EDS analysis results and SEM imaginations of a) C-BT, b) Li-BT.

### Evaluation of the biodiesel production performance of Li-BT.

The fuel properties of biodiesel are indicated according to the FAME composition, along with the presence of other contaminants as water or alcohol and minor components such as sulphur, phosphines or iodide. This hint leads the researchers to explore suitable feedstock because each feedstock has its unique chemical composition. Another crucial point is conversion achievement after the process completed. At this point, GC-MS analysis of produced biodiesel is necessary (Dias et al., 2008). Total FAME content of biodiesel fuel indicates the quality of the components of whole process; beginning from feedstock choice goes on with true catalyst choice and ends with convenient purification. Here the results of the GC-MS analysis (Figure 4) are given in detail in Table 1 with peak area percentages of corresponding FAME types.



**Figure 4.** GC-MS spectra of the biodiesel products of Li-BT and C-BT catalysts.

**Table 1.** FAME composition of the final biodiesel product of Li-BT catalysed process

FAME type	Unit quantity of the product (peak area %)
Methyl palmitate hexadecanoic acid	3.86
6-Methoxybenzofuroxan	0.16
Methyl linoleate	30.84
Oleic acid methyl ester	63.31
Methyl stearate	0.56
cis-11-Eicosenoic acid methyl ester	0.06
Arsenous acid, tris(trimethylsilylester)	0.01



Another important biodiesel quality determination factor is the carbon to hydrogen ratio. According to the heat of combustion, values FAME have similar chain length can show different energy outputs. If they have lower carbon to hydrogen ratios, mainly containing more hydrogen than carbon, they exhibit greater energy values. For instance, stearic acid methyl esters (largest hydrogen content) show greater energy yields than oleic, linoleic, and linolenic (smallest hydrogen content) acids [12]. Therefore, lower energy potential is obtained from regularly higher levels of unsaturation with otherwise similar chain length (DeOliveira et al., 2006). Obtained results indicate the expected energy value of the presented biodiesel is low but the conversion percentage is very satisfactory. Because the oleic and linoleic acid methyl ester amounts are major elements in the final fuel (30.84 and 63.31 % respectively) C to H ratio of the fuel is expected to be low.

## CONCLUSION

The choice of the feedstock is a very crucial point to determine final fuel FAME quality and so as the alcohol type which is used for esterification reaction. Besides, homogeneous catalyst usage results in saponification that is lethal for the transesterification process. The most important point to be emphasized here is the use of BT as a highly economical and effective heterogeneous catalyst. Biodiesel conversion is very satisfactory but the quality of final fuel ingredients can be lifted by the choice of stearic acid rich feedstock choice. Also, the reflux method is very conventional but this process is ready to try with microwave assisted system with shorter reaction times.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The author is grateful to Prof. Dr. M. Hamdi KARAOGLU (Muğla Sıtkı Koçman University, Department of Chemistry) for his very valuable scientific mentorship.

## REFERENCES

- Akia M, Yazdani F, Motaee E, Han D, Arandiyani H, 2014. A review on conversion of biomass to biofuel by nanocatalysts. *Biofuel Res J* 1(1): 16-25.
- Al-Ani A, Darton RJ, Sneddon S, Zhobolobenko V, 2018. Nanostructured Zeolites: The Introduction of Intracrystalline Mesoporosity in Basic Faujasite-type Catalysts. *ACS Appl. Nano Mater.* 1: 310–318.
- Aslan S, Aka, N, Karaoğlu MH, 2019. NaOH impregnated sepiolite based heterogeneous catalyst and its utilization for the production of biodiesel from canola oil. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, And Environmental Effects* 41:290–297.
- Chen J, Li C, Ristovski Z, Milic A, Gu Y, Islam MS, Wang, S, Hao J, Zhang H, He C, Guo H, Fu H, Miljevic B, Morawsk L, Thai P, 2017. A review of biomass burning: Emissions and impacts on air quality, health and climate in China. *Sci Total Environ* 579:1000-1034.
- Cobas M, Ferreira L, Sanroman MA, Pazos M, 2014. Assessment of sepiolite as a low-cost adsorbent for phenanthrene and pyrene removal: Kinetic and equilibrium studies. *Ecological Engineering* 40: 287–94.
- DeOliveira E, Quirino RL, Suarez PAZ, Prado AGS, 2006. Heats of combustion of biofuels obtained by pyrolysis and by transesterification and of biofuel/diesel blends. *Thermochim. Acta* 2006, 450: 87–90.
- Dias JM, Alvim-Ferraz MCM, Almeida MF, 2008. Comparison of the performance of different homogenous alkali catalysts during transesterification of waste and virgin oils and evaluation of biodiesel quality. *Fuel* 87: 3572–3578.
- Diñçer F, Karaoğlu MH, Uğurlu M, Vaizoğullar A, 2016. Ozonation of Reactive Orange 122 Using La<sup>3+</sup>-Doped WO<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub>/Sep Photocatalyst. *Ozone: Science and Engineering* 38 (4):291-301.
- Diñçer F, Karaoğlu MH, Uğurlu M, Vaizoğullar A, 2016. Ozonation of Reactive Orange 122 Using La<sup>3+</sup>-Doped WO<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub>/Sep Photocatalyst. *Ozone: Science and Engineering* 38 (4): 291-301.

- Donmez A, Coban MB, Kara H, 2018. Cyan-Blue Luminescence and Antiferromagnetic Coupling of CN-Bridged Tetranuclear Complex Based on Manganese(III) Schiff Base and Hexacyanoferrate(III). *Journal of Cluster Science* 29 (6):951-958.
- Duan P, Savage PE, 2011. Hydrothermal Liquefaction of a Microalga with Heterogeneous Catalysts *Ind. Eng. Chem. Res.* 50(1): 52-61.
- Eren E, Cubuk O, Ciftci H, Eren B, Caglar B, 2010. Adsorption of basic dye from aqueous solutions by modified sepiolite: Equilibrium, kinetics and thermodynamics study. *Desalination* 252:88–96.
- Erkarslan U, Donmez A, Kara H, Aygun M, Coban MB, 2018. Synthesis, Structure and Photoluminescence Performance of a New Er<sup>3+</sup>-Cluster-Based 2D Coordination Polymer. *Journal of Cluster Science* 29 (6): 1177-1183.
- Gungor E, Coban MB, Kara H, 2018. Photoluminescence and Magnetism Study of Blue Light Emitting the Oxygen-Bridged Open-Cubane Cobalt(II) Cluster. *Journal of Cluster Science* 29 (6): 967-974.
- Guyon I, Elisseeff A. 2003. An introduction to variable and feature selection. *J Mach Learn Res* 3: 1157-1182.
- Haupt RL, Haupt SE, 2004. *Practical Genetic Algorithms*. 2nd ed. Wiley. New York. USA.
- Hovington P, Timoshevskii V, Bessette S, Burgess S, Statham P, Demers H, Gauvin R, Zaghib K, 2017. On the Detection Limits of Li K X-rays Using Windowless Energy Dispersive Spectrometer (EDS). *Proceedings of Microscopy & Microanalysis* 23: 2024-2025
- Izadpanahi S, Ozcinar C, Anbarjafari G, Demirel H, 2012. Resolution enhancement of video sequences by using discrete wavelet transform and illumination compensation. *Turk J Elec Eng & Comp Sci* 20: 1268-1276.
- Kara DA, Donmez A, Kara H, Burak Coban M, 2018. Structural and spectroscopic characterization of a new luminescent Ni(II) complex: Bis{2,4-dichloro-6-[(2-hydroxypropyl)iminomethyl]phenolato-κ<sup>3</sup>O,N,O'}nickel(II). *Acta Crystallographica Section C: Structural Chemistry* 74 (8): 901-906.
- Karahan A, Kurtaran R, Yahsi Y, Gungor E, Kara H, 2016. A dinuclear oxygen-bridged Schiff base iron(III) complex derived from N,N'-bis(4-methoxy-2-hydroxybenzylidene)-2,2-dimethylpropane-1,3-diamine. *Journal of Structural Chemistry* 57 (4): 731-736.
- Karaoğlu MH, Doğan M, Alkan M, 2010. Removal of reactive blue 221 by kaolinite from aqueous solutions. *Industrial and Engineering Chemistry Research* 49 (4): 1534-1540.
- Karaoğlu MH, Doğan M, Alkan M, Uğurlu M, 2012. Photooxidative degradation of cationic dyes using UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> process. *Fresenius Environmental Bulletin* 21 (7): 1758-1763.
- Karaoğlu MH, Uğurlu M, 2010. Kinetic and equilibrium studies of methylene blue biosorption by vineyard pruning waste. *Fresenius Environmental Bulletin* 19 (12): 3199-3208.
- Karaoglu MH, Ugurlu M, 2011. Adsorption and recovery of methylene blue from aqueous solution by NaOH-treated of prina. *Asian Journal of Chemistry* 23 (6): 2577-2583.
- Kennedy J, Eberhart R, 2001. *Swarm Intelligence*. Academic Press. San Diego, CA. USA.
- Kumar R, Kumar GR, Chandrashekar N, 2011. Microwave assisted alkali-catalyzed transesterification of *Pongamia pinnata* seed oil for biodiesel production. *Bioresour Technol* 102: 6617-6620.
- Li M, Zheng Y, Chen Y, Zhu X, 2014. Biodiesel production from waste cooking oil using a heterogeneous catalyst from pyrolyzed rice husk. *Bioresour Technol* 154:345-348.
- Li RTH, Chung SH, 2008. Digital boundary controller for single-phase grid-connected CSI. In: *IEEE 2008 Power Electronics Specialists Conference*; 15–19 June 2008; Rhodes, Greece. New York, NY, USA: IEEE. pp. 4562-4568.
- Marchetti JM, Errazu AF, 2008. Technoeconomic study of supercritical biodiesel production plant. *Energy Convers. Manage* 49: 2160–2164.
- Moser BR, 2009. Biodiesel production, properties, and feedstocks. *In Vitro Cell.Dev.Biol.-Plant* 45: 229-266.

- Omar WNNW, Amin NAS, 2011. Biodiesel production from waste cooking oil over alkaline modified zirconia catalyst. *Fuel Proceeding Technology* 92:2397–405.
- Poore JH, Lin L, Eschbach R, Bauer T, 2012. Automated statistical testing for embedded systems. In: Zander J, Schieferdecker I, Mosterman PJ, editors. *Model-Based Testing for Embedded Systems*. pp. 111-146. CRC Press. Boca Raton, FL, USA.
- Rana R, Nanda S, Meda V, Dalai AK, Kozinski JA, 2018. A review of lignin chemistry and its biorefining conversion technologies. *J. Biochem. Eng. Bioprocess. Technol.* 1(2).
- Sani YM, Daud WMAW, Abdul Aziz AR, 2014. Activity of solid acid catalysts for biodiesel production: a critical review. *Appl Catal A Gen* 470: 140-161.
- Sen I, Kara H, Azizoglu A, 2016. Substituent effects on hydrogen bonding of aromatic amide-carboxylate. *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 167 (5): 50-58.
- Soetaredjo FE, Ayucitra A, Ismadji S, Maukar AL, 2011. KOH/bentonite catalysts for transesterification of palm oil to biodiesel. *Applied Clay Science* 53:341–46.
- Sun H, Ding Y, Duan J, Zhang Q, Wang Z, Lou H, Zheng X., 2010. Transesterification of sunflower oil to biodiesel on ZrO<sub>2</sub> supported La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst. *Bioresource Technology* 101: 953–958.
- Suryaputra W, Winata I, Indraswati N, Ismadji S, 2013. Waste capiz (*Amusium cristatum*) shell as a new heterogeneous catalyst for biodiesel production. *Renew Energy* 50: 795-799.
- Tkemaladze GS, Makhashvili KA, 2016. Climate changes and photosynthesis. *Ann Agrar Sci* 14(2):119-126.
- Tursi A, 2019. A review on biomass: importance, chemistry, classification, and conversion. *Biofuel Research Journal* 22: 962-979.
- Uğurlu M, Karaoğlu MH, Kula I. 2006. Experimental investigation of chemical oxygen demand, lignin and phenol removal from paper mill effluents using three-phase three-dimensional electrode reactor. *Polish Journal of Environmental Studies* 15 (4): 647-654.
- Wang Z-C, Duan P-G, Liu X-J, Wang F, Xu Y-P, 2019. Hydrotreating the Low-Boiling-Point Fraction of Biocrude in Hydrogen Donor Solvents for Production of Trace-Sulfur Liquid Fuel. *Industrial & Engineering Chemistry Research* 58 (24): 10210-10223.

## TiO<sub>2</sub> Nanopartikülü İle Fonksiyonelleştirilmiş Çok Duvarlı Karbon Nanotüpün Su Bazlı Sondaj Çamuruna Etkisinin Belirlenmesi: Deneysel Çalışma

Nilay Hayriye ASKER<sup>1</sup>, Vildan ÖZKAN<sup>1</sup>, Abdullah ÖZKAN<sup>1\*</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada, su bazlı sondaj çamuruna (Na-Bentonit bazlı) fonksiyonelleştirilmiş karbon nanotüpün etkisinin tespiti amaçlanmıştır. Bu kapsamda su bazlı sondaj çamurları hazırlanmış ve kimyasal buhar biriktirme (CVD) yöntemi ile üretilen TiO<sub>2</sub> nanopartikülü ile fonksiyonelleştirilmiş çok duvarlı karbon nanotüp (TiO<sub>2</sub>NP/ÇDKNT) farklı oranlarda (0.001 – 0.01 % k/h) eklenmiştir. Hazırlanan sondaj çamurlarının plastik viskozitesi (PV), görünür viskozitesi (AV), kopma noktası (YP), jel mukavemeti değerleri (10 saniye ve 10 dakika) gibi reolojik özellikleri FANN viskozimetresi ile ayrıca su (filtrasyon) kaybı ve sondaj çamuru kek kalınlığı Amerikan Petrol Enstitüsü (API) sıvı kaybı test ekipmanları ile API standartlarına uygun olacak şekilde detaylı analiz edilmiştir. TiO<sub>2</sub>NP/ÇDKNT'ün eklenmesi ile hazırlanan sondaj çamurlarının reolojik ve filtrasyon özellikleri kendi içlerinde, daha sonra da katkısız sondaj çamuru ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; TiO<sub>2</sub>NP/ÇDKNT'ün su bazlı sondaj çamuruna eklenmesiyle; PV değerinin % 71.4; AV değerinin % 41.8; YP değerinin % 28; 10 saniye değerinin % 8.3; 10 dakika değerinin % 5.6 arttığı; filtrasyon kaybının % 8.6 azaldığı; aynı zamanda da kek kalınlığı değerinin de % 11 oranında arttığı görülmüştür. Yapılan bu çalışmayla; TiO<sub>2</sub>NP/ÇDKNT'ün sondaj çamurunun reolojik özellikleri ile filtrasyon kaybı değerlerine olumlu yönde katkı sağladığı tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Su bazlı sondaj çamuru, nanopartikül madde, fonksiyonelleştirilmiş çok katmanlı karbon nanotüp, kimyasal buhar biriktirme yöntemi

### Effect of TiO<sub>2</sub> Nanoparticle Functionalized Multi-Walled Carbon Nanotubes on the Water Based Drilling Fluid: Experimental Study

**ABSTRACT:** In this study, it is aimed to determine the effect of functionalized carbon nanotube on water-based drilling mud (Na-Bentonite based). In this context, water based drilling muds were prepared and multi-walled carbon nanotube (TiO<sub>2</sub>NP/MWCNTs) functionalized with TiO<sub>2</sub> nanoparticle produced by chemical vapor deposition (CVD) method was added in different ratios (0.001 - 0.01% w/v). The rheological properties of the prepared drilling muds such as plastic viscosity (PV), apparent viscosity (AV), yield point (YP), gel strength values (10 seconds and 10 minutes) were determined with a FANN viscometer, as well as water (filtration) loss and drilling mud cake thickness have been analyzed using American Petroleum Institute liquid loss test equipment accordance API standards in detail. The rheological and filtration properties of the drilling muds prepared by adding TiO<sub>2</sub>NP/MWCNTs were compared with each other and then with pure drilling mud. According to the results obtained; 71.4% of PV, 41.8% of AV value, 28% of the YP value, 8.3% of 10 seconds, 5.6% of 10 minutes increased and 8.6% of the loss of filtration decreased by adding TiO<sub>2</sub>NP/MWCNTs to water based drilling mud. At the same time, cake thickness value increased by 11%. With this study; it was found that TiO<sub>2</sub>NP/MWCNTs contributed positively to the rheological properties and filtration loss values of the drilling mud.

**Keywords:** Water based drilling mud, nanoparticle substance, functionalized multi-walled carbon nanotube, chemical vapor deposition method

<sup>1</sup> Nilay Hayriye ASKER (Orcid ID: 0000-0001-8546-0820), Vildan ÖZKAN (Orcid ID: 0000-0001-8719-9099), Abdullah ÖZKAN (Orcid ID: 0000-0002-6799-2396), İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği Bölümü, İskenderun, Hatay, Türkiye

\* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Abdullah ÖZKAN, e-mail: abduallah.ozkan@iste.edu.tr

\* Bu çalışma Nilay Hayriye ASKER'in Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

## GİRİŞ

Sondaj çamuru, sondaj faaliyetlerinin vazgeçilmez bir elemanı olup, sondaj operasyonunda gereksinim duyulan işlevlerin bir kısmını veya tamamını yerine getirmek amacıyla kullanılan bir sirkülasyon akışkanı olarak tanımlanmaktadır (Ersoy, 2008; Özkan ve ark., 2018a). Başka bir ifadeyle, sondaj esnasında açığa çıkan kırıntıların yeryüzüne taşınması, tabanın temizlenmesi, kesintilerin çökmesinin önlenmesi, matkap ile sondaj dizisini soğutması ve yağlaması, göçme ve oyuk oluşumuna engel olunması, geçirimsiz bir pasta oluşumunun sağlanması, yüksek basınçlı formasyonların kontrol edilmesi, dizi ve koruma boruları ağırlığının taşınmasında yardımcı olunması, korozyona karşı sondaj borularını korunması gibi görevleri olan, sondaj operasyonları için hayati öneme sahip bir malzemedir (Ersoy, A., 2008). Bunlardan herhangi birinin olamaması durumunda devasa oranlarda zaman ve maliyet kayıpları yaşanmakta ve hatta bazı durumlarda kuyunun terk edilmesine bile neden olmaktadır. Bundan dolayı; sondaj çamurlarının plastik viskozitesi (PV), görünür viskozitesi (AV), akma sınırı ve jel mukavemeti gibi reolojik özelliklerinin yanı sıra yoğunluk, pH, sıvı kaybı ve kum içeriği değerlerinin de çok iyi ayarlanması gerekmektedir. Eskiden yapılan çalışmalar incelendiğinde bu konuda yapılan iyileştirmelerin; sondaj çamuruna çeşitli katkı kimyasalları eklenmesi ile gerçekleştirildiği ve bu sayede de çamurun özelliklerinde kısmen iyileştirmelerin olduğu tespit edilmiştir. Ancak bu gelişmeler yetersiz kalmıştır. Son zamanlardaki çalışmalar incelendiğinde ise; nano ve mikro boyutlu maddeler eklenerek sondaj çamurlarının özelliklerinin daha da iyileştirilmesi hedeflendiği görülmüştür. (Özkan ve Özkan, 2019; Subodh ve Ramadan, 2010; Özkan ve Kaplan., 2019; Bicerano, 2009; Özkan, ve ark., 2018b).

Nanoteknoloji yeni bir teknoloji olmasına rağmen, birçok mühendislik uygulamalarında (Dahman, 2017), özellikle de petrol ve doğalgaz aramalarında oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Evdokimov ve ark., 2006; Fakoya ve Shah, 2017; Rafati ve ark., 2016; Kang ve ark., 2016; Mao ve ark., 2015a). Nanopartiküller 1-100 nm boyutunda olup geniş yüzey alanına sahiptir (Dahman, 2017). Nanopartikül maddelerin su bazlı sondaj çamurlarının kuyu stabilizesini arttırarak delme işlemini kolaylaştırdığı yapılan çalışmalar ile tespit edilmiştir (Kang ve ark., 2016; Mao ve ark., 2015a; Mao ve ark., 2015b). Ayrıca nanopartikül maddeler sondaj çamurunun reolojik özelliklerini iyileştirerek delme esnasında açığa çıkan kırıntıların kolay bir şekilde yüzeye taşınması sağlarken, filtrasyon kaybını ve kek kalınlığını azalttığı da görülmüştür (Mao ve ark., 2015b; Bybee, 2001; Elward-Berry ve Thomas 1994; Javeri ve ark., 2011). Özkan, A., 2018 yaptığı çalışmada kimyasal buhar biriktirme yöntemiyle elde ettiği çok duvarlı karbon nanotüpü (ÇDKNT), su bazlı sondaj çamuruna 0.001, 0.005, 0.01, 0.05 ve 0.1 % k/h oranlarında eklemiş ve API standartlarına göre test etmiştir. Analiz sonuçlarına göre araştırmacı; ÇDKNT'ün su bazlı sondaj çamuruna olumlu etki ettiğini ve en iyi katkılama oranının % 0.1 k/h olduğu belirtmiştir. Kazemi-Beydokhti ve ark., 2018, su bazlı sondaj çamuruna polietilen glikol ile fonksiyonelleştirilmiş çok-duvarlı karbon nanotüp PE/ÇDKNT katkılandırarak sondaj çamurlarının reolojik ve filtrasyon özelliklerini analiz etmişlerdir. Çalışma neticesinde, su bazlı sondaj çamurlarına çok az miktarda PE/ÇDKNT ilavesinin, sondaj sıvısının reolojik davranışlarında önemli bir iyileşme sağladığına vurgu yapmışlardır. Sonuçlar incelendiğinde; formasyon hasarında gözle görülür bir azalma, viskozitede artış, akma gerilmesinde artış, sondaj çamurlarının çeşitli sıcaklıklardaki taşıma kapasitelerinde artış olduğu aynı zamanda, çamur kekinin geçirgenliğinde ise azalma gerçekleştiği belirtilmiştir. Béğ ve ark., ise 2018'de; su bazlı sondaj çamuruna (WBDM) farklı konsantrasyonlarda silika ve titanyum nano-parçacıkları katkılarını yapmışlardır. Silika ve titanyum nano-parçacıkların 80 ° C' de ve statik koşullar altında 16 saat boyunca yaşlanma öncesi ve sonrasında sondaj çamurunun görünür



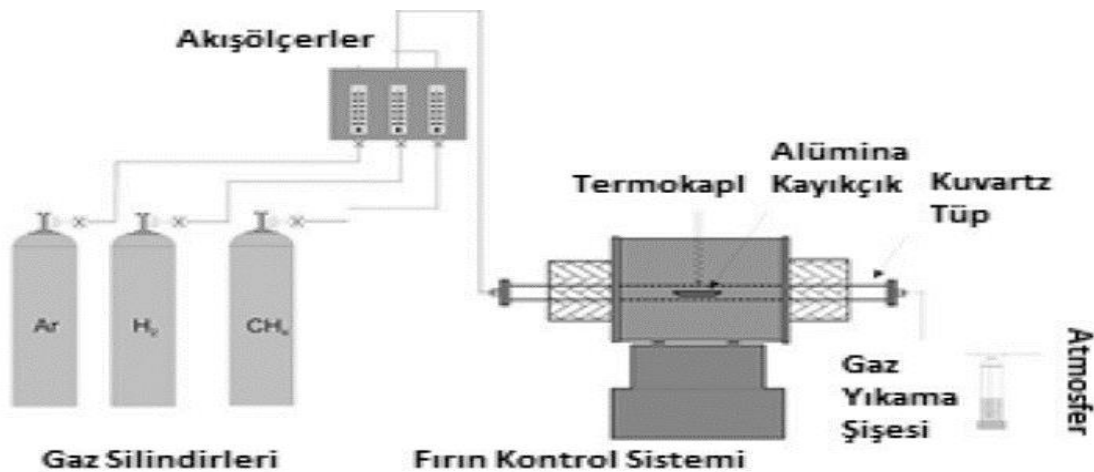
viskozite, plastik viskozite ve jel mukavemetine olası etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda; 0.60 % (k/h) oranında titanyum nano-parçacık eklemesinin en iyi katkılama oranı olduğunu bulmuşlardır. Abbasi ve ark., 2015 yılında ise, TiO<sub>2</sub> nanopartikülleri içeren nanoakışkanların reolojik davranışları ve vizkozitesi üzerine deneysel araştırma yapmışlardır. TiO<sub>2</sub> nanopartikülleri ile fonksiyonelleştirilmiş çok katmanlı karbon nanotüp, oksitlenmiş çok katmanlı karbon nanotüp, bozulmamış çok karbonlu karbon nanotüp ve TiO<sub>2</sub> içeren nano akışkanların etkilerini karşılaştırmışlardır. TiO<sub>2</sub> nano-parçacık ve ÇDKNT-TiO<sub>2</sub> nano akışkanların kayma kalınlaşması sergilediklerini, bozulmamış ve oksitlenmiş ÇDKNT'leri içeren nano-akışkanların ise kayma incelmeleri sergilediklerini ortaya koymuşlardır. Ayrıca araştırmacılar ÇDKNT'lerin oksidasyonunun viskozitede azalmaya yol açtığını ve dekore edilmiş ÇDKNT'lerin viskozitesinin, TiO<sub>2</sub> nanopartiküllerinin oranının artmasıyla viskozitenin azaldığını bulmuşlardır.

Bu çalışmada; sondaj operasyonlarında en yaygın olarak kullanılan çamur türü olan su bazlı sondaj çamurları hazırlanmış ve bu sondaj çamurlarına TiO<sub>2</sub>NP/ÇDKNT'ler 0.001, 0.05 ve 0.01 konsantrasyonlarında (% k/h) eklenmiştir. Elde edilen sondaj çamurlarının; plastik viskozitesi, görünür viskozitesi, jel mukavemeti gibi reolojik özellikleri FANN 35 Viskometre cihazı ve su kaybı ile sondaj çamuru kek kalınlığı ise Amerikan Petrol Enstitüsü (API) sıvı kaybı test ekipmanları kullanılarak, API standartlarına göre detaylı bir şekilde analiz edilmiştir (API 13B-1, 2009; API 13 A, 2010).

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Kimyasal Buhar Biriktirme (CVD) ile Çok Duvarlı Karbon Nanotüp (ÇDKNT) Sentezi

Kimyasal buhar biriktirme (CVD) yöntemi karbon nanotüplerin üretimi için kullanılan en önemli yöntemlerden biridir. Bu yöntem bir hidrokarbon buharının metal katalizör varlığında ısıl bozunması temeline dayanır. Bu yöntem hidrokarbon buharının bozunmasını gerçekleştirecek olan yüksek sıcaklıktaki (2000°C) katalizörün yerleştirildiği borsal reaktörden, hidrokarbon buharının geçişini içerir. Genel olarak kimyasal buhar biriktirme reaktörü Şekil 1.' de görüldüğü gibidir. CVD reaktörü, esas olarak silisyum karbon (SiC) ısıtıcı elementli sıcak cidarlı fırın, kuvars tüp (20 mm çapında) ve gaz akış ölçerlerden oluşmaktadır. (Shah ve ark., 2018).



Şekil 1. Kimyasal buhar biriktirme reaktörü

Katalizör kullanılarak gerçekleştirilen CVD yöntemi birkaç basamaktan meydana gelir. İlk basamak; metal nano partiküllerin substrat (silisyum) üzerinde tutturulmasıdır. İkinci basamakta substratın H<sub>2</sub> veya NH<sub>3</sub> ortamında yaklaşık 30 dak ısıtılarak nano partiküllerin indirgenmesi sağlanır.

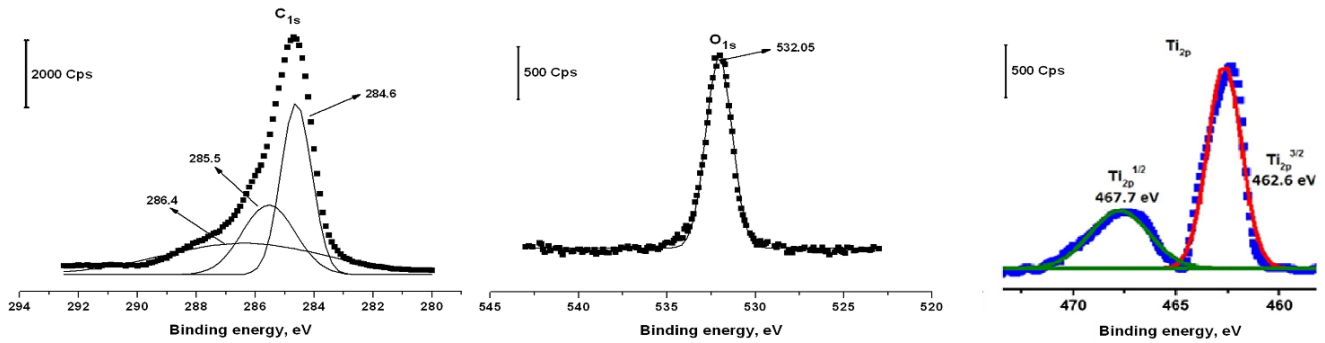
Ardından buhar halinde grafit fırına beslenir ve 2000 °C sıcaklık ve 100 torr basınç altında katalitik bozunma sonucu metal nano partiküller üzerinde karbon birikimi sağlanmış olur (In ve ark., 2018).

### TiO<sub>2</sub> Nanopartiküllerinin Eldesi

1 M Titanyum dioksitin 0.5 M NaOH içinde (1:1) (h/h) süspansiyonu hazırlanarak 100 °C'de kalsinasyon işlemi yapılmıştır. 15 dakikalık kalsinasyon işlemi sonrasında elde edilen süspansiyon 90 °C'de 3 saat karıştırılmıştır. Elde edilen kalıntının vakum ortamında süzülmesi işleminden sonra distile su ile yıkama işlemi gerçekleştirilmiş ve yaklaşık olarak 24 saat kurutma işlemi neticesinde TiO<sub>2</sub> nanopartikülü elde edilmiştir (Yola ve ark., 2014).

### Kimyasal Buhar Biriktirme (CVD) ile Çok Duvarlı Karbon Nanotüp (ÇDKNT)/Nanopartikül (NP) Kompozit Sentezi

Mevcut çalışmada kullanılan deney düzeneğinde (Şekil 1) gerçekleştirilen sentez çalışması için karbon kaynağı olarak çok duvarlı karbon nanotüp+nanopartikül madde (1:1 h/h) içeren dispersiyon kullanılmıştır. Bunun yanı sıra reaksiyon öncesi ve sonrasında da inert atmosfer sağlamak içinse yüksek safiyette argon (%99,999) gazı kullanılmıştır (Shah ve ark., 2018). CVD yöntemine göre; ilk olarak çok duvarlı karbon nanotüp+nanopartikül madde (1:1 h/h) içeren dispersiyon substrat (silisyum) üzerine tutturulmuştur. Ardından substrat H<sub>2</sub> ve NH<sub>3</sub> ortamında yaklaşık 30 dak ısıtılmış ve nanopartiküller çok duvarlı karbon nanotüp üzerine tutturulmuştur. Son olarak buhar halindeki dispersiyon fırına beslenip, 2000 °C sıcaklık, 100 torr basınç altında bozunmaya tabi tutulmuş ve karbon nanotüp+nanopartikül birikimi sağlanmıştır (In ve ark., 2018). Çalışmamızda sentezlenen TiO<sub>2</sub>NP/ÇDKNT'e ait XPS görüntüsü (Şekil 2) incelendiğinde; Ti, C ve O'nin bağlanma enerjilerinin sırasıyla 462.6 eV, 284.6 eV ve 532.05 eV olduğu görülmektedir. Literatürde var olan çalışmalarda Ti bağlanma enerjisi değerinin 460-468 eV arası, C'nun bağlanma enerjisi değerinin 284 eV ve O'nin bağlanma enerjisi değerinin de 532 eV civarı olduğu ifade edilmektedir (Moulder ve ark., 1992; Cueto ve ark., 2006). Bu bilgiler ışığında tarafımızca sentezlenen TiO<sub>2</sub>NP/ÇDKNT'ün literatür ile uyum içerisinde olduğu görülmektedir.



Şekil 2. Sentezlenen TiO<sub>2</sub>NP/ÇDKNT'e ait XPS görüntüsü

### Su Bazlı Sondaj Çamurlarının Hazırlanması (WBDM) ve Analiz Edilmesi

Su bazlı çamurları hazırlanırken 500 g su, 31.25 g bentonit ve 14.25 g barit 15 dakika boyunca yüksek hızlı mikser ile karıştırılmıştır. Daha sonra TiO<sub>2</sub>NP/ÇDKNT 0.001, 0.005 ve 0.01 oranlarında (% k/h) ayrı ayrı sondaj çamurlarına eklenmiş ve karıştırılarak iyice homojenize edilmiştir. Daha sonra hazırlanan sondaj çamurları 16 saat boyunca oda sıcaklığında ve atmosferik basınçta bekletilerek yaşlandırma işlemine tabi tutulmuşlardır.

Elde edilen sondaj çamurlarının plastik viskozite, görünür viskozite, jel mukavemeti gibi reolojik özellikleri FANN 35 Viskometre cihazı ve su kaybı ile sondaj çamuru kek kalınlığı Amerikan Petrol Enstitüsü (API) sıvı kaybı test ekipmanları kullanılarak, API standartlarına göre detaylı bir şekilde analiz edilmiştir (API 13B-1, 2009; API 13 A, 2010).

## BULGULAR VE TARTIŞMA

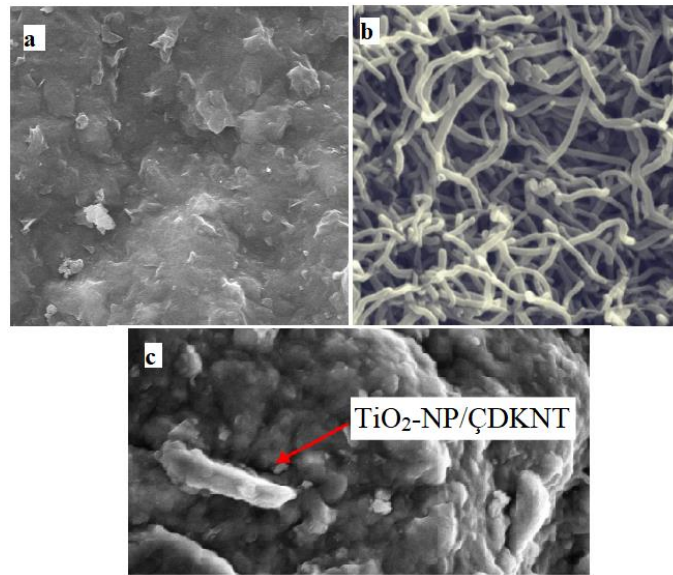
### Na-Bentonit ve TiO<sub>2</sub>NP/ÇDKNT Karakterizasyonu

Su bazlı sondaj çamuru hazırlanırken kullanılan bentonit ARL OPTIMX model X-Ray Floresans cihazı ile karakterize edilmiştir. Analiz sonuçlarına (Tablo.1) göre kullanılan bentonit türünün Na-bentonit olduğu anlaşılmıştır.

**Tablo 1.** Na-Bentonitin Elementel Kompozisyonu

Örnek	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Na-Bentonit	2.48	2.44	20.9	65.85	-	0.75	1.44	0.29	-	5.85

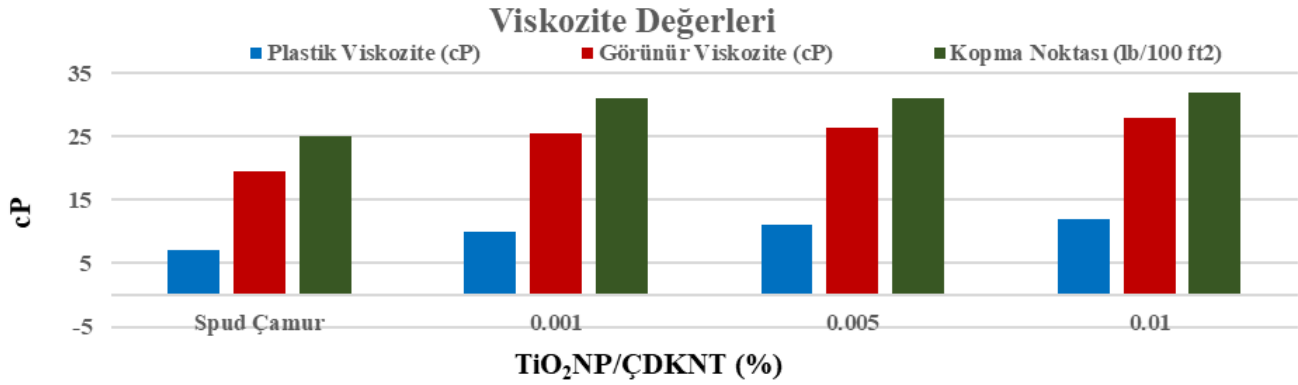
Ayrıca sentezlenen TiO<sub>2</sub>NP/ÇDKNT, TiO<sub>2</sub>NP/ÇDKNT katkısız su bazlı sondaj çamuru ve TiO<sub>2</sub>NP/ÇDKNT katkılı su bazlı sondaj çamuru örnekleri LeO EVO40 marka Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile karakterize edilmiş olup, numunelerin SEM görüntüleri Şekil 3. de verilmiştir.



**Şekil 3.** (a) TiO<sub>2</sub>NP/ÇDKNT katkısız (spud) su bazlı sondaj çamuru, (b) TiO<sub>2</sub>NP/ÇDKNT ve (c) TiO<sub>2</sub>NP/ÇDKNT katkılı su bazlı sondaj çamurunun SEM Görüntüleri

### TiO<sub>2</sub>NP/ÇDKNT Katkılı Su Bazlı Sondaj Çamurlarının Reolojik Özellikleri

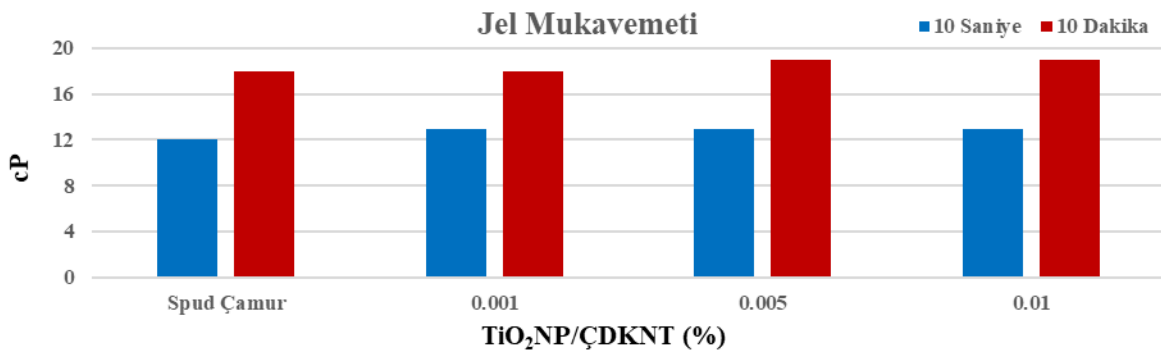
Genellikle akmaya karşı gösterilen direnç olarak tanımlanan viskozite; sıcaklık, katı madde içeriği, çamura katılan katkı ve koruyucu maddeler gibi değişkenlerden etkilenerek, sondaj işleminde pompa kuvvetini etkilemektedir. Sondaj çamurunun viskozitesi; Görünür viskozite (AV), plastik viskozite (PV) ve akma sınırı (kopma noktası) (YP) olarak hesaplanmaktadır. AV, akışkanın belirli bir kuvvet altında veya belirli bir hızla akışı sırasındaki viskozitesidir. PV, akış bölgesini karakterize eden sabit bir değerdir. YP, akmayı başlatan kuvvettir. Yapılan çalışma sonucundaki Fann viskozimetresinin 300 rpm ve 600 rpm kadran okumalarına göre ölçülerek hesaplanan reolojik özellikleri ve 10 saniye - 10 dakika değerlerine ait sonuçları Şekil 4. ile Şekil 5.te gösterilmiştir.



Şekil 4. TiO<sub>2</sub>NP/ÇDKNT Katkılı Su Bazlı Sondaj Çamurunun Viskozite Değerleri

Plastik viskozite, görünür viskozite, kopma noktası değerlerinin TiO<sub>2</sub>NP/ÇDKNT miktarının artışıyla paralel olarak arttığı görülmüştür. API standartları ile karşılaştırıldığında TiO<sub>2</sub>NP/ÇDKNT eklemesinin su bazlı sondaj çamurunun reolojik özelliklerini olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir. Ayrıca farklı oranlarda TiO<sub>2</sub>NP/ÇDKNT'ün eklenmesi sonucu elde edilen sondaj çamurlarının reolojik özellikleri birbirleriyle karşılaştırıldığında en iyi TiO<sub>2</sub>NP/ÇDKNT ekleme oranının 0.01 (% k/h) olduğu görülmüştür. TiO<sub>2</sub>NP/ÇDKNT ilavesinin sondaj çamurunun PV değerini %71.4, AV değerini %41.8 ve YP değerini de %28 oranında arttırdığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde Özkan, A., 2018'de, CVD yöntemiyle ÇDKNT'ü sentezlemiş ve su bazlı sondaj çamuruna eklemiştir. Çalışma sonucunda sondaj çamurunun reolojik özelliklerinde olumlu yönde değişimlerin olduğunu ifade etmiştir. Benzer şekilde Asker ve ark., 2019'da CVD yöntemiyle sentezledikleri ZnO nanopartikül içeren ÇDKNT'ü su bazlı sondaj çamuruna ilave etmişler ve çalışma sonucunda PV değerinin % 42.8, AV değerinin % 31.6 ve YP değerinin de % 28 oranında attığını tespit etmişlerdir. Ayrıca literatürdeki çalışmalar incelendiğinde normal koşullar altında bir sondaj çamurunun PV değerinin 18-29 cP aralığında olması gerektiği (Aftab ve ark., 2016) belirtilmiştir. TiO<sub>2</sub>NP/ÇDKNT ilavesinin sondaj çamurunun PV değerlerini artırıcı özellik göstermesi çalışmamız adına olumlu bir gelişme olarak dikkat çekmektedir.

Jel mukavemetini; kolloidal bir dispersiyonun, kaymaya karşı direncine bağlı olarak bir jel formunu geliştirme ve tutma yeteneğinin bir ölçüsü olarak tanımlamak mümkündür (Gel Strength Definition, 2007). Jel mukavemeti 10 saniye ve 10 dakika değerlerinin ölçülmesi sonucu belirlenmektedir. TiO<sub>2</sub>NP/ÇDKNT konsantrasyonunun su bazlı sondaj çamurunda artmasıyla 10 s ve 10 dak değerlerinin de arttığı tespit edilmiştir.



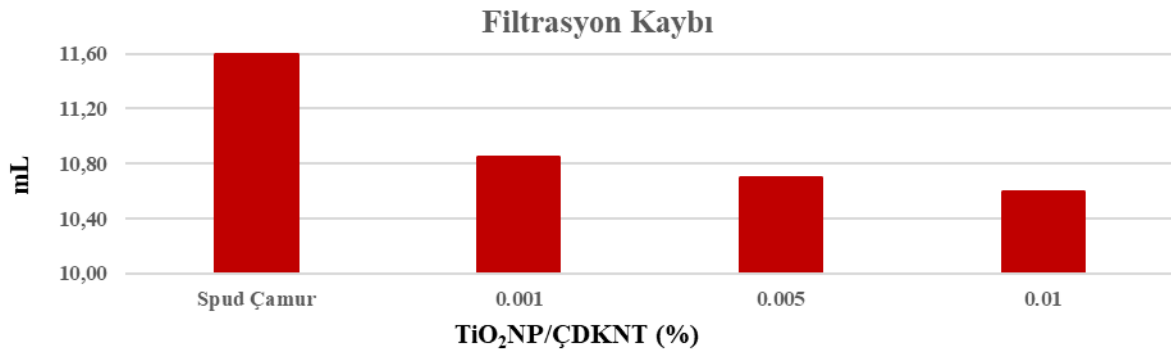
Şekil 5. TiO<sub>2</sub>NP/ÇDKNT Katkılı Su Bazlı Sondaj Çamurunun Jel Mukavemeti Değerleri

Jel mukavemeti değerinin çok yüksek olması pompalar üzerinde aşırı baskı oluştur ve duran bir pompanın tekrar çalışması anında, kuyu içerisindeki çamur sirkülasyonunun tekrar başlamasını

engelleyici yönde etki eder (Bayat ve Shams, 2019). Bu açıdan değerlendirildiğinde, çalışmamızda elde edilen sonuçların ideal bir çamurun jel mukavemeti değerlerine yakın özellik gösterdiği ve herhangi bir olumsuz etkiye sebep olmadığı tespit edilmiştir.

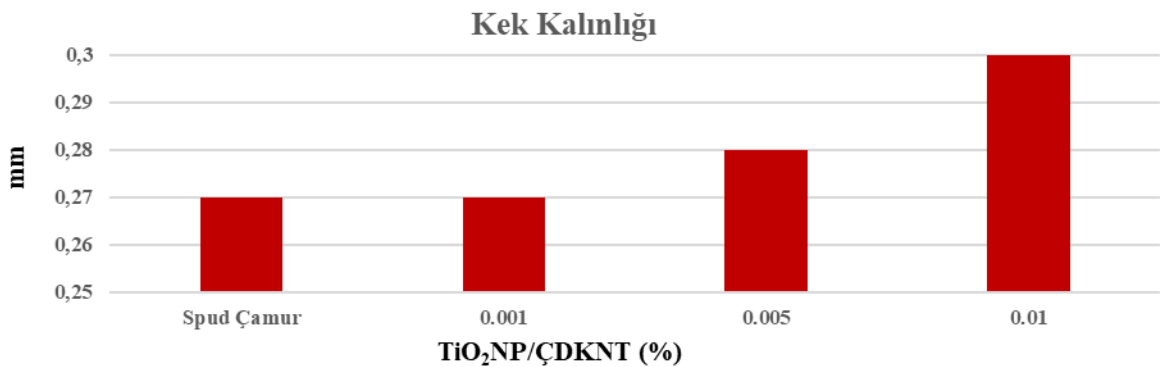
### TiO<sub>2</sub>NP/ÇDKNT Katkılı Su Bazlı Sondaj Çamurlarının Filtrasyon Kaybı ve Kek Kalınlığı

Filtrasyon kaybı (düşük filtreleme) kuyu stabilitesine katkıda bulunmakla birlikte su bazlı sondaj sıvıları için oldukça önem arz etmektedir. Sondaj çamurlarında yüksek miktarda filtrasyon kaybı sondaj operasyonunda olumsuz etkilere sebebiyet oluşturabileceğinden dolayı arzu edilmez (Bayat ve Shams 2019). Şekil 6.'da çalışmamıza ait filtrasyon kaybı verileri bulunmaktadır. TiO<sub>2</sub>NP/ÇDKNT miktarı arttıkça sıvı kaybının azaldığı görülmektedir. Dolayısıyla çalışmamızda su bazlı sondaj çamuruna TiO<sub>2</sub>NP/ÇDKNT ilavesinin olumlu etki ettiği tespit edilmiştir.



Şekil 6. TiO<sub>2</sub>NP/ÇDKNT Katkılı Su Bazlı Sondaj Çamurunun Filtrasyon Kaybı Değerleri

Sondaj akışkanı basıncı ile formasyon basıncına bağlı olarak kuyudan formasyona ya da formasyondan kuyuya sürekli bir akış söz konusudur. Sondaj kuyusunun bütünlüğünü korumak sondaj çamurunun en önemli görevlerinden biridir. Kalın filtrat keki, stabil ve düşük maliyetli bir kuyu içi işlem için tercih edilmez. Sondaj sıvısındaki TiO<sub>2</sub>NP/ÇDKNT konsantrasyonundaki artışla birlikte kek kalınlığının da arttığı görülmektedir (Şekil 7.). İstenmeyen bu artış maksimum kek kalınlığı değeri olan 4 mm 'den düşük seviyede olduğu için tolere edilebilecek seviyededir. Bu çalışma sonucunda elde edilen veriler, literatürdeki çalışmalar (Asker ve ark., 2019; Özkan, 2018) ile uyum içerisindedir.



Şekil 7. TiO<sub>2</sub>NP/ÇDKNT Katkılı Su Bazlı Sondaj Çamurunun Kek Kalınlığı Değerleri



## SONUÇ

Bu çalışmada; CVD yöntemiyle TiO<sub>2</sub>NP/ÇDKNT sentezlenmiş, SEM ile karakterize edilmiş ve su bazlı sondaj çamuruna 0.001, 0.005 ve 0.01 % (k/h) oranlarında eklenmiştir. Ardından TiO<sub>2</sub>NP/ÇDKNT'ün su bazlı sondaj çamurlarının reolojik ve filtrasyon özelliklerine etkisi incelenmiştir.

Çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar ve API standart değerleri aşağıdaki tabloda (Tablo 2.) verilmiştir.

**Tablo 2.** Reolojik ve Filtrasyon Kaybı Analiz Sonuçları ve Referans (API) Değerleri

Parametre	Referans (API) Değerleri	WBDM	İlave edilen TiO <sub>2</sub> NP/ÇDKNT (w/v %)		
			0.001	0.005	0.1
PV (cP)	Min 7	7	10	11	12
YP (lb/100 ft <sup>2</sup> )	Max 50	25	31	31	32
AV (cP)	Min 15	19.75	25.5	26.5	28
Jel Mukavemeti - 10 s	15	12	13	13	13
Jel Mukavemeti - 10 dak	31	18	18	19	19
Filtrasyon Kaybı (mL)	10-15	11.6	10.85	10.7	10.6
Kek Kalınlığı (mm)	Max 4	0.27	0.27	0.28	0.30

Tablo 2.'de verilen ışığında TiO<sub>2</sub>NP/ÇDKNT eklenmesinin su bazlı sondaj çamurunun;

- Plastik viskozite değerini % 71.4;
- Görünür viskozite değerini % 41.8;
- Kopma noktası değerini % 28;
- Kek kalınlığı değerini % 11;
- 10 saniye değerini % 8.3;
- 10 dakika değerini % 5.6 oranında arttırdığı,
- Filtrasyon kaybını da % 8.6 oranında azalttığı görülmüştür.

Başarılı bir sondaj işlemi, sondaj sıvısının etkin bir şekilde kullanılmasıyla mümkündür. Oldukça küçük boyut ve dolayısıyla yüksek yüzey alan/hacim oranına sahip TiO<sub>2</sub>NP/ÇDKNT gibi nanomalzemelerin sondaj operasyonlarında kullanılmasıyla; özellikle yüksek basınç ve yüksek sıcaklıkta karşılaşılan kalın filtrat keki, sondaj dizisinin sıkışması, aşırı filtrasyon kaybı gibi sondaj problemlerinin giderilebildiği yaptığımız çalışmayla tespit edilmiştir. Nanomalzemelerin çok düşük miktarlarının bile sondaj çamurlarının performanslarına önemli ölçüde olumlu katkı sağladıkları (Özkan, 2018; Özkan, 2020; Mohidden ve ark., 2019; İsmail ve ark., 2016) göz önünde bulundurulduğunda, nanomalzemelerin su bazlı sondaj çamurlarına ilevesinin sondaj operasyonuna ek bir maliyet oluşturmayacağı ve uygulama noktasında sıkıntı yaratmayacağı görülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Abbasi S, Zebarjad SM, Baghban SHN, Youssefi A, Ekrami-Kakhki MS, 2016. Experimental investigation of the rheological behavior and viscosity of decorated multi-walled carbon nanotubes with TiO<sub>2</sub> nanoparticles/water nanofluids. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 123(1), 81-89. API 13B-1, 2009.
- Aftab A, Ismail AR, Khokhar S, Ibutoto ZH. 2016. Novel zinc oxide nanoparticles deposited acrylamide composite used for enhancing the performance of water-based drilling fluids at elevated temperature conditions. Journal of Petroleum Science and Engineering, 146, 1142-1157.

- API RP 13B-1, 2009. Recommended Practice for Field Testing Water-based Drilling Fluids. 4th Edition: API.
- Asker NH, Özkan V, Özkan A. Su Bazlı Sondaj Çamurunun Reolojik ve Filtrasyon Özelliklerine ZnO Nanopartikülü ile Fonksiyonelleştirilmiş Çok Duvarlı Karbon Nanotüpün Etkisinin Araştırılması. Euro Asia 5th. International Congress on Applied Sciences, 15-17 November, 2019, p139-147, Adana, Turkey.
- Bayat AE, Shams R. 2019. Appraising the impacts of SiO<sub>2</sub>, ZnO and TiO<sub>2</sub> nanoparticles on rheological properties and shale inhibition of water-based drilling muds. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 581, 123792.
- Bég OA, Espinoza DS, Kadir A, Shamshuddin MD, Sohail A, 2018. Experimental study of improved rheology and lubricity of drilling fluids enhanced with nano-particles. *Applied Nanoscience*, 8(5), 1069-1090.
- Bicerano J, 2009. U.S. Patent Application No. 12/178, 785.
- Bybee K, 2001. Water-Based Drilling-Fluid Systems for Deepwater Norway. *Journal of Petroleum Technology*, 53(11), 36-36.
- Cueto LF, Hirata GA, Sánchez EM. 2006. Thin-film TiO<sub>2</sub> electrode surface characterization upon CO<sub>2</sub> reduction processes. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 37(2), 105-109.
- Dahman Y, 2017. *Nanotechnology and Functional Materials for Engineers*. Elsevier.
- Elward-Berry J, Thomas EW, 1994, January. Rheologically Stable Deepwater Drilling Fluid Development and Application. In SPE/IADC Drilling Conference. Society of Petroleum Engineers.
- Ersoy A, 2008. *Sondaj Teknikleri ve Uygulamaları*. Nobel Kitabevi, Adana.
- Evdokimov IN, Eliseev NY, Losev AP, Novikov MA, 2006, January. Emerging petroleum-oriented nanotechnologies for reservoir engineering. In SPE Russian Oil and Gas Technical Conference and Exhibition. Society of Petroleum Engineers.
- Fakoya MF, Shah SN, 2017. Emergence of nanotechnology in the oil and gas industry: Emphasis on the application of silica nanoparticles. *Petroleum*, 3(4), 391-405.
- Gel Strength Definition, 2007. Retrieved on December 18, 2011 from Oil & Gas Field Technical Terms Glossary: <http://oilglossary.com/gel-strength.html>
- In JB, Cho KR, Tran TX, Kim SM, Wang Y, Grigoropoulos CP, ... Fornasiero F, 2018. Effect of Enhanced Thermal Stability of Alumina Support Layer on Growth of Vertically Aligned Single-Walled Carbon Nanotubes and Their Application in Nanofiltration Membranes. *Nanoscale research letters*, 13(1), 173.
- Ismail AR, Aftab A, Ibupoto ZH, Zolkifile N. 2016. The novel approach for the enhancement of rheological properties of water-based drilling fluids by using multi-walled carbon nanotube, nanosilica and glass beads. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 139, 264-275.
- Javeri SM, Haindade ZMW, Jere CB, 2011, January. Mitigating loss circulation and differential sticking problems using silicon nanoparticles. In SPE/IADC Middle East Drilling Technology Conference and Exhibition. Society of Petroleum Engineers.
- Kang Y, She J, Zhang H, You L, Song M, 2016. Strengthening shale wellbore with silica nanoparticles drilling fluid. *Petroleum*, 2(2), 189-195.
- Kazemi-Beydokhti A, Hajiabadi SH, 2018. Rheological investigation of smart polymer/carbon nanotube complex on properties of water-based drilling fluids. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 556, 23-29.
- Mao H, Qiu Z, Shen Z, Huang W, 2015a. Hydrophobic associated polymer based silica nanoparticles composite with core-shell structure as a filtrate reducer for drilling fluid at ultra-high temperature. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 129, 1-14.
- Mao H, Qiu Z, Shen Z, Huang W, Zhong H, Dai W, 2015b. Novel hydrophobic associated polymer based nano-silica composite with core-shell structure for intelligent drilling fluid under ultra-high temperature and ultra-high pressure. *Progress in Natural Science: Materials International*, 25(1), 90-93.

- Mohideen AAM, Saheed MSM, Mohamed NM. 2019. Multiwalled carbon nanotubes and graphene oxide as nano-additives in water-based drilling fluid for enhanced fluid-loss-control & gel strength". In AIP Conference Proceedings, Vol. 2151, No. 1, p. 020001. AIP Publishing.
- Moulder JF, Stickle WF, Sobol PE, Bomben KD. 1992. Handbook of X-ray Photoelectron Spectroscopy. Chastain, J. Perkin-Elmer Corp., Eden Prairie, MN.
- Özkan A, 2018, Effect of Multi-Walled Carbon Nanotubes on the Water-Based Drilling Muds. Mus Alparslan University Journal of Science, 6(2), 591-594.
- Özkan A, Kaplan B.M, 2019. Investigation of the Effects on Rheological and Filtration Properties of Water-Based Drilling Mud of Boron Minerals: An Experimental Study. Pamukkale University Journal of Engineering Sciences. DOI: 10.5505/pajes.2019.89990.
- Özkan A, Kaplan BM, Özkan V, Turan S.E, 2018b. Effect of Micro-Sized Colemanite on the Rheological Properties of the Water Based Drilling Fluid. Çukurova University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture, 33(4), 83-88.
- Özkan A, Özkan V, 2019. Effect of Clinoptilolite-Rich Zeolite on the Properties of Water Based Drilling Fluid, Fresenius Environmental Bulletin, 28(3), 2232-2237.
- Özkan A, Turan SE, Kaplan BM, 2018a. Investigation of Fly Ash Effect on Rheological and Filtration Properties of Drilling Muds. Fresenius Environmental Bulletin, 27(12A), 9189-9194.
- Özkan, A. 2020. Effect of Gold Nanoparticle Functionalized Multi-Walled Carbon Nanotubes on the Properties of Na-Bentonite Water Based Drilling Fluid. Fresenius Environmental Bulletin, 29(1), 143-151.
- Rafati R, Haddad AS, Hamidi H, 2016. Experimental study on stability and rheological properties of aqueous foam in the presence of reservoir natural solid particles. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 509, 19-31.
- Shah KA, Najjar FA, Sharda T, Sreenivas K, 2018. Synthesis of multi-walled carbon nanotubes by thermal CVD technique on Pt–W–MgO catalyst. Journal of Taibah University for Science, 12(2), 230-234.
- Singh SK, Ahmed RM, Growcock F, 2010, January. Vital role of nanopolymers in drilling and stimulations fluid applications. In SPE Annual Technical Conference and Exhibition. Society of Petroleum Engineers. Specifications, A. P. I, 2010. 13A, 2010. Specification for Drilling Fluid Materials.
- Yola ML, Eren T, Atar N, 2014. A novel efficient photocatalyst based on TiO<sub>2</sub> nanoparticles involved boron enrichment waste for photocatalytic degradation of atrazine. Chemical Engineering Journal, 250, 288-294.

**Analysis of a Rare Honey Sample From Tuzluca/Iğdır Region**Hakan KAYGUSUZ<sup>1\*</sup>

**ABSTRACT:** Turkey has a wide variety of honey products and most of the honeys are endemic. There are many endemic honey samples in Anatolia that have not been investigated yet. Since natural honey has special benefits due to its many bioactive ingredients, it is still a challenge to classify and characterize different honey samples. In this study, an endemic and rare honey sample from the mountainous and almost uninhabited region of Tuzluca, Iğdır is reported. Honey sample is characterized by the means of antioxidant and antidiabetic capacities, nitrite and nitrate content, fructose/glucose ratio. Results indicate that the reported honey sample has unique characteristics.

**Keywords:** honey, capillary electrophoresis, antioxidant, antidiabetic, Iğdır

<sup>1</sup> Hakan KAYGUSUZ (Orcid ID: 0000-0001-9336-1902), Altınbaş Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, İstanbul, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Hakan KAYGUSUZ, e-mail: hakan.kaygusuz@altinbas.edu.tr

Geliş tarihi / Received: 23-12-2019

Kabul tarihi / Accepted: 01-02-2020

## INTRODUCTION

Honey is known as a valuable nutritional and medicinal food source of natural origin. Its composition is associated with the floral origins, geography as well as presence of pollutants. Turkey is a home to more than 12.000 native plant species and of nearly 450 species are known as honey plants (Sorkun 2008, Özkök et al. 2016). Turkey is second largest honey producer and Anatolia has one of the richest flora (Kaygusuz et al. 2016). In recent years there is an interest to study the characteristics of Turkish honeys and pollen samples. Recent studies include biochemical analysis of Mutki/Bitlis with a good total phenolic concentrations (Özşahin Kireççi and Kireççi 2018), chestnut honeys from Black Sea region with a high fructose+glucose content (Dağ et al. 2017), dandelion (*Taraxacum*) honey from Bingöl as a new record in Turkey (Özenirler et al. 2018), characterization multifloral honeys of 6 different Sinop districts (Özler 2015), microbiological and parasitological analysis of honey samples from Istanbul (Dümen et al. 2013), volatile compound determination in pine honeys from Muğla-Marmaris region (Silici 2011), characterization of multifloral honeys from Pervari/Siirt (Erez et al. 2015), physicochemical analysis of multifloral samples from Konya and Karaman (Özler et al. 2019), 23 different monofloral honeys across Turkey including Antalya, Ordu, Van, Mardin, Adana, Istanbul, Batman, Konya Izmir, Hatay and Muğla (Gül and Pehlivan 2018), and monofloral honeys from Muğla, Kırklareli, Trabzon, Bayburt, Ordu and Isparta (Kaygusuz et al. 2016), an interesting study reports bio-monitoring of pollutants in industrial districts of Izmir (Aliğa) by using honey bees and propolis (Matin et al. 2016), properties of Jerusalem thorn honey was investigated for Bursa, Edirne and Kırklareli (Malkoç et al. 2019) as well as honey from Aydın (Ünüböl Aypak et al. 2019). Such studies are expected to increase in the upcoming years since Anatolian honey sources are numerous and needs to be studied for further discoveries and analyses. Recently honey is reported as an antidiabetic agent (Erejuwa et al. 2012) and it is already known to have good antioxidant characteristics.

In the present paper, properties of a rare honey sample from a mountainous and sparsely populated village of Tuzluca, Iğdır are reported and discussed. The region has an elevation of ~2200 m above sea level. Antioxidant and antidiabetic properties of the sample was investigated as well as some quality parameters such as fructose to glucose ratio and nitrate/nitrite content.

## MATERIALS AND METHODS

### Materials

Honey samples were obtained from Ombulak village in Tuzluca (Iğdır, Turkey). Honey samples were of multifloral origin and were harvested in July 2019 season.  $\alpha$ -glucosidase, p-nitrophenyl- $\alpha$ -D-glucopyranoside substrate, D(+) glucose, D(+) fructose and genistein were from Sigma Chemical Co. (Steinheim, Germany). 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH), sodium nitrite, potassium nitrate, formic acid, sodium sulfate, sodium hydroxide, sodium carbonate, sodium dihydrogen phosphate dihydrate and disodium hydrogen phosphate dodecahydrate were from Merck (Darmstadt, Germany). Glycylglycine were from Fluka (Buchs, Switzerland) and acetonitrile was obtained from J. T. Baker (Deventer, Netherlands). All reagents were used without any further purification

### Capillary electrophoresis

Nitrite-nitrate and sugar analyses were conducted using an Agilent 1600 capillary electrophoresis system (Waldbronn, Germany) equipped with a diode-array detector. Uncoated fused silica capillaries with 50  $\mu$ m internal diameter (Polymicro Technology, Phoenix, AZ, USA) were used with the total length of 65 cm and active length of 50 cm.



In order to prepare the honey samples for capillary electrophoresis, 0.1 g of honey was mixed with 10 mL of deionized water and stirred at 300 rpm for 30 minutes at room conditions. After mixing completely, samples were filtered using microfilters of 0.45  $\mu\text{m}$  pore size. The resulting filtrate was directly injected for nitrite and nitrate analysis. On the other hand, for sugar analysis the filtrate was diluted two times.

A capillary zone electrophoresis method developed for simultaneous determination of nitrate and nitrite in food samples was employed (Kalaycıoğlu and Erim 2016). Pre-optimized conditions in this method were as follows: 30 mmol/L formic acid solution at pH 4.0 with 30 mmol/L sodium sulfate was used as buffer; sample was injected at 50 mbar for 160 s under a separation voltage of -25 kV and at 25 °C. Here, sodium sulfate in the buffer increases the conductivity of the buffer zone and provides sample stacking. Therefore, a high volume of injection was possible. Detection was done spectrometrically at 210 nm. The capillary was subsequently flushed for 2 minutes with 0.1 mol/L sodium hydroxide solution, water and the buffer between each run.

For the analysis of sugars, the capillary electrophoretic method developed for determination of carbohydrates was used. This method was successfully employed for pollen and honey samples (Kaygusuz et al. 2016, Kalaycıoğlu et al. 2017b) and other food samples (Kolaylı et al. 2010, Kalaycıoğlu and Erim 2017) before. Here glycylglycine dipeptide is used as the separation electrolyte, without the necessity to derivatize the analytes. Predefined optimal conditions were used as follows: 50 mmol/L glycylglycine at pH ~12.5. Samples were injected at 5 kPa for 6s from the anodic end under a separation voltage of 25 kV. Signal wavelength was 350 nm with a reference of 207 nm.

For all capillary electrophoresis analyses, the amounts of the analytes in the samples were calculated using calibration curves. All measurements were of at least triplicates.

### Antioxidant and antidiabetic activity

Antidiabetic and antioxidant activity measurements were carried out on a 96-well BioTek Power Wave XS microplate reader (Winooski, VT, USA).

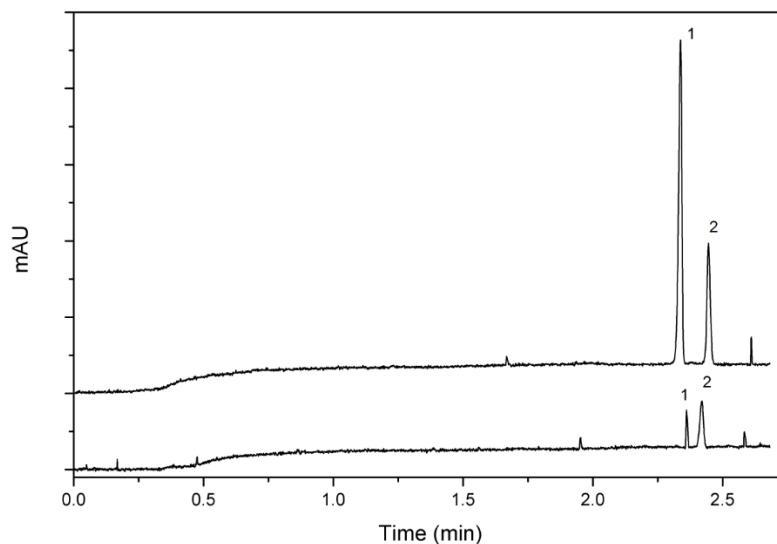
$\alpha$ -Glucosidase enzyme inhibitory activities were studied by a slightly modified method of Shai et al. (Shai et al. 2011, Kalaycıoğlu et al. 2018). Here 50  $\mu\text{L}$  of pH 6.8 phosphate buffer, 10  $\mu\text{L}$   $\alpha$ -Glucosidase (0.5 U/mL in phosphate buffer) and 20  $\mu\text{L}$  of diluted honey samples (10, 25, 50, 100  $\mu\text{g/mL}$ ) were preincubated for 15 min at 37 °C. After this step, enzymatic reaction was started by adding 20  $\mu\text{L}$  of 5 mmol/L p-nitrophenyl- $\alpha$ -D-glucopyranoside substrate. After 20 minutes of incubation, reaction was stopped by adding 100 mmol/L of 50  $\mu\text{L}$   $\text{Na}_2\text{CO}_3$  solution. Released p-nitrophenol was monitored at 405 nm using the microplate reader. Typical angiogenesis inhibitor, genistein, was also tested as the reference. The system without any test material was employed as the control.

The free radical-scavenging activities were studied by the modified DPPH assay (Blois 1958, Kalaycıoğlu et al. 2017a). This method is based on the monitoring the decreasing absorption of DPPH radical at 517 nm. 90  $\mu\text{L}$  of 0.1 mmol/L DPPH solution was added to 10  $\mu\text{L}$  sample solution and absorbance at 517 nm was measured 30 min later. Results were compared with the synthetic antioxidant BHA (Butylated hydroxyanisole). All calculations were done using the calibration curves for microplate readings.

## RESULTS AND DISCUSSION

Figure 1 shows the electropherogram of the honey sample for nitrate and nitrite analysis, where the upper electropherogram represents the sample spiked with 12.5  $\mu\text{mol/L}$  standard nitrate and nitrite

and the lower electropherogram is the sample only. Calibration curves were plotted by the addition of acetonitrile (7.5% v/v) to the nitrite and nitrate standards. Correlation coefficient, limit of detection (signal-to-noise ratio: 3) and limit of quantification (signal-to-noise ratio: 10) were calculated as shown in Table 1.



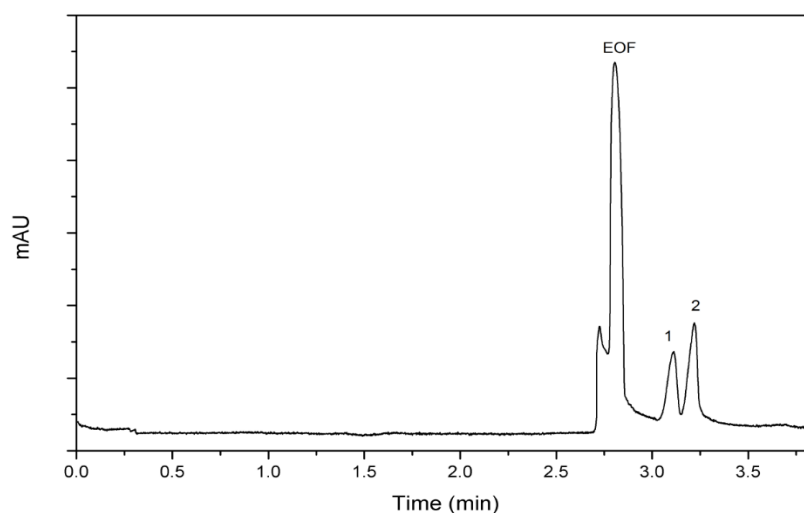
**Figure 1.** Electropherogram of the honey sample (bottom) and honey sample spiked with 12.5 µmol/L standard nitrate and nitrite solutions (top). Running potential: -25 kV, detection at 210 nm, under the buffer of 30 mmol/L formic acid, 30 mmol/L Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> and pH 4.0. Peaks 1: nitrate, 2: nitrite.

**Table 1.** Analytical parameters of nitrate and nitrite determination

Parameter	Nitrate	Nitrite
Correlation coefficient of regression	0.999	0.999
Limit of detection, LOD (µmol/L)	0.50	1.35
Limit of quantification, LOQ (µmol/L)	1.85	4.56

According to the results, nitrate and nitrite concentrations in the injected sample were found as  $0.5597 \pm 0.00174$  µmol/L and  $4,140 \pm 0,123$  µmol/L, respectively. These values are corresponding to  $3.47 \pm 0.01$  mg/kg of nitrate and  $19.05 \pm 0.57$  mg/kg of nitrite in the honey.

Figure 2 shows the electropherogram of the honey sample for glucose and fructose analysis. Correlation coefficient, LOD and LOQ for glucose and fructose analyses were listed in Table 2.



**Figure 2.** Electropherogram of the honey sample. Running potential: 25 kV, detection at 350 nm, under the presence of 50 mmol/L glycylglycine at pH 12.5. Peaks 1: EOF: electroosmotic flow, 1: glucose, 2: fructose.

**Table 2.** Analytical parameters of glucose and fructose determination

Parameter	Glucose	Fructose
Correlation coefficient of regression	0.995	0.991
Limit of detection, LOD (mg/L, ppm)	26	30
Limit of quantification, LOQ (mg/L, ppm)	96	111

According to the results, glucose and fructose concentrations in the injected sample were found as  $418 \pm 4$  mg/g and  $468 \pm 3$  mg/g of honey, respectively. Total amount of sugars in the honey sample was therefore 886 mg/g and fructose/glucose (F/G) ratio is 1.12.

$\alpha$ -Glucosidase inhibitory assay (IC<sub>50</sub>, in  $\mu\text{g/mL}$ ) of the sample and genistein are found as  $10.5 \pm 0.56$  and  $5.50 \pm 0.70$   $\mu\text{g/mL}$ , respectively. IC<sub>50</sub> - DPPH of the sample is found as  $74.48 \pm 0.76$   $\mu\text{g/mL}$ .

**Table 3.** Results of  $\alpha$ -Glucosidase inhibitory assay and DPPH.

Analyte	IC <sub>50</sub> of $\alpha$ -Glucosidase inhibitory assay ( $\mu\text{g/mL}$ )	IC <sub>50</sub> for DPPH ( $\mu\text{g/mL}$ )
Honey sample	$10.5 \pm 0.56$	$74.48 \pm 0.76$
Genistein standard	$5.50 \pm 0.70$	-
BHA standard [32]	-	$57.71 \pm 0.55$
Multifloral honey from Hakkari [32]	-	$61.78 \pm 0.56$
Citrus honey from Antalya [32]	-	$82.07 \pm 0.96$
Clover honey from Diyarbakır [32]	-	$88.97 \pm 0.98$

Nitrite and nitrate are among the natural constituents of various food sources, namely vegetables and many others, as well as these are classified as food additives for meat products (Kalaycıoğlu and Erim 2019). Nitrate and nitrite content of honey was previously evaluated (Beretta et al. 2010). It is reported that humans consume up to 8.7 mg of nitrite per person per day and the most of the consumption is related to dietary intake of cured meat (Anonymous 2003). Other nitrite-rich foods include vegetables such as spinach and lettuce. There is a concern on nitrite due to possible carcinogenic effects for over a long period, on the other hand, most nitrite is endogenously converted from nitrate, thus plays an important role in the nitric oxide (NO) metabolic product cycle (Ma et al. 2018) and recent reports indicate that there is no relation between nitrate and nitrite intake and stomach cancer (Bryan et al. 2012) as well as there is a beneficial side of the nitrates and nitrites in cardiovascular health (Lundberg et al. 2011). According to the results in the present study, the honey of Ombulak/Tuzluca region contains more nitrite than nitrate. Although the nitrite concentration much lower than vegetables such as spinach and lettuce (Iammarino et al. 2014) a honey sample with more nitrite than nitrate is not common.

Antioxidant activity of the honey is evaluated using the DPPH assay. According to the results, IC<sub>50</sub> of the sample is found as  $74.48 \pm 0.76$   $\mu\text{g/mL}$  where the BHA is reported as  $57.71 \pm 0.55$   $\mu\text{g/mL}$ . When compared to Turkish honeys from very different locations (Kıvrak and Kıvrak 2017), Ombulak/Tuzluca honey is among the honeys have an upper-average antioxidant capacity. In addition to antioxidant characteristics, antidiabetic activity was found as  $10.5 \pm 0.56$ , which corresponds to 0.52 times the activity of Genistein standard, which indicates a good antidiabetic property. F/G ratio of the honey was found as 1.12, which indicates that the honey crystallizes slowly since F/G values above 1.0 indicate a slower crystallization (El Sohaimy et al. 2015, Radia et al. 2015). F/G ratio is typical for multifloral honeys and is within the quality limits of Turkish Food Codex Communiqué on Honey (1.0-1.4).

## CONCLUSION

This study reports an endemic honey from Ombulak, Tuzluca, Iğdır – Turkey. This region is a mountainous, sparsely populated and isolated from industrial presence. To the best of our knowledge, a honey from this region is reported for the first time. Results indicate that honey has a fair antioxidant

and antidiabetic character as well as a nitrite/nitrate ratio higher than 1.0. Although many kinds of honey have antidiabetic activity, as in the case of Iğdır honey, larger clinical studies are needed to make honey an alternative to sugar for diabetics. Further studies by medical scientists or biologists might reveal the biological characteristics of this type of honey.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to thank Mr. Firuz Iğdır for supplying the honey samples and Prof. Dr. F. Bedia Erim and Ms. Zeynep Kalaycıoğlu for providing the research facility.

## REFERENCES

- Anonymous, 2003. Nitrate and nitrite in drinking-water: background document for development of World Health Organization (WHO) guidelines for drinking-water quality
- Beretta G, Gelmini F, Lodi V, Piazzalunga A, Maffei Facino R. 2010. Profile of nitric oxide (NO) metabolites (nitrate, nitrite and N-nitroso groups) in honeys of different botanical origins: Nitrate accumulation as index of origin, quality and of therapeutic opportunities. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 53(3):343–349.
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181(4617):1199–1200.
- Bryan NS, Alexander DD, Coughlin JR, Milkowski AL, Boffetta P. 2012. Ingested nitrate and nitrite and stomach cancer risk: An updated review. *Food and Chemical Toxicology*, 50(10):3646–3665.
- Dağ B, Sıralı R, Tarakçı Z. 2017. Investigation Of Some Properties Of Chestnut Honey Produced In Black Sea Region Of Turkey. *Batman University Journal of Life Sciences*, 7(2/2):118–123.
- Dümen E, Akkaya H, Öz GM, Sezgin FH. 2013. Microbiological and parasitological quality of honey produced in İstanbul. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 37:602–607.
- Erejuwa OO, Sulaiman SA, Ab Wahab MS. 2012. Honey - A novel antidiabetic agent. *International Journal of Biological Sciences*, 8(6):913–934.
- Erez ME, Karabacak O, Kayci L, Fidan M, Kaya Y. 2015. Characterization of Multifloral Honeys of Pervari Region with Different Properties. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 2:40–46.
- Gül A, Pehlivan T. 2018. Antioxidant activities of some monofloral honey types produced across Turkey. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25(6):1056–1065.
- Iammarino M, Di Taranto A, Cristino M. 2014. Monitoring of nitrites and nitrates levels in leafy vegetables (spinach and lettuce): a contribution to risk assessment. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(4):773–778.
- Kalaycıoğlu Z, Erim FB. 2016. Simultaneous Determination of Nitrate and Nitrite in Fish Products with Improved Sensitivity by Sample Stacking-Capillary Electrophoresis. *Food Analytical Methods*, 9(3):706–711.
- Kalaycıoğlu Z, Erim FB. 2017. Total phenolic contents, antioxidant activities, and bioactive ingredients of juices from pomegranate cultivars worldwide. *Food Chemistry*, 221:496–507.
- Kalaycıoğlu Z, Gazioğlu I, Erim FB. 2017a. Comparison of antioxidant, anticholinesterase, and antidiabetic activities of three curcuminoids isolated from *Curcuma longa* L. *Natural Product Research*, 31(24):2914–2917.
- Kalaycıoğlu Z, Kaygusuz H, Döker S, Kolaylı S, Erim FB. 2017b. Characterization of Turkish honeybee pollens by principal component analysis based on their individual organic acids, sugars, minerals, and antioxidant activities. *LWT - Food Science and Technology*, 84.
- Kalaycıoğlu Z, Uzaşçı S, Dirmenci T, Erim FB. 2018.  $\alpha$ -Glucosidase enzyme inhibitory effects and ursolic and oleanolic acid contents of fourteen Anatolian *Salvia* species. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 155:284–287.
- Kalaycıoğlu Z, Erim FB. 2019. Nitrate and Nitrites in Foods: Worldwide Regional Distribution in View of Their Risks and Benefits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(26):7205–7222.

- Kaygusuz H, Tezcan F, Bedia Erim F, Yildiz O, Sahin H, Can Z, Kolayli S. 2016. Characterization of Anatolian honeys based on minerals, bioactive components and principal component analysis. *LWT - Food Science and Technology*, 68.
- Kıvrak Ş, Kıvrak İ. 2017. Assessment of phenolic profile of Turkish honeys. *International Journal of Food Properties*, 20(4):864–876.
- Kolayli S, Kara M, Tezcan F, Erim FB, Sahin H, Ulusoy E, Aliyazicioglu R. 2010. Comparative study of chemical and biochemical properties of different melon cultivars: Standard, hybrid, and grafted melons. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(17):9764–9769.
- Lundberg JO, Carlstöröm M, Larsen FJ, Weitzberg E. 2011. Roles of dietary inorganic nitrate in cardiovascular health and disease. *Cardiovascular Research*, 89(3):525–532.
- Ma L, Hu L, Feng X, Wang S. 2018. Nitrate and nitrite in health and disease. *Aging and Disease*, 9(5):938–945.
- Malkoç M, Kara Y, Özkök A, Ertürk Ö, Kolaylı S. 2019. Karaçalı (*Paliurus spina-christi* Mill.) Balının Karakteristik Özellikleri. *Uludag Bee Journal*, 19(1):69–81.
- Matin G, Kargar N, Buyukisik HB. 2016. Bio-monitoring of cadmium, lead, arsenic and mercury in industrial districts of Izmir, Turkey by using honey bees, propolis and pine tree leaves. *Ecological Engineering*, 90:331–335.
- Özenirler Ç, Mayda N, Çelemlı ÖG, Özkök A, Sorkun K. 2018. Dandelion Honey: A New Monofloral Honey Record For Turkey. *Uludag Bee Journal*, 18(2):87–93.
- Özkök A, Kuru Ö, Sorkun K. 2016. Microbiological Analysis and Antibacterial Effects of Turkish Thyme Honey. *Bee World*, 93(4):98–101.
- Özler H. 2015. Melissopalynological Analysis of Honey Samples Belonging to Different Districts of Sinop, Turkey. *Mellifera*, 15(1):1–11.
- Özler H, Cımbırtoğlu Ş, Güney F, Çakıcı N, Türkaslan N. 2019. Physicochemical Analysis Of Some Honey Samples From Konya And Karaman Regions. *Arıcılık Araştırma Dergisi / Journal of Apiculture Research*, 11(1):1–7.
- Özşahin Kireççi AD, Kireççi OA. 2018. Examination of Some Biochemical Properties of Honeys in Mutki (Bitlis-Turkey). *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 936–943.
- Radia D, Azzedine C, Nicoletta D, Alice B, Chiara M, Albino G, Franco M. 2015. Physicochemical parameters and antibiotics residuals in Algerian honey. *African Journal of Biotechnology*, 14(14):1242–1251.
- Shai LJ, Magano SR, Lebelo SL, Mogale AM. 2011. Inhibitory effects of five medicinal plants on rat alpha-glucosidase: comparison with their effects on yeast alpha-glucosidase. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(13):2863–2867.
- Silici S. 2011. Determination of volatile compounds of pine honeys. *Turkish Journal of Biology*, 35:641–645.
- El Sohaimy SA, Masry SHD, Shehata MG. 2015. Physicochemical characteristics of honey from different origins. *Annals of Agricultural Sciences*, 60(2):279–287.
- Sorkun K. 2008. Türkiye'nin Nektarlı Bitkileri, Polenleri ve Balları. *Palme Yayıncılık*.
- Ünüböl Aypak S, İnci A, Bakırcı S, Dereli Fidan E, Soysal M. 2019. Comparison of the Antioxidant Activity and Hydroxymethylfurfural (HMF) Levels in Honey Taken from Hives and Markets. *Gıda The Journal of Food*, 44(1):86–92.



## D-Penisilamin, D-Penisilamin disülfid ve N-Asetil-D-penisilamin'in Laktoperoksidaz Enzim Aktivitesi Üzerine İnhibisyon Etkileri

Işıl Nihan ÖZYÜREK<sup>1</sup>, Ramazan KALIN<sup>2\*</sup>, Hasan ÖZDEMİR<sup>1</sup>

**ÖZET:** Meme, tükürük ve diğer mukoza bezlerinden salgılanan laktoperoksidaz (LPO, E.C.1.11.1.7); antibakteriyel özelliğe sahip bir peroksidaz enzimidir. D-Penisilamin; Wilson hastalığı gibi birçok hastalığın tedavisinde kullanılan tiyol yan zincirine sahip bir amino asittir. Bu çalışmanın amacı, sığırlar laktoperoksidaz enzimine karşı D-Penisilamin, D-Penisilamin disülfid ve N-Asetil-D-penisilamin'in *in vitro* inhibisyon profillerini belirlemektir. LPO enzimi, % 62,25 verimle 357,92 kat afinite kromatografisi (Sephrose 4B-L-tirozin-sülfanamid) kullanılarak sığırlar sütünden saflaştırıldı. LPO; D-Penisilamin, D-Penisilamin disülfid ve N-Asetil-D-penisilamin tarafından etkili bir şekilde inhibe edildi. Bu moleküllerin IC<sub>50</sub> değerleri sırasıyla 0,584, 0,207 ve 0,552 µM olarak bulundu. D-Penisilamin ve D-Penisilamin disülfid için yarışmalı inhibisyon gösterirken, N-Asetil-D-penisilamin için yarışmasız inhibisyon gösterdi.

**Anahtar Kelimeler:** Laktoperoksidaz, penisilamin, saflaştırma, inhibisyon

### The Inhibition Effects of D-Penicillamine, D-Penicillamine disulfide and N-Acetyl-D-Penicillamine on Lactoperoxidase Enzyme Activity

**ABSTRACT:** The lactoperoxidase (LPO, E.C.1.11.1.7) secreted from the breast, saliva and other mucous glands is a peroxidase enzyme with antibacterial properties. D-penicillamine is an amino acid with a thiol side chain, used in the treatment of many diseases such as Wilson disease. The aim of this study was to determine *in vitro* inhibition profiles of D-Penicillamine, D-Penicillamine disulfide and N-Acetyl-D-penicillamine against bovine lactoperoxidase enzyme. LPO enzyme was isolated from bovine milk using affinity chromatography (Sephrose 4B-L-tyrosine-sulphanamide) 357.92 fold with a yield of 62.25%. LPO was effectively inhibited by D-Penicillamine, N-Acetyl-D-penicillamine and D-Penicillamine disulfide. IC<sub>50</sub> values of these molecules were found as 0.584, 0.207 and 0.552 µM, respectively. D-Penicillamine, and D-Penicillamine disulfide exhibited competitive inhibition, and N-Acetyl-D-penicillamine showed noncompetitive inhibition.

**Keywords:** Lactoperoxidase, penicillamine, purification, inhibition

<sup>1</sup> Işıl Nihan ÖZYÜREK (Orcid ID: 0000-0003-4896-5226), Hasan ÖZDEMİR (Orcid ID: 0000-0002-4059-0442), Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Erzurum, Türkiye

<sup>2</sup> Ramazan KALIN (Orcid ID: 0000-0002-5917-1299), Erzurum Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, Erzurum, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ramazan KALIN, e-mail: ramazan.kalin@erzurum.edu.tr

Geliş tarihi / Received: 02-01-2020

Kabul tarihi / Accepted: 01-02-2020

## GİRİŞ

Süt ve süt ürünleri insan beslenmesinde çok önemli bir yere sahiptir. Bileşenleri nedeniyle süt, insanların sağlığına büyük katkılar sağlamaktadır (Seifu ve ark., 2005). Süt kendi içeriğini zararlı mikroorganizmalardan koruyan çeşitli bileşenleri içerir. Bu bileşenlerden bir tanesi de laktoperoksidaz (LPO) sistemidir (Köksal ve ark., 2017a).

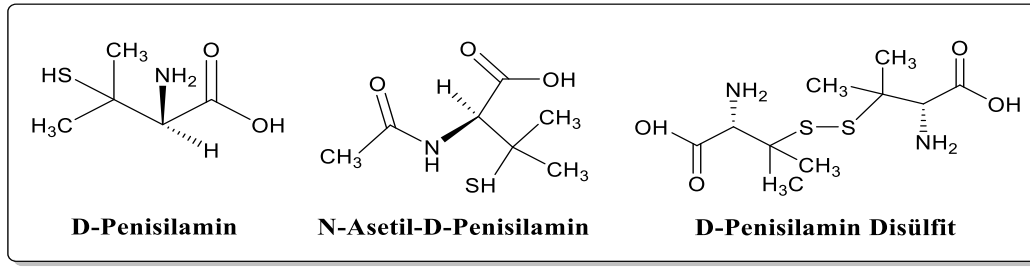
Laktoperoksidaz (LPO; EC 1.11.1.7), doğada yaygın olarak insanlarda, bitkilerde ve hayvanlarda bulunan peroksidaz ailesinin bir üyesidir (Kussendragar ve Van Hooijdonk, 2000). LPO; memelilerin meme, tükürük ve gözyaşı bezlerinin salgılarında, yani süt, tükürük ve gözyaşlarında bulunur (Wolfson ve Sumner, 1993). Süt içerisinde bol miktarda bulunan LPO, emzirme döneminde yeni doğan bebeklerin bağırsak yollarının patojenik mikroorganizmalara karşı korunmasında önemli bir rol oynar. Özetle istilacı mikroorganizmalara karşı laktoperoksidaz sistemi doğal bir savunma sistemi olarak görev yapmaktadır (Reiter, 1978). LPO sistemi üç bileşenden oluşmaktadır. Bunlar; LPO, tiyosiyanat ve hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ )'dir. Sadece bu üç bileşenin varlığında LPO sistemi aktivitesini gösterir. LPO enzimi  $H_2O_2$  varlığında tiyosiyanatın ( $SCN^{-1}$ ) hipotiyosiyanite ( $OSCN^{-1}$ ) oksidasyonu gerçekleştirir. Oluşan bu yeni iyon; gram negatif ve gram pozitif bakteri, mantar ve virüslere karşı güçlü bir antimikrobiyal etki spektrumuna sahiptir (Seifu ve ark., 2005; Köksal ve ark., 2017a).

Oksidoredüktaz enzim sınıfında olan LPO; 612 amino asit kalıntısı içeren tek bir polipeptit zincirinden oluşmaktadır. Moleküler ağırlığı yaklaşık 78 kDa olan bir glikoproteindir. LPO aktif merkezinde bir heme grubu (protoheme 9) ve yaklaşık % 10 oranında karbohidrat içerir. LPO molekülünün katalitik merkezindeki heme grubu, bir ester bağıyla polipeptit zincirine kovalent olarak bağlanmış bir protoporfirin IX'dan oluşmaktadır (Björck ve Claesson 1980; Colas ve ark., 2002).

Penisilamin yapısal olarak, bir tiyol yan zincirine sahip bir amino asittir. Penisilinin hidrolitik bozulması ile veya kimyasal bir proses ile sentezlenerek hazırlanabilmektedir. Sisteinin ikinci karbon atomuna bağlı iki hidrojen atomunun yerine iki metil grubuna sahip penisilamin, sisteinin yapısal bir analogu olarak karşımıza çıkmaktadır.  $\alpha$ -Karbon atomuna bir amino, bir karboksil, bir sülfidril ve iki metil grubunun bağlanmasıyla oluşan penisilamin, üç fonksiyonlu bir amino asittir. Bu üç fonksiyonel grup sayesinde karakteristik kimyasal reaksiyonlar gerçekleştirilmektedir (Munro ve Capell, 1997; Bhushan ve Kumar, 2009).

Asetillenmiş bir D-penisilamin analogu olan N-Asetil-D-penisilamin, klinik olarak metal toksisitesine karşı bir panzehir olarak kullanılan şelatlama ajanlarından biridir. Ağır metallerin çevrede her yerde bulunmasından dolayı Alzheimer ve Parkinson hastalığı gibi nörolojik hastalıkları içeren ciddi sağlık etkileriyle ilişkilendirilmektedir. Şelatlama tedavisi, bu toksik etkileri azaltmak için klinik olarak kullanılan yöntemlerden biridir. Özellikle cıva zehirlenmelerinin tedavisinde N-Asetil-D-penisilamin kullanıldığı bilinmektedir (Kark ve ark., 1971; Budimir, 2011; Chipiso ve ark., 2019).

Sunulan bu çalışmada, aminoasit türevi olan D-Penisilamin, N-Asetil-D-Penisilamin ve D-Penisilamin disülfid (Şekil 1) bileşiklerinin *in vitro* şartlar altında LPO enzimi üzerine inhibisyon etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda öncelikle LPO enzimi sığır sütünden saflaştırılmıştır. Daha sonra *in vitro* şartlarda yapılan inhibisyon çalışmaları ile her bir molekül için  $IC_{50}$  ve  $K_i$  değerleri ile inhibisyon tipleri belirlenmiştir.



Şekil 1. Moleküllerin kimyasal yapıları

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Kimyasallar

Sığır sütü Erzurum ilindeki yerel mandıralardan satın alınarak LPO enzimi bu süttten saflaştırıldı. Afinite kolonu ve saflaştırma için kullanılan kimyasallar, Amberlit CG-50-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> reçinesi, 2,2'-Azino-bis(3-etilbenzotiyozolin-6-sülfonik asit) (ABTS), L-tirozin, CNBr-aktifleştirilmiş sefaroze 4B, sülfanilamid, bovin serum albümin (BSA), hidrojen peroksit, D-Penisilamin, D-Penisilamin disülfid, N-Asetil-D-penisilamin ve elektroforez için kullanılan kimyasalların tamamı Almanya devletine kayıtlı Sigma-Aldrich şirketinden ticari olarak satın alındı.

### LPO Aktivitesinin Ölçümü

LPO aktivitesi, Shindler ve Bardsley'in uyguladığı deneysel prosedürü üzerinde yapılan küçük değişikliklerle ölçülmüştür. Bu deney prosedürü kromojenik bir substrat olan ABTS molekülünün yükseltgenmesi sonucu oluşan yeşil renkli bileşiğin 412 nm'de absorbansta yapmış olduğu artışın belirlenmesi esasına dayanmaktadır (Shindler ve Bardsley 1975). Bir enzim ünitesi (E.Ü.); 298 K'da 1 µmol ABTS'nin 1 dakikada oksidasyonunu katalizleyen enzim miktarı olarak tanımlanmaktadır ( $\epsilon$ :32.600 M<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>).

### Protein Tayini

Protein miktarları, önceki çalışmalarımızda detaylı bir şekilde açıklanmış olan Bradford yöntemine göre belirlendi. Sığır serum albümini standart bir protein olarak kullanarak protein miktarlarını belirlemek için standart bir grafik çizildi (Bradford, 1976; Kalın ve ark., 2014).

### LPO'nun Saflaştırılması

LPO, Sepharose 4B-L-tirozin-sülfanilamid afinite kolonu kullanılarak saflaştırıldı. Hazırlanan afinite kolonu fosfat tamponu (10 mM, pH 6.8) ile dengelendikten sonra hazırlanan homojenat kolona yüklendi. Daha sonra afinite jeli fosfat tamponu (400 mL, 25 mM, pH 6.8) ile iyice yıkandı. Son olarak kolona tutunmuş olan LPO enzimi NaCl/Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> çözeltisi (1 M/0,25 M, pH:6.8) ile elüe edildi.

### Sodyum Dodesil Sülfat-Poliakrilamid Jel Elektroforezi (SDS-PAGE)

Saflaştırılan LPO enziminin saflığını kontrol etmek için, önceki çalışmalarda detaylı olarak anlatılmış olan Laemmli yöntemine göre SDS-PAGE yapıldı (Laemmli, 1970).

### In Vitro İnhibisyon Çalışmaları

Penisilamin ve türevlerinin inhibisyon etkileri (IC<sub>50</sub>) LPO enzimi üzerine en az beş farklı inhibitör konsantrasyonunda çalışılarak çizilen grafiklerden belirlendi. Çizilen grafiklerden IC<sub>50</sub> değerleri belirlendikten sonra üç farklı inhibitör ve beş farklı substrat konsantrasyonlarında yapılan aktivite ölçümleri sonucunda elde edilen değerlerden Lineweaver ve Burk eğrileri çizildi. Bu grafiklerden de her bir inhibitörün K<sub>i</sub> değeri ve inhibisyon tipi ayrı ayrı belirlendi.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Süt, tüm memeli türlerinin meme bezlerinden salgılanan hayati bir sıvıdır. Hayati öneme sahip olan bu sıvı, memeli yavrularının beslenme, bağışıklık ve koruyucu ihtiyaçlarını desteklemek için çok önemli bir rol oynamaktadır. Süt ve ürünleri özellikle insan yaşamındaki beslenmede önemli bir yer tutmaktadır. Bu yüzden de insanlar için tam olarak fayda sağlayan bir besin kaynağıdır (Özdemir ve Uğuz, 2005). Süt; proteinler, enzimler, yağlar, mineraller ve vitaminler gibi birçok farklı madde bakımından oldukça zengindir. Laktoferrin, lizozim, glikomakropeptit ve LPO gibi bileşenleri içerisinde bulunduran insan sütü enzim içeriği açısından çok önemlidir (Özdemir ve ark., 2001). İnsan sütü inek sütüne kıyasla düşük bir LPO aktivitesine sahiptir. Ancak her iki LPO çeşidi de aynı özelliklere ve molekül ağırlığına sahiptir. Çiğ sütte doğal olarak bulunan LPO; tiyosiyanat ve peroksit ile birlikte LPO sistemini meydana getirir. Bu sistem çiğ süt içerisindeki en önemli mikrobiyal inhibitördür (Sarıkaya ve ark. 2015).

D-Penisilamin: farmakolojik olarak oldukça aktif bir bileşiktir. Farmakolojik olarak D-Penisilamin; Wilson hastalığı (Walshe, 1956), sistinüri (Stephens, 1989) ve ağır metal zehirlenmelerinin (Gooneratne ve Christensen, 1997) tedavisinde kullanılmaktadır. Bunlara ek olarak özellikle romatoid artrite (Jaffe, 1983) ve skleroderma (LeRoy ve ark., 1991) hastalıklarının tedavisinde etkili olduğu bilinmektedir. Romatoid artrit hastalığının yanı sıra hepatit tedavisinde ve bebeklerin retina hastalığının önlenmesinde kullanılmıştır (Phelps ve ark., 2001).

Enzimler, biyolojik sistemlerde kimyasal reaksiyonları hızlandırarak katalize eden biyolojik makromoleküllerdir. Düşük konsantrasyonlarda, bazı kimyasallar veya ilaçlar spesifik enzim inhibisyonlarına sebep olarak enzim aktivitelerinde değişmelere neden olmaktadır (Köksal ve ark. 2017a). Birçok hastalığın tedavisinde kullanılan D-Penisilamin bileşiğinin hastaları iyileştirme özelliğine sahip olmasına rağmen toksisitesinin de olduğu yapılan çalışmalar ile belirlenmiştir. D-Penisilamin ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiği zaman enzimler üzerine inhibisyon parametrelerinin belirlenmesine yönelik çok fazla çalışmanın olmadığını görebilmekteyiz. Buradan yola çıkarak D-Penisilamin ile bunun türevleri olan N-Asetil-D-penisilamin ve D-Penisilamin disülfid moleküllerinin sığır sütünden saflaştırılan LPO üzerine inhibisyon parametreleri belirlenmiştir (Çizelge 1).

**Çizelge 1.** Moleküllerin LPO üzerine inhibisyon sonuçları

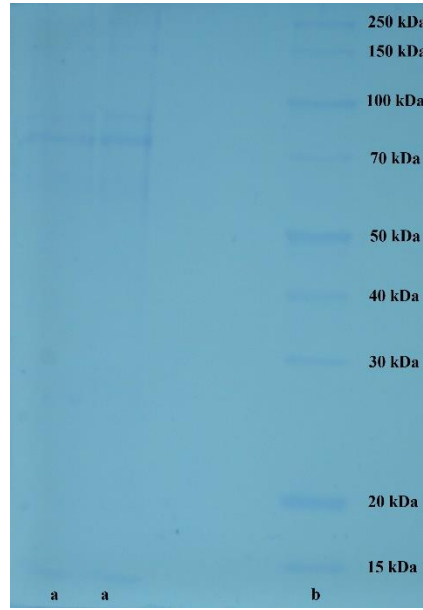
Molekül	IC <sub>50</sub> (µM)	K <sub>i</sub> (µM)	İnhibisyon Tipi
D-Penisilamin	0,584	1,422±0,288	Yarışmalı
N-Asetil-D-penisilamin	0,552	1,061±0,462	Yarışmasız
D-Penisilamin Disülfid	0,207	0,136±0,069	Yarışmalı

D-Penisilamin ve türevlerinin *in vitro* şartlarda inhibisyon etkilerini belirlemek için öncelikle sığır sütünden LPO enzimi ligant olarak sülfanilamitin kullanıldığı bir afinite kromatografisi tekniği ile tek kademedede % 62,25 verim ile 357,92 kat saflaştırıldı (Çizelge 2). Saflaştırılan LPO enziminin saflığı yapılan SDS-PAGE ile kontrol edildi ve molekül kütlesi yaklaşık 78 kDa olduğu belirlendi (Şekil 2).

**Çizelge 2.** Sığır sütü LPO enziminin sülfanilamit afinite kolonu ile saflaştırma sonuçları

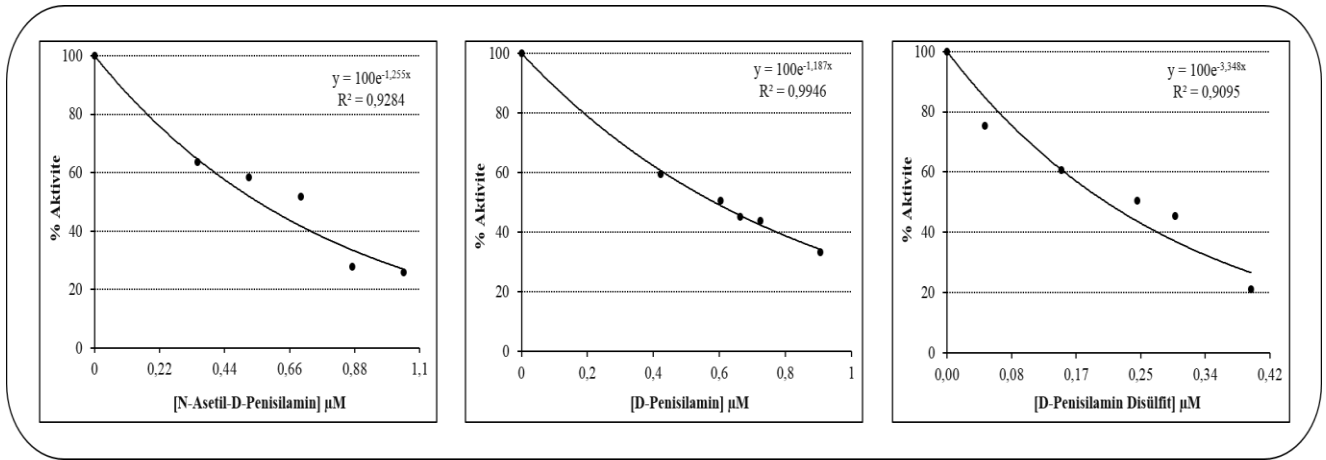
Saflaştırma Basamakları	Toplam Hacim (ml)	Aktivite (EÜ.ml <sup>-1</sup> )	Protein (mg.ml <sup>-1</sup> )	Toplam Protein (mg)	Toplam Aktivite (EÜ)	Spesifik Aktivite (EÜ.mg <sup>-1</sup> )	Yüzde Verim (%)	Saflaştırma katsayısı
Homojenat	50,0	1,12	10,3	51,0	56,0	0,1087	100	1
Afinite Kromatografisi	7,0	4,98	0,128	0,896	34,86	38,906	62,25	357,92

## D-Penisilamin, D-Penisilamin disülfid ve N-Asetil-D-penisilamin'in Laktoperoksidaz Enzim Aktivitesi Üzerine İnhibisyon Etkileri



Şekil 2. LPO için SDS-PAGE fotoğrafı. a kolonları saf LPO bantlarını gösterirken b kolonu ise standartları göstermektedir

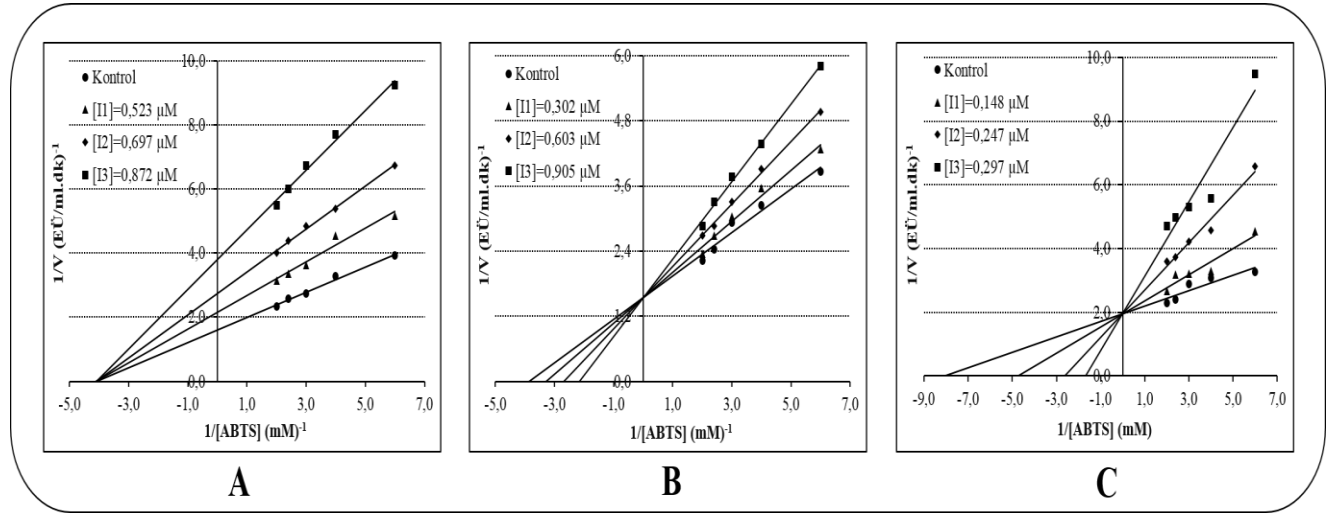
D-Penisilamin, N-Asetil-D-penisilamin ve D-Penisilamin disülfid moleküllerinin 5 farklı konsantrasyonunda yapılan aktivite ölçümleri sonucunda çizilen grafiklerden  $IC_{50}$  değerleri belirlendi (Şekil 3). Bu değerler D-Penisilamin, N-Asetil-D-penisilamin ve D-Penisilamin disülfid molekülleri için sırasıyla 0,584, 0,552 ve 0,207  $\mu M$  olarak hesaplandı.



Şekil 3. Sığır sütü LPO enzimi için ABTS substratına bağlı olarak moleküller ile elde edilen Aktivite(%)-[İnhibitör] grafikleri

Moleküllerin  $K_i$  değerleri ve inhibisyon tipleri; 5 farklı substrat konsantrasyonuna karşı 3 farklı inhibitör konsantrasyonunda yapılan aktivite ölçümleri sonucunda çizilen ayrı ayrı Lineweaver Burk grafiklerinden belirlendi (Şekil 4).  $K_i$  değerleri D-Penisilamin, N-Asetil-D-penisilamin ve D-Penisilamin disülfid molekülleri için sırasıyla  $1,422 \pm 0,288$ ,  $1,061 \pm 0,462$  ve  $0,136 \pm 0,069$   $\mu M$  olarak hesaplandı. İnhibisyon tipleri ise D-Penisilamin ve D-Penisilamin disülfid molekülleri için yarışmalı iken N-Asetil-D-penisilamin için yarışmasız inhibisyon olduğu belirlendi.





Şekil 4. Sığır sütü LPO enzimi için ABTS substratına bağlı olarak moleküller ile elde edilen  $1/V$  ve  $1/[S]$  grafikleri (A: N-Asetil-D-penisilamin; B: D-Penisilamin; C: D-Penisilamin disülfid için Lineweaver Burk grafikleri)

Yapılan çalışma sonuçlarından da görüleceği üzere bütün moleküller LPO enzimini inhibe etmiştir. Sonuçlar kendi içerisinde kıyaslandığında bu bileşiklerden en güçlü inhibisyona D-Penisilamin disülfid molekülünün sahip olduğu bulunmuştur. D-Penisilamin ve D-Penisilamin disülfid molekülleri inhibisyon özelliklerini LPO enziminin aktif merkezine bağlanarak gösterirken, N-Asetil-D-penisilamin ise aktif merkezden farklı bir noktaya bağlanarak inhibisyona sebep olmuştur.

Literatürde farklı bileşiklerin LPO enzimi üzerindeki inhibitör etkilerini belirlemek için yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Şişecioglu ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmalarda sığır sütünden saflaştırılan LPO enzimi üzerine L-adrenalinin (Melda ve ark., 2012), melatonin ve seratoninin (Melda ve ark., 2010a), bazı vitaminlerin (Melda ve ark., 2009a), norepinefrinin (Melda ve ark., 2010b), propofolun (Melda ve ark., 2009) ve bazı antibiyotiklerin (Melda ve ark., 2011) inhibisyon parametreleri belirlenmiştir. Aynı şekilde Köksal ve arkadaşları tarafından LPO üzerine yapılmış çalışmalarda bazı avermektinlerin (Köksal ve ark., 2016a), bazı tiofen türevlerinin (Köksal, 2019), sekonder sülfanamid türevlerinin (Köksal ve ark., 2017a), bazı doğal moleküllerin (Köksal ve ark., 2017b) ve fenolik asitlerin (Köksal ve ark., 2016b) inhibisyon parametreleri kapsamında  $IC_{50}$ ,  $K_i$  değerleri ve inhibisyon tipleri belirlenerek literatüre kazandırılmıştır.

## SONUÇ

Sonuç olarak LPO enzimi öncelikle sığır sütünden saflaştırıldı. Daha sonra *in vitro* şartlarda D-Penisilamin ve türevlerinin inhibisyon etkileri detaylı bir şekilde araştırıldı. Yapılan çalışmalar sonucunda bütün moleküllerin LPO enzimini  $\mu M$  seviyede inhibe ettiği belirlendi. Bilindiği üzere LPO, süt ve mukozal sekresyonlarda bulunan bakterileri uzaklaştırdığı için doğuştan gelen bağışıklık sistemi için çok hayati bir aktiviteye sahiptir. Eğer enzim aktivitesi azalır, bu bağışıklık sisteminin zayıfladığı anlamına gelir. Ancak bu özellikle istenmeyen bir durumdur, çünkü bu bebeklerin bağışıklık sistemini oldukça fazla etkiler. Bu yüzden her ne kadar bazı hastalıkların tedavisinde D-Penisilamin kullanılsa da penisilamin ve türevlerinin özellikle laktasyon döneminde kullanımına toksik etkisinden dolayı dikkat edilmelidir.

**KAYNAKLAR**

- Bhushan R, Kumar R, 2009. Enantioresolution of DL-Penicillamine. *Biomedical Chromatography*, 24: 66-82.
- Björck L, Claesson O, 1980. Correlation Between the Concentration of Hypothiocyanate and Antibacterial Effect of the Lactoperoxidase System Against Escherichia Coli. *Journal of Dairy Science*, 63: 919-922.
- 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): 248-251.
- Budimir A, 2011. Metal İons, Alzheimer's Disease and Chelation Therapy, *Acta Pharmaceutica*, 61: 1-14.
- Chipiso K, Duc T, Simoyi RH, 2019. Kinetics and Mechanism of Oxidation of N-Acetyl-D-Penicillamine in Acidified Iodate and Aqueous Iodine. *South African Journal of Chemistry*, 72: 1-9.
- Colas C, Ku JM, Ortiz De Montellano PR, 2002. Asp-225 And Glu-375 in Autocatalytic Attachment of the Prosthetic Heme Group of Lactoperoxidase. *Journal of Biological Chemistry*, 277: 7191-7200.
- Gooneratne SR, Christensen DA, 1997. Effect of Chelating Agents on the Excretion of Copper, Zinc and İron in the Bile and Urine of Sheep. *Veterinary Journal*, 153: 171-178.
- Jaffe IA, 1983. Penicillamine: An Anti-Rheumatoid Drug. *American Journal of Medicine*, 75: 63-68.
- Kalın R, Atasever A, Özdemir H, 2014. The Single-Step Purification of Peroxidase by 4-Aminobenzohydrazide from Turkish Blackradish (*Raphanus Sativus L.*) and Turnip (*Brassica Rapa L.*) Roots. *Food Chemistry*, 150: 335-340.
- Kark RAP, Poskanze DC, Bullock JB, Boylen G, 1971. Mercury Poisoning and its Treatment with N-Acetyl-D,L-Penicillamine, *The New England Journal of Medicine*, 285: 10-14.
- Köksal Z, 2019. Inhibition Effects of Selected Thiophene-2-Sulfonamides on Lactoperoxidase. *Drug and Chemical Toxicology*, In Press. DOI: 10.1080/01480545.2019.1600532.
- Köksal Z, Alım Z, Beydemir Ş, Özdemir H, (2016b). Potent Inhibitory Effects of Some Phenolic Acids on Lactoperoxidase. *Journal of Biochemical and Molecular Toxicology*, 30 (11): 533-538.
- Köksal Z, Kalın R, Camadan Y, Usanmaz H, Almaz Z, Gülçin İ, Gökçen T, Gören AC, Özdemir H, 2017a. Secondary Sulfonamides as Effective Lactoperoxidase Inhibitors. *Molecules*: 22: 793-802.
- Köksal Z, Kalın R, Gerni S, Gülçin İ, Özdemir H, 2017b. The Inhibition Effects of Some Natural Products on Lactoperoxidase Purified from Bovine Milk. *Journal of Biochemical and Molecular Toxicology*, 31 (9): E21939.
- Köksal Z, Kalın R, Gülçin İ, Özdemir H, Atasever A, 2016a. The Impact of Some Avermectins on Lactoperoxidase in Bovine Milk. *International Journal of Food Properties*, 19 (6): 1207-1216.
- Kussendrager KD, Van Hooijdonk ACM, 2000. Lactoperoxidase: Physico-Chemical Properties, Occurrence, Mechanism of Action and Applications. *British Journal of Nutrition*, 84 (1): 19-25.
- Laemmli DK, 1970. Cleavage of Structural Proteins During in Assembly of the Head of Bacteriophage T4. *Nature*, 227: 680-683.
- Leroy EC, Trojanowska M, Smith EA, 1991. The Pathogenesis of Scleroderma (Systemic Sclerosis, Ssc). *Clinical and Experimental Rheumatology*, 9: 173-177.
- Munro R, Capell HA, 1997. Disease-Modifying Drugs Series: Penicillamine. *British Journal of Rheumatology*, 36 (1): 104-109.
- Özdemir H, Aygül İ, Küfrevioğlu Öİ, 2001. Purification of Lactoperoxidase From Bovine Milk And Investigation of the Kinetic Properties. *Preparative Biochemistry & Biotechnology*, 31: 125-134.
- Özdemir H, Uguz MT, 2005. *In Vitro* Effects of Some Anaesthetic Drugs on Lactoperoxidase Enzyme Activity. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 20: 491-495.
- Phelps DL, Lakatos L, Watts JL, 2001. Penicillamine for Preventing Retinopathy of Prematurity in Preterm İnfants. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 9: 1-26.
- Reiter B, 1978. Review of the Progress of Dairy Science: Antimicrobial Systems in Milk. *Journal of Dairy Research*, 45: 131-147.

- Sarikaya SBO, Şişecioglu M, Çankaya M, Gülçin İ, Ozdemir H, 2015. Inhibition Profile of A Series of Phenolic Acids on Bovine Lactoperoxidase Enzyme. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 30(3): 479-483.
- Seifu E, Buys EM, Donkin EF, 2005. Significance of the Lactoperoxidase System in The Dairy Industry and its Potential Applications: A Review. *Trends in Food Science & Technology*, 16: 137-154.
- Shindler JS, Bardsley W, 1975. Steady-State Kinetics of Lactoperoxidase With ABTS as Chromogens. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 67: 1307-1312.
- Stephens AD, 1989. Cystinuria and Its Treatment: 25 Years Experience At St. Bartholomew's Hospital. *Journal of Inherited Metabolic Disease*, 12: 197-209.
- Şişecioglu M, Çankaya M, Gülçin İ, Özdemir H, 2009b. The İnhibitory Effect of Propofol on Lactoperoxidase. *Protein and Peptide Letters*, 16: 46-49.
- Şişecioglu M, Çankaya M, Gülçin İ, Özdemir H, 2010a. Interactions of Melatonin and Serotonin to Lactoperoxidase Enzyme. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 25 (6): 7797-83.
- Şişecioglu M, Çankaya M, Özdemir H, 2009a. Effects of Some Vitamins on Lactoperoxidase Enzyme Activity. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 79 (3): 188-194.
- Şişecioglu M, Gülçin İ, Çankaya M, Atasever A, Özdemir H, 2010b. The Effects of Norepinephrine on Lactoperoxidase Enzyme (LPO) . *Scientific Research and Essays*, 5 (11): 1351-1356.
- Şişecioglu M, Gülçin İ, Çankaya M, Özdemir H, 2012. The İnhibitory Effects of L-Adrenaline on Lactoperoxidase Enzyme Purified from Bovine Milk. *International Journal of Food Properties*, 15 (6): 1190-1199.
- Şişecioglu M, Uğuz MT, Çankaya M, Özdemir H, Gülçin İ, 2011. Effects of Ceftriaxime Pentahydrate, Prednisolone, Amikacin Sulfate, Ceftriaxone Sodium and Teicoplanin on Bovine Milk Lactoperoxidase Activity. *International Journal of Pharmacology*, 7: 79-83.
- Walshe JM, 1956. Penicillamine, A New Oral Therapy for Wilson's Disease. *American Journal of Medicine*, 21: 487-495.
- Wolfson LM, Sumner SS, 1993. Antibacterial Activity of the Lactoperoxidase System: A Review. *Journal of Food Protection*, 56: 887-892.

**Poli( $\epsilon$ -kaprolakton)-*b*-poli(akrilamid) blok kopolimerlerinin sentezi ve karakterizasyonu**Melahat GÖKTAŞ\*<sup>1</sup>, Cengiz AYKAÇ<sup>1</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada, poli( $\epsilon$ -kaprolakton)-*b*-poli(akrilamid) blok kopolimerleri tersinir katımlı/ayrışmalı zincir transfer (RAFT) ve halka açılma polimerizasyon yöntemleri ile tek basamak üzerinden sentezlendi. Bunun için hem halka açılma polimerizasyonuna hem de tersinir katımlı/ayrışmalı zincir transfer polimerizasyonuna aynı anda ve tek basamakta olanak sağlayan, iki fonksiyonlu 2-(2-kloro etoksi) etanol) başlatıcısı ile potasyum etil ksantat reaksiyona sokularak iki kollu RAFT-ROP başlatıcısı sentezlendi. Elde edilen bu RAFT-ROP başlatıcısı kullanılarak poli(CL-*b*-AAM) blok kopolimerleri monomer miktarı değiştirilerek sentezlendi. Blok kopolimerlerin blok uzunlukları <sup>1</sup>H-NMR yardımıyla hesaplandı. Sentezlenen blok kopolimerlerin blok uzunlukları monomer konsantrasyonunun değiştirilmesiyle ayarlanabilmektedir. Blok kopolimerler <sup>1</sup>H-NMR, FT-IR, DSC ve SEM teknikleri kullanılarak karakterize edildi.

**Anahtar Kelimeler:**  $\epsilon$ -kaprolakton, akrilamid, tersinir katımlı/ayrışmalı zincir transfer (RAFT) polimerizasyonu, halka-açılma polimerizasyon (ROP), blok kopolimer.

**Synthesis and characterization of poly( $\epsilon$ -caprolactone)-*b*-poly(acrylamide) block copolymers**

**ABSTRACT:** In this study, poly(acrylamide-*b*- $\epsilon$ -caprolactone) block copolymers were synthesized by a combination of reversible addition-fragmentation chain transfer (RAFT) polymerization and ring-opening polymerization (ROP) methods using a chain-transfer agent (RAFT-ROP initiator) which was obtained via the reaction of 2-(2-Chloroethoxy)ethanol with the potassium salt of ethyl xanthogenate. The block length of the block copolymers could be adjusted by changing monomer concentrations. The characterization of the products was achieved using <sup>1</sup>H-NMR, FT-IR, DSC and SEM techniques.

**Keywords:**  $\epsilon$ -caprolactone, acrylamide, reversible addition-fragmentation chain transfer (RAFT) polymerization, ring-opening polymerization (ROP), block copolymers.

<sup>1</sup>Melahat GÖKTAŞ (Orcid ID: 0000-0002-7645-8291), Cengiz AYKAÇ (Orcid ID: 0000-0002-1510-6663), Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitim Bölümü, Van, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Melahat GÖKTAŞ, e-mail: melahat\_36@hotmail.com

Bu çalışma özgün olup, 28-29 Haziran 2019 tarihinde Ankara'da düzenlenen 2nd International Eurasian Conference on Biological and Chemical Sciences (EurasianBioChem 2019) Kongresinde sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

## GİRİŞ

Bu güne kadar blok kopolimerlerin sentezi genellikle iyonik polimerizasyon yoluyla yapılmıştır. Fakat iyonik polimerizasyon sıkı şartlar gerektirir ve monomer sayısı nispeten sınırlıdır. Bu dezavantajların üstesinden gelmek için, kontrollü (yaşayan) serbest radikal polimerizasyonun araştırılması son yıllarda önemli şekilde artmıştır. İyonik yaşayan polimerizasyon teknikleri üzerinde yapılan yoğun çalışmalardan sonra, yaşayan polimerizasyon tekniklerinin karakteristik özelliklerini gösterebilen serbest radikal polimerizasyonlarını geliştirmek şu anda daha çok öneme sahip olmuştur Wang ve ark. (1995), Chiefari, Chong ve ark. (1998), Mishra, Choi ve ark. (2018), Matyjaszewski, (2018). Bu araştırmaların yoğun bir şekilde odaklandığı ve yakın zamanda birçok araştırma grubunun çalıştığı yaşayan-kontrollü radikal polimerizasyon teknikleri: Nitroksit aracılığı ile polimerizasyon (NMP), atom transfer radikal polimerizasyonu (ATRP) ve tersinir katımlı/ayırışmalı zincir transfer polimerizasyonu (RAFT) başlıkları altında toplanabilir. Son yıllarda, diğer popüler yöntemlere göre birçok avantajı olan ve farklı teknikleri bir arada kullanarak gerçekleştirilen RAFT-ROP Öztürk, Göktaş ve ark. (2011), Öztürk, Kaygın ve ark. (2016a), Göktaş ve ark. (2019), ATRP-ROP Öztürk, Yavuz ve ark. (2016b), Redoks polimerizasyonu-ATRP Göktaş ve ark. (2018), Göktaş, (2019a) yöntemleriyle blok kopolimer sentezinde başarılı olunmuştur. Aynı anda veya ayrı basamaklar üzerinden iki dönüşümün uygulanabilirliğinden dolayı, yan reaksiyonlara neden olan homo polimerizasyonu minimize eder. Farklı polimerizasyon tekniklerinin birleştirilmesiyle blok ve graft kopolimer için ilgi çeken bir yöntem olmalıdır çünkü bir polimer zincirinde birden fazla monomerin bulunması böyle farklı tekniklerin birleştirilmesiyle olmuştur Göktaş, (2019b), Göktaş, Öztürk ve ark. (2014), Öztürk, Göktaş ve ark. (2010). Yeni polimerler çeşitli bileşim ve mimarileriyle şaşırtıcı özelliklere sahip olabilirler. Blok kopolimerlerin sentezi zincirin fonksiyonel grupları ile polimerlerin bağlanmasına dayanan geleneksel radikal polimerizasyonu ile sona erer. Bu strateji etkili ve başarılı olmasına rağmen elde edilen polimerin molekül ağırlığını ve mimarisini kontrol etmek zordu. Bu problemi çözmek için Kontrollü Radikal Polimerizasyon teknikleri hızlı bir şekilde geliştirildi Hazer, Arslan ve ark. (2019), Öztürk, Atalar ve ark. (2013), Göktaş, (2019c).

Kopolimerizasyon, polimer özelliklerinde sistematik değişikliklerin yapılması için en başarılı ve güçlü yöntemdir. Çünkü kopolimerizasyon, aynı polimer molekülünde değişen oranlarda farklı fiziksel ve/veya kimyasal özelliklere sahip iki monomerin birleşmesi sonucu, bilimsel ve ticari öneme sahip yeni malzemelerin oluşumuna yol açar Guimaraes, ve ark. (2019), Chong, Krstina ve ark. (2003). Son yıllarda, kopolimerizasyon reaksiyonları sonucu elde edilen ve farklı fonksiyonel zincirlere sahip olan blok ve graft polimerleri gibi iyi tanımlanmış kopolimerler polimer kimyası alanında büyük ilgi çekmektedir Çakmak, Öztürk ve ark. (2017), Kartal, Yildiko ve ark (2014).

Bu çalışmada, kontrollü radikal polimerizasyon tekniklerinden biri olan tersinir katımlı/ayırışmalı zincir transfer (RAFT) polimerizasyonu ve halka-açılma polimerizasyon (ROP) yöntemleri tek basamakta blok kopolimerler sentezlendi. Bu amaç için, hem RAFT hemde ROP polimerizasyonu için uygun olan çift fonksiyonlu 2-(2-kloro etoksi) etanol başlatıcısı ile potasyum etil ksantat reaksiyona sokularak iki kollu RAFT-ROP başlatıcısı sentezlendi. Elde edilen iki kollu RAFT-ROP başlatıcısı varlığında bir laktonun ( $\epsilon$ -kaprolakton) ROP ve bir vinil monomer olan akrilamid'in RAFT polimerizasyonu aynı anda ve tek basamakta gerçekleştirilerek poli( $\epsilon$ -kaprolakton)-*b*-poli(akrilamid) [P(AAm-*b*-CL)] blok kopolimerleri sentezlendi ve değerlendirildi.



## MATERYAL VE YÖNTEM

### Kimyasallar

2-(2-kloro etoksi) etanol), *N,N*-dimetilformamid (DMF), Potasyum etil ksantat ve Tetrahidrofuran (THF) Aldrich ürünü idi. Akrlamid,  $\epsilon$ -kaprolakton ve dibutyltin dilaurate (DBDTL) ve Metanol Merck ürünü idi alındığı gibi kullanıldı. 2,2'-azobisisobutironitril (AIBN), Aldrich ürünü olup, saflaştırma işleminden geçirilmeden kullanıldı. Petrol eteri ve Dietil eter, Carlo Erba A.G. ürünü idi.

### İki Kollu RAFT-ROP Başlatıcısının Sentezi

250 ml'lik bir cam balondaki 50 mL THF içerisinde 6.00 g 2-(2-kloro etoksi) etanol) ile 10.00 g potasyum etil ksantat 25 °C'de üç gün magnetik karıştırıcı üzerinde muamele edildi. Bu süre sonunda karışımdaki çözücü rotari evaporator yardımıyla uzaklaştırıldı ve balon muhteviyatı dietil eter, petrol eteri (1:1) çöktürülerek süzüldü. Böylece elde edilen RAFT-ROP ajanı saflaştırılmak için toluende çözüldü. Çözelti süzülerek reaksiyona girmeyen potasyum etil ksantat uzaklaştırıldı. Daha sonra elde edilen süzüntü tekrar dietil eterde çöktürüldü. Dekande işleminden sonra ürün oda sıcaklığında vakum etüvünde kurutuldu ve tartıldı.

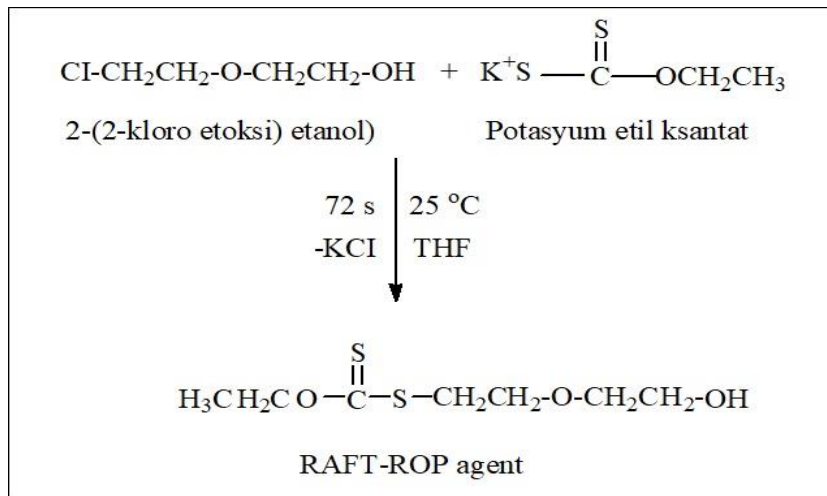
### Aynı Anda Tek Basamakta Poli (AAm-*b*-CL) Blok Kopolimerlerin Sentezi

RAFT ve ROP mekanizmasına uygun olarak belirli miktarlardaki, akrilamid (AAm), 2,2'-azobisisobutironitril (AIBN), RAFT-ROP ajanı,  $\epsilon$ -kaprolakton (CL), dibutyltin dilaurate (DBDTL) [CL'nun 90 °C'de halka açılmasını sağlamak için gerekli katalizör] ve çözücü olarak DMF bir Schelenk tübe koyularak homojen çözelti oluşumu sağlandı. Daha sonra içerisinde argon gazı geçirildi. Bu sayede ortamın inert olması sağlandı. Tüpün ağzı kapatıldıktan sonra tüp 90 °C sıcaklıktaki silikon yağ banyosuna yerleştirilerek polimerizasyonun yapılması sağlandı. Polimerizasyon sonunda tüp içeriği 10 katı metanol içerisine dökülecek ve poli (AAm-*b*-CL) blok kopolimerler çöktürüldü. Dekante işleminden sonra blok kopolimerlerin oda sıcaklığında kuruması sağlandı.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

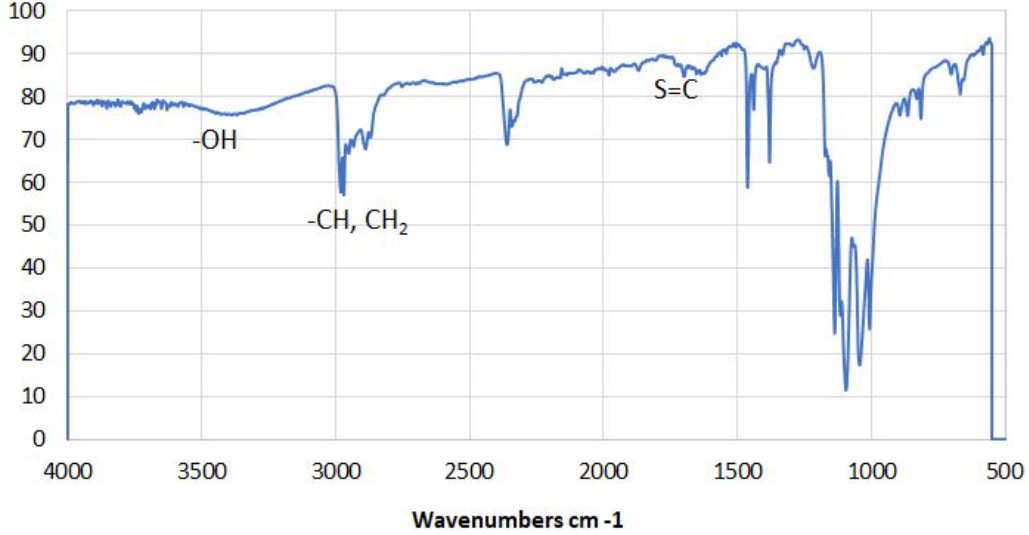
### İki Kollu RAFT-ROP Başlatıcısının Sentezi

İki kollu RAFT-ROP başlatıcısı 2-(2-kloro etoksi) etanol) ve potasyum etil ksantat'ın reaksiyonu ile elde edildi ve verim % 45.73 olarak bulundu. RAFT-ROP başlatıcısının kimyasal sentez mekanizması Şema 1'de gösterildi.

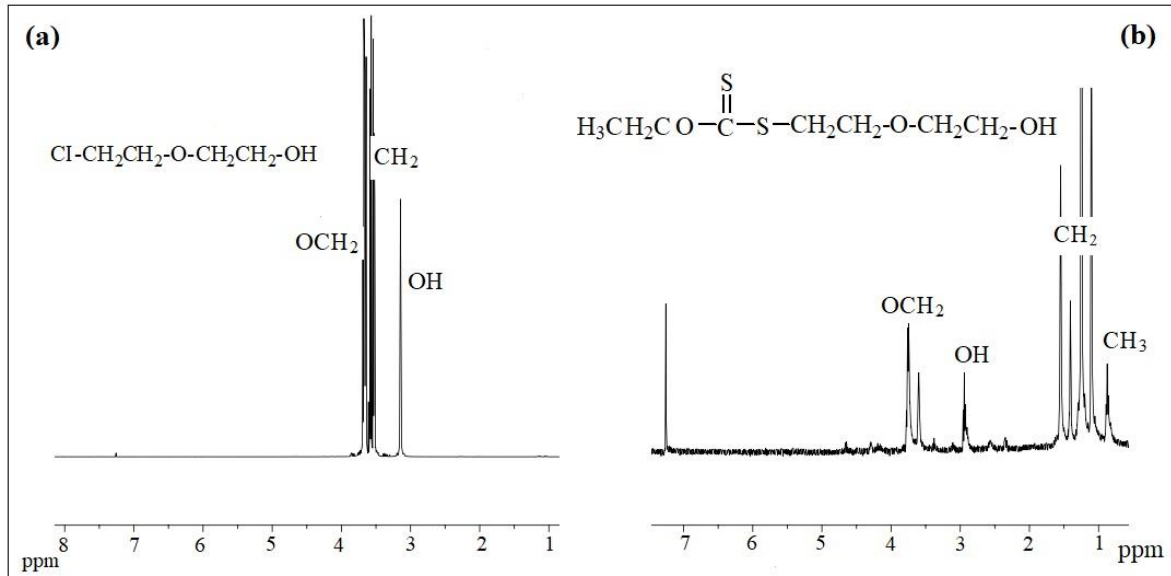


Şema 1: İki kollu RAFT-ROP başlatıcısının kimyasal sentez reaksiyonu.

İki kollu RAFT-ROP başlatıcısı, FT-IR (infrared spektroskopisi) ve  $^1\text{H-NMR}$  (proton ve nükleer magnetik rezonans spektroskopisi) ile karakterize edildi. Şekil 1’de gösterilen RAFT-ROP başlatıcısının FT-IR spektrumuna göre;  $3540\text{ cm}^{-1}$  –OH grubunun,  $2900\text{ cm}^{-1}$  –CH, –CH<sub>2</sub> grubunun,  $1600\text{ cm}^{-1}$  –C=S grubunun pikleri görülmektedir.



Şekil 1. İki kollu RAFT-ROP başlatıcısı FT-IR spektrumu.

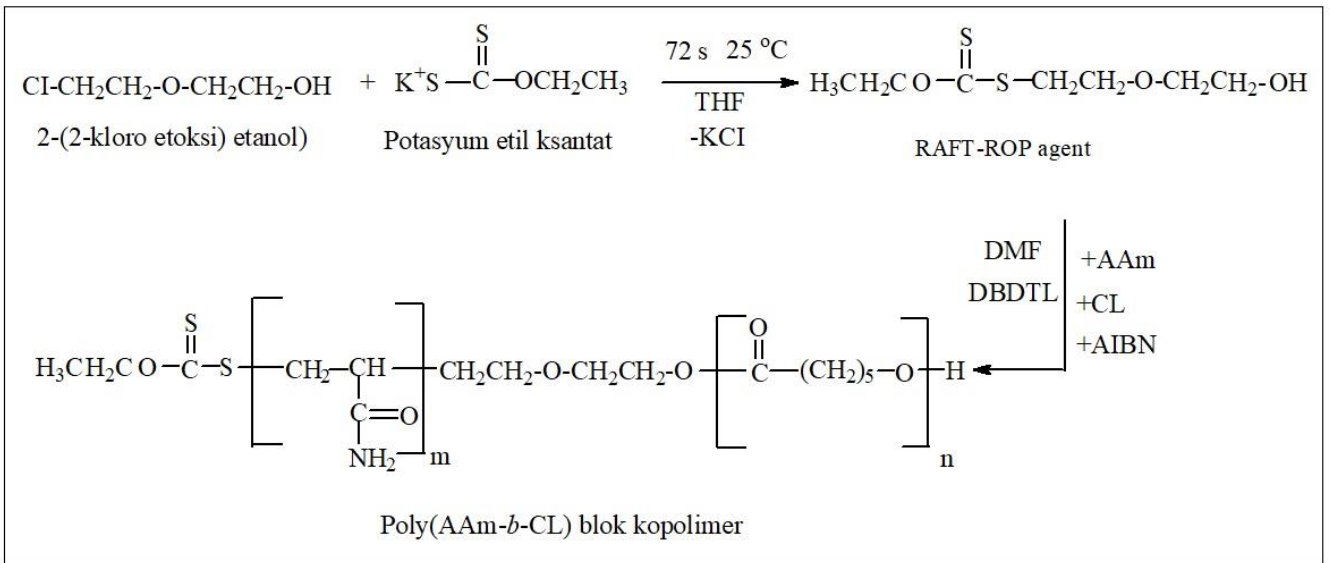


Şekil 2. 2-(2-kloro etoksi) etanol (a), İki kollu RAFT-ROP başlatıcısı (b)  $^1\text{H-NMR}$  spektrumu.

Şekil 2a’da gösterilen 2-(2-kloro etoksi) etanol)  $^1\text{H-NMR}$  spektrumuna göre; 3.1 ppm’de –OH protonlarının, 3.5 ppm’de –CH<sub>2</sub> protonlarının, 3.5 ppm’de –OCH<sub>2</sub> protonlarının pikleri görülmektedir. Şekil 2b’de gösterilen RAFT-ROP başlatıcısının  $^1\text{H-NMR}$  spektrumuna göre ise; 0.8 ppm’de etil ksantat grubunun –CH<sub>3</sub> protonlarının, 1.1-1.5 ppm’de 2-(2-kloro etoksi) etanol ve ksantat grubuna ait –CH<sub>2</sub> protonlarının, 3.7 ppm’de 2-(2-kloro etoksi) etanol ve ksantat grubunun –OCH<sub>2</sub> protonlarının pikleri görülmektedir.

**Aynı Anda Tek Basamakta Poli (AAM-*b*-CL) Blok Kopolimerlerin Sentezi**

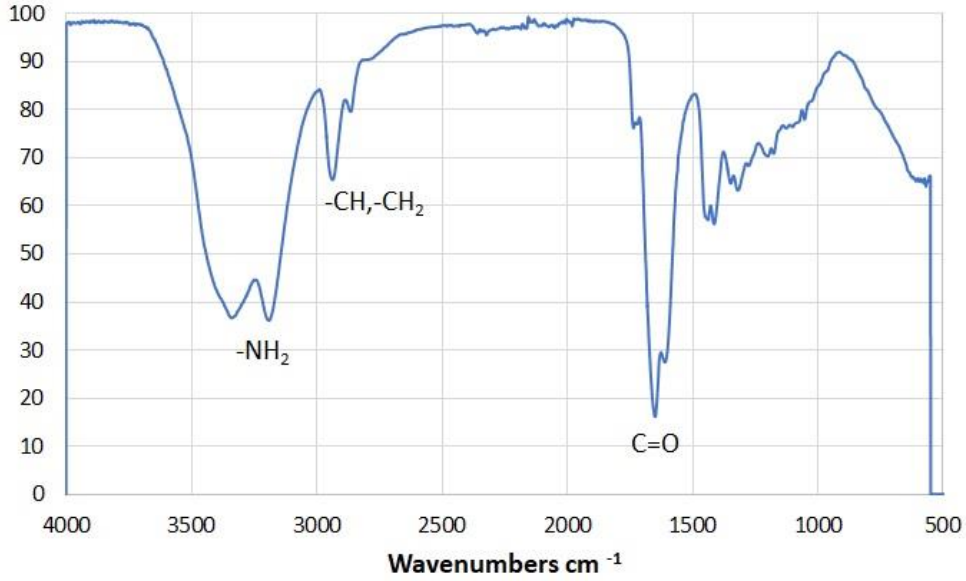
Bir vinil monomerin RAFT ve laktonun ROP polimerizasyonları RAFT-ROP başlatıcısının varlığında aynı anda ve tek basamakta gerçekleştirilerek poli(AAM-*b*-CL) blok kopolimerleri sentezlendi. Bu polimerizasyon ROP için hidroksil grubu, RAFT için tiokarbonat olmak üzere iki aktif merkez üzerinden aynı anda ve tek basamakta gerçekleştirildi. RAFT polimerizasyonu ile akrilamidin, ROP polimerizasyonu ile de  $\epsilon$ -kaprolaktonun polimerizasyonundan poli( $\epsilon$ -kaprolakton)-*b*-poli(akrilamid) blok kopolimerleri sentezlendi. Kopolimerizasyonun sonuçları Tablo 1'de gösterildi. RAFT-ROP başlatıcısı varlığında monomer miktarının artırılması ile yapılan kopolimerizasyonda polimer verimi ve kütlece yüzde dönüşümü nispeten artış gösterdi (Tablo 1). Elde edilen polimerlerin ağırlığından monomerlerin yüzde dönüşümleri hesaplandı. Monomerlerin yüzde dönüşümleri % 20.75 ve %52.97 arasında bulundu (Tablo 1). Tek basamakta yapılan kopolimerizasyona ait kimyasal sentez mekanizması Şema 2'de gösterildi.



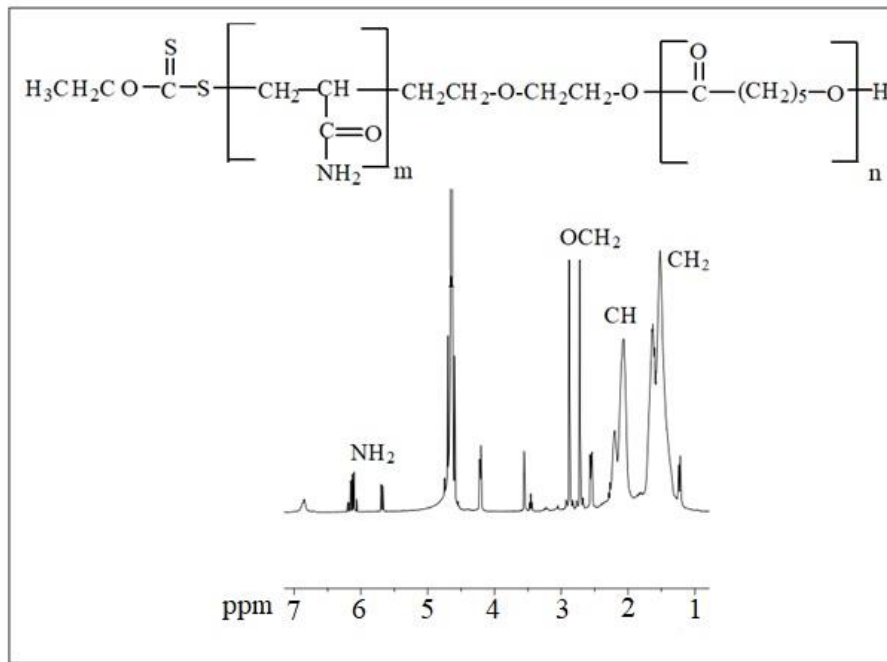
**Şema 2:** Poli (AAM-*b*-CL) blok kopolimerlerinin kimyasal sentez mekanizması.

Poli( $\epsilon$ -kaprolakton)-*b*-poli(akrilamid) blok kopolimerleri, FT-IR (infrared spektroskopisi) ve  $^1\text{H}$ -NMR (proton ve nükleer magnetik rezonans spektroskopisi) ile karakterize edildi. Polimerlerin termal analizi, diferansiyel taramalı kalorimetri (DSC), Ayrıca elde edilen polimerlerin yüzey morfolojileri taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile alındı. Şekil 3'te gösterilen poli (AAM-*b*-CL) blok kopolimerlerinin FT-IR spektrumuna göre; 3339-3191  $\text{cm}^{-1}$   $-\text{NH}_2$  grubunun, 2936  $\text{cm}^{-1}$   $-\text{CH}$ ,  $-\text{CH}_2$  grubunun, 1700  $\text{cm}^{-1}$   $-\text{C}=\text{O}$  grubunun pikleri görülmektedir. Şekil 4'te gösterilen poli(AAM-*b*-CL) blok kopolimerlerinin  $^1\text{H}$ -NMR spektrumuna göre; 1.5-1.6 ppm'de PAAM ve PCL bloklarının  $-\text{CH}_2$  protonlarının, 2.0-2.2 ppm'de PAAM bloğunun  $-\text{CH}$  protonlarının, 2.6-2.7 ppm'de PCL bloğunun  $-\text{OCH}_2$  protonlarının, 6.1 ppm'de PAAM bloğunun  $-\text{NH}_2$  protonlarının pikleri görülmektedir.

Blok kopolimerlerin Şekil 4'teki  $^1\text{H}$ -NMR spektrumları kullanılarak blok uzunlukları hesaplandı ve Tablo 1'de Poly-AAM/Poly-CL (Poli (AAM-*b*-CL) blok kopolimerlerinin) blok uzunluğu oranları verilmiştir. Blok uzunlukları poli-AAM'nun  $-\text{NH}_2$  ( $\delta$ :6.1 ppm) ve poli-CL'nun  $-\text{OCH}_2$  ( $\delta$ :2.7 ppm) piklerinin integral oranları kullanılarak hesaplandı.



Şekil 3. Poli (AAm-*b*-CL) blok kopolimerlerinin FT-IR spektrumu.

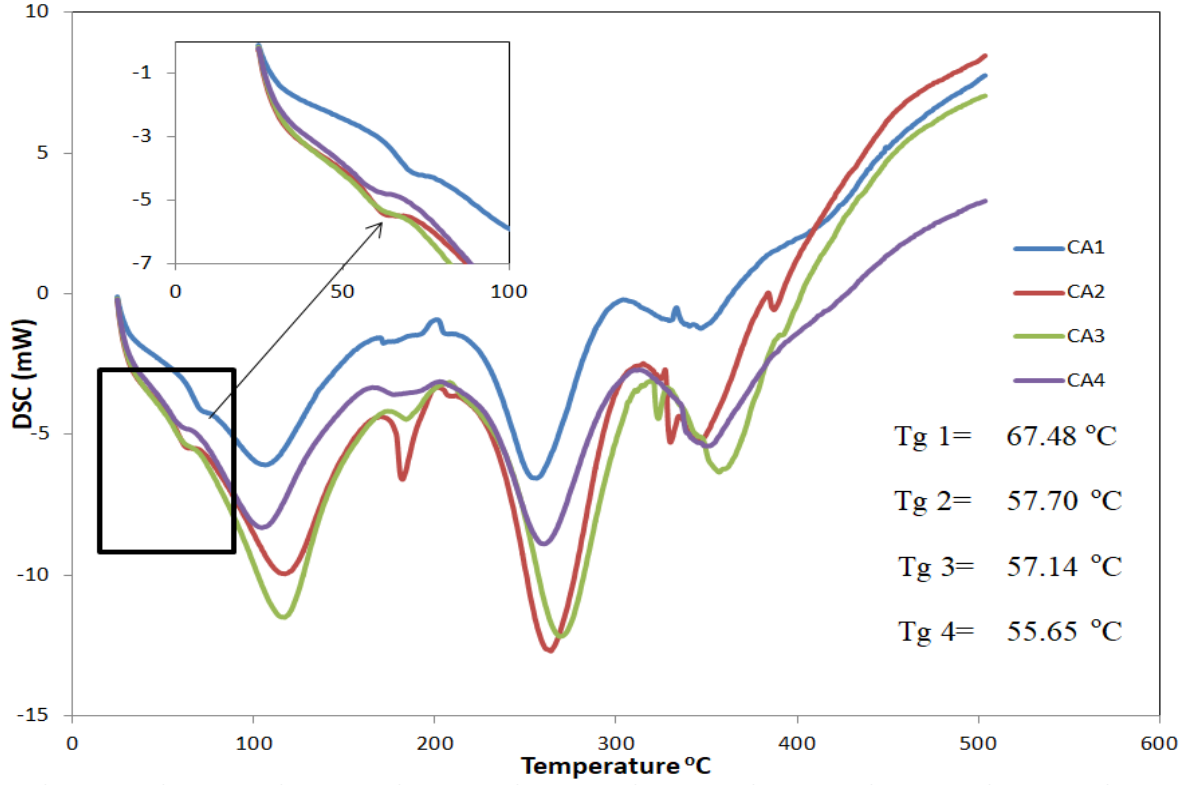


Şekil 4. Poli (AAm-*b*-CL) blok kopolimerlerinin <sup>1</sup>H-NMR spektrumu.

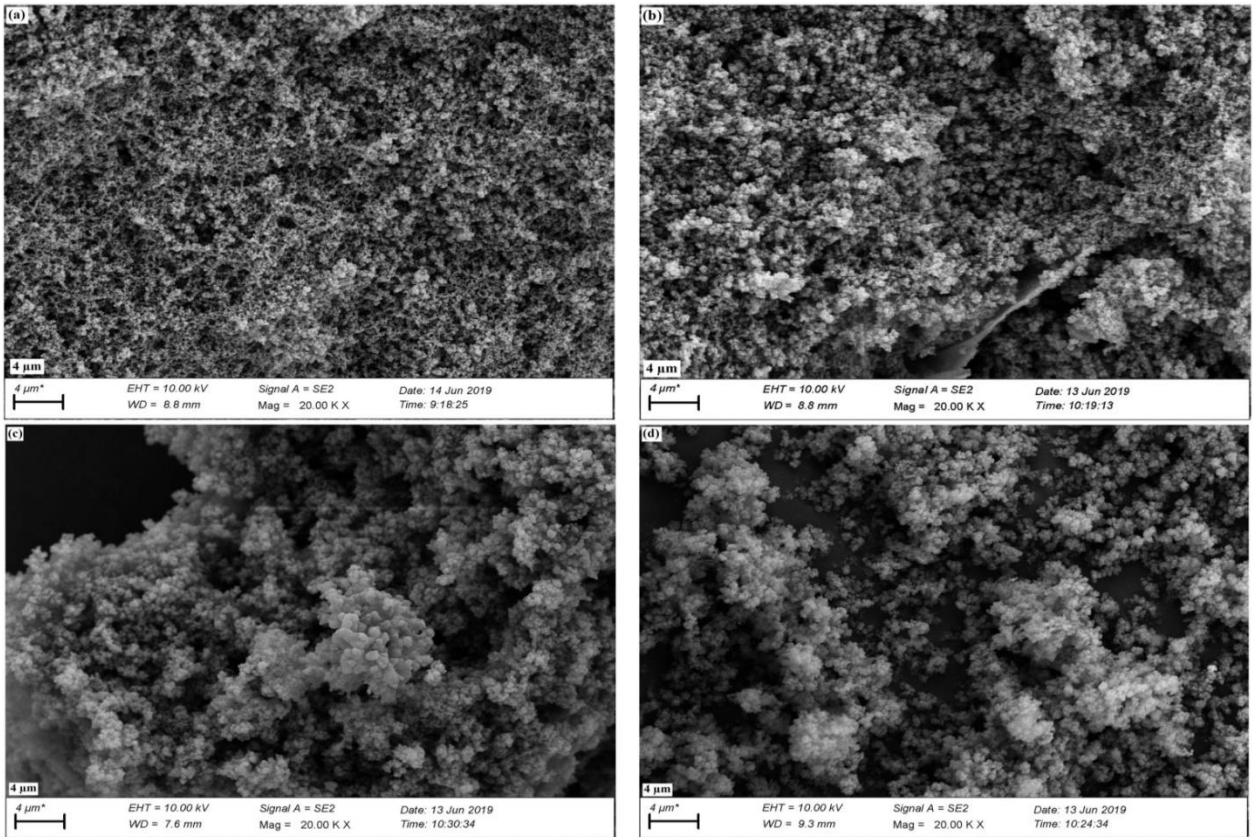
Poli (AAm-*b*-CL) blok kopolimerlerinin termal analizi DSC eğrileri alınarak yapıldı. Bütün polimer örnekleri camı geçiş sıcaklığı gösterdi. DSC diyagramları ikinci ısıtma eğrilerinden elde edilmiştir. Blok kopolimerlerin (CA-1, CA-2, CA-3, CA-4) T<sub>g</sub> değerleri sırası ile 67.48 °C, 57.70 °C, 57.14 °C, 55.65 °C (Şekil 5) olarak bulundu. Bütün polimer örnekleri için, tek bir camı geçiş sıcaklığı gözlemlendi.

Poli(AAm-*b*-CL) blok kopolimerlerinin yüzey morfolojilerini gösteren SEM mikrofilmleri Şekil 6'da verildi. Poli (AAm-*b*-CL) blok kopolimerlerinin SEM mikrofilmlerine göre blok kopolimerlerin homojenizasyonu iyiydi. Poli(AAm-*b*-CL) blok kopolimerlerinin SEM mikrofilmleri pürüzsüz bir yüzeye sahip ve sürekli bir faz oluşturmaktadır.





Şekil 5. Poli (AAM-*b*-CL) blok kopolimerlerinin DSC eğrileri (CA serisi).



Şekil 6. CA-1 (a), CA-2 (b), CA-3 (c), CA-4 (d), poli(AAM-*b*-CL) blok kopolimerlerinin SEM görüntüleri.



**Tablo 1.** Tek basamaklı kopolimerizasyon üzerine monomer miktarının etkisi.

Kod	RAFT-ROP agent (g)	AAm (g)	CL (g)	Verim (g)	Dönüşüm (%)	Poly-AAm/poly-CL blok oranı (mol/mol)
CA-1	0.066	0.50	1.50	0.4287	20.75	0.36/0.57
CA-2	0.066	0.75	1.50	0.7260	31.32	0.36/0.62
CA-3	0.061	1.00	1.50	1.3593	52.97	0.36/0.48
CA-4	0.061	1.25	1.50	1.300	46.16	0.56/0.54

AIBN = 0.05 g ; DBTDL =  $6.32 \times 10^{-4}$  g ( $1.00 \times 10^{-6}$  mol); polym. sıcaklığı= 90 °C; DMF= 3 mL; Süre: 50 dk.

## SONUÇ

Bu çalışmada bir RAFT-ROP makro başlatıcı kullanılarak aynı anda AAm'in RAFT ve CL'un halka açılması polimerizasyonu (ROP) gerçekleştirilerek blok kopolimer sentezi yapıldı. Bu amaçla 2-(2-kloro etoksi) etanol ve potasyum etil ksantogenat reaksiyona sokularak yeni bir RAFT-ROP ajanı sentezlendi. Elde edilen bu RAFT-ROP ajanı kullanılarak poli(AAm-*b*-CL) blok kopolimerleri monomer miktarı değiştirilerek sentezlendi. Sentezlenen blok kopolimerlerin blok uzunlukları monomer konsantrasyonunun değiştirilmesiyle ayarlanabilmektedir. PCL iyi biyouyumluluğu ve bozunabilirliği ile hidrofobik bir poliesterdir. Poli( $\epsilon$ -kaprolakton) potansiyel uygulama nedeniyle araştırmacılar büyük ilgi çekmektedir ve biyolojik olarak parçalanabilen alifatik poliesterdir. Akrilamid suda çözünen bir monomer olduğundan biyobozunur özelliği ile büyük ilgi çekmektedir. Son yıllarda, diğer popüler yöntemlere göre birçok avantajı olan ve farklı teknikleri bir arada kullanarak tek basamakta ve aynı anda gerçekleştirilen RAFT ve ROP yöntemleriyle blok kopolimer sentezinde başarılı olunmuştur. Böyle farklı teknikler sayesinde aynı polimer zincirinde farklı monomer bloklarının birarada olması polimer kimyası ve polimer teknolojisi açısından büyük ömen taşımaktadır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından "FBA-2019-7880" kodlu proje ile desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Chiefari J, Chong YK, Ercole F, Krstina J, Jeffery J, Le TPT, Mayadunne RTA, Meijs GF, Moad CL, Moad E, Rizzardo E, Thang SH. 1998. Living Free-Radical Polymerization by Reversible Addition-Fragmentation Chain Transfer: The RAFT Process. *Macromolecules*, 16: 5559-5562.
- Chong YK Krstina J, Le TPT, Moad G, Postma A, Rizzardo E, Thang SH. 2003. Thiocarbonylthio compounds [S=C(Ph)S-R] in free radical polymerization with reversible addition-fragmentation chain transfer (RAFT polymerization). Role of the free-radical leaving group (R). *Macromolecules*, 36: 2256-2272.
- Çakmak İ, Öztürk T, Yıldıkı Ü, Yörük A, 2017. Synthesis of Poly[ $\epsilon$ -caprolacton-*b* epichlorohydrin-*b*- $\epsilon$ -caprolactone]-*g*-poly(styrene) Block-Graft Copolymers via Cationic Ring Opening and Atom Transfer Radical Polymerization. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 73: 161-169
- Göktaş M. 2019a. Synthesis and characterization of various block copolymers using PMMA-Br macroinitiator. *Chemical Papers*, 73: 2329-2339.
- Göktaş M. 2019b. Synthesis and characterization of poly (styrene-*b*-methyl methacrylate) block copolymers via ATRP and RAFT. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 9: 139-149.

- Göktaş M. 2019c. Copolymer Synthesis with Redox Polymerization and Free Radical Polymerization Systems. IntechOpen. Doi.org/10.5772/intechopen.88088
- Göktaş M, Deng G. 2018. Synthesis of Poly(methyl methacrylate)-*b*-poly(*N*-isopropylacrylamide) Block Copolymer by Redox Polymerization and Atom Transfer Radical Polymerization. Indonesian journal of chemistry, 18: 537–543.
- Göktaş M, Olgun B. 2019. One-step synthesis and characterization of poly( $\epsilon$ -caprolactone)-*b*-poly(*N*-isopropylacrylamide) thermo-responsive block copolymers via RAFT and ROP techniques. Polymer science series B, 61: 421–429.
- Göktaş M, Öztürk T, Atalar MN, Tekeş AT, Hazer B. 2014. One-Step Synthesis of Triblock Copolymers via Simultaneous Reversible-Addition Fragmentation Chain Transfer (RAFT) and Ring-Opening Polymerization Using a Novel Difunctional Macro-RAFT Agent Based on Polyethylene Glycol. Journal of Macromolecular Science Part A, 51: 854-863.
- Guimaraes TR, Khan M, Kuchel RP, Morrow IC, Minami H, Moad G, Perrier S, Zetterlund PB, 2019. Nano-Engineered Multiblock Copolymer Nanoparticles via Reversible Addition–Fragmentation Chain Transfer Emulsion Polymerization. Macromolecules, 52: 2965–2974.
- Hazer B, Arslan H, Senemoğlu Y, Şen Ş. 2019. Synthesis of block/graft copolymers based on vinyl benzyl chloride via reversible addition fragmentation chain transfer (RAFT) polymerization using the carboxylic acid functionalized Trithiocarbonate. Journal of polymer research, 26:101.
- Kartal B, Yildiko U, Ozturk S, Ata AC, Cakmak I, 2014. Study of Solution Polymerization of Styrene in the Presence of Poly(ethylene glycol)-RAFT Agents Possessing Benzoyl Xanthate Derivatives. Journal of Macromolecular Science Part A, 51(12): 990-98.
- Mishra AK, Choi C, Maiti S, Seo Y, Lee KS, Kim E, Kim JK, 2018. Sequential synthesis of well-defined poly(vinyl acetate) blockpolystyreneand poly(vinyl alcohol)-block-polystyrene copolymers using difunctional chloroamide-xanthate iniferter. Polymer, 139: 68-75.
- Matyjaszewski K, 2018. Ultrasonication-Induced Aqueous Atom Transfer Radical Polymerization. ACS Macro Letters, 7: 275–280.
- Öztürk T, Göktaş M, Hazer B. 2011. Synthesis and Characterization of Poly(methyl methacrylate-block-ethylene glycol-block-methyl methacrylate) Block Copolymers by Reversible Addition-Fragmentation Chain Transfer Polymerization. Journal of Macromolecular Science Part A, 48: 65-72.
- Öztürk T, Kaygın O, Göktaş M, Hazer B. 2016a. Synthesis and Characterization of Graft Copolymers Based on Polyepichlorohydrin via Reversible Addition-Fragmentation Chain Transfer Polymerization. Journal of Macromolecular Science Part A, 53: 362–367.
- Öztürk T, Yavuz M, Göktaş M, Hazer B. 2016b. One-step synthesis of triarm block copolymers by simultaneous atom transfer radical and ring-opening polymerization. Polymer bulletin, 73: 1497–1513.
- Öztürk T, Göktaş M, Hazer B. 2010. One-Step Synthesis of Triarm Block Copolymers via Simultaneous Reversible-Addition Fragmentation Chain Transfer and Ring-Opening Polymerization. Journal of applied polymer science, 117: 1638–1645.
- Öztürk T, Atalar MN, Göktaş M, Hazer B. 2013. One-Step Synthesis of Block Graft Copolymers via Simultaneous Reversible-Addition Fragmentation Chain Transfer and Ring-Opening Polymerization Using a Novel Macroinitiator. Journal of polymer science part A polymer chemistry, 51: 2651–2659.
- Wang JS, and Matyjaszewski K. 1995. Controlled/"Living" Radical Polymerization. Halogen Atom Transfer Radical Polymerization Promoted by a Cu(I)/Cu(II) Redox Process. Macromolecules, 28:7901-7910.

## Guaiakol Peroksidazın Soğan Köklerinden Afinite Kromatografisi ile Saflaştırılması

Aykut ÖZTEKİN<sup>1\*</sup>

**ÖZET:** Peroksidazlar, hidrojen peroksit varlığında çeşitli organik substratların oksidasyonunu katalizleyen ve yapılarında hem grubu bulunduran enzimlerdir. Özellikle bitki peroksidazları, endüstride, klinik tanıda, biyosensör yapımında ve organik sentez reaksiyonlarında sıklıkla kullanılır. Ticari değerleri nedeniyle bu enzimlerin farklı kaynaklarda tanımlanması ve saflaştırılması büyük öneme sahiptir. Bu çalışmada peroksidaz enzimi ilk kez aminobenzohydrazide tabanlı afinite kromatografi tekniği kullanılarak soğan köklerinden 37.7 verimle 750 kat saflaştırıldı. Saflaştırılan enzimin moleküler ağırlığını belirlemek için SDS-PAGE yapıldı ve 51.2 kDa'da tek bant gözlemlendi. Ayrıca enzimin guaiakol, ABTS ve pirogallol substratları için  $K_M$  değerleri sırasıyla 3.44, 0.46 ve 21.27 mM olarak hesaplandı.

**Anahtar Kelimeler:** Soğan (*Allium cepa*) kökü, peroksidaz, afinite kromatografisi, saflaştırma

## Separation of Guaiacol Peroxidase from Onion Roots with Affinity Chromatography

**ABSTRACT:** Peroxidases are enzymes that catalyze the oxidation of various organic substrates in the presence of hydrogen peroxide and contain heme group in their structure. In particular, plant peroxidases are frequently used in industry, clinical diagnosis, biosensor construction and organic synthesis reactions. Due to their commercial value, the identification and purification of these enzymes in different sources is of great importance. In this study, peroxidase enzyme was purified for the first time by using aminobenzohydrazide-based affinity chromatography technique from onion roots 750-fold with a yield of 37.7. SDS-PAGE was performed to determine the molecular weight of the purified enzyme and a single band was observed at 51.2 kDa. In addition,  $K_M$  values of the enzyme for guaiacol, ABTS and pyrogallol substrates were calculated as 3.44, 0.46 and 21.27 mM, respectively.

**Keywords:** Onion (*Allium cepa*) root, peroxidase, affinity chromatography, purification

<sup>1</sup> Aykut ÖZTEKİN (Orcid ID: 0000-0003-1418-179X), Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Ağrı, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Aykut ÖZTEKİN, e-mail: aoztekin@agri.edu.tr

Geliş tarihi / Received: 20-10-2019

Kabul tarihi / Accepted: 01-02-2020

## GİRİŞ

Enzimler stabil ve spesifik biyokatalizörlerdir. Son yıllarda çeşitli endüstriyel işlemlerde çevreye duyarlı biyoteknolojik yaklaşımlar olarak kullanımları yaygınlaşmaktadır. Bu sebeple, çeşitli süreçlerde kullanım potansiyeli olan enzimlerin ve enzim kaynaklarının belirlenmesi ekonomik ve çevresel öneme sahiptir (Pandey ve ark., 2017).

Oksidoredüktazlar sınıfına ait peroksidazlar (E.C. 1.11.1.7) yaygın olarak bitkilerde, hayvanlarda bakterilerde ve funguslarda bulunur (Oztekin, 2019). Bu enzimler çoğunlukla protoporfirin IX içeren hem grubu proteinlerdir ve moleküler ağırlıkları 30 kDa ila 150 kDa arasında değişmektedir (Regalado ve ark., 2004). Peroksidazlar hücre duvarı oluşumunda, oksin metabolizmasında, lignifikasyonda, reaktif oksijen türlerinin giderilmesinde, meyve olgunlaşmasında ve bitki savunma sisteminde önemli rol oynar (Passardi ve ark., 2005).

Peroksidazlar, güçlü oksidasyon-redüksiyon katalizörü olmalarından dolayı endüstriyel üretimde ve uygulamalarda kullanılan başlıca enzim gruplarından birini oluştururlar. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> varlığında birçok fenolik veya fenolik olmayan substratı okside edebilirler ve bu özelliklerinden dolayı da biyosensör yapımında (Jia et al., 2002), analitik kitlerde ve teşhis kitlerinde (Heller ve Vreeke, 1997; Agostini ve ark., 2002), fenolik bileşiklerin uzaklaştırılmasında (Tatsumi ve ark., 1996; Bhunia ve ark., 2001), organik polimerizasyon reaksiyonlarında (Liu ve ark., 1999), kağıt endüstrisinde (Pandey ve ark., 2017) ve endüstriyel boyaların zehirsizleştirilmesinde (Chivukula ve ark., 1995) sıklıkla kullanılmaktadır. Günümüze kadar, farklı endüstrilerde kullanım kapasitesine sahip olan peroksidaz enzimlerinin saflaştırılması ve karakterizasyonu için birçok çalışma yapılmıştır. Ağaç kavunundan (*Citrus medica*) (Mall ve ark., 2013), brokoliden (*Brassica oleracea* var. *Italica*) (Thongsook ve Barrett, 2005), kividenden (*Actinidia deliciosa*) (Soda ve ark., 1991), kaba limondan (*Citrus jambhiri*) (Mohamed ve ark., 2008), palmyeden (*Roystonea regia*) (Sakharov, 2001) ve maruldan (*Lactuca sativa* L.) (Hu ve ark., 2012) yapılan peroksidaz saflaştırmaları bu çalışmalara örnek olarak verilebilir.

Afinite kromatografisi özgüllük, tekrarlanabilirlik ve zaman tasarrufu açısından mevcut saflaştırma yöntemlerinin en etkilisidir. Çok aşamalı tekniklerle bile ayrılamayan birçok biyolojik materyal, bu yöntemle tek basamakta kolaylıkla ayrılabilir (Gu ve ark., 2003). Peroksidazların saflaştırılması için yeni afinite yöntemlerinin geliştirilmesi ve var olan afinite yöntemlerinin çeşitli peroksidazlar için optimize edilmesi, hem bu enzimlerin saf olarak eldesini kolaylaştırır, hem de maliyeti dikkate değer bir şekilde düşürür.

Önceki çalışmamızda Sefaroz 4B-L-Tirozin-4-amino 2-metoksi benzohidrazid afinite jeli bitki peroksidaz enzimlerinin saflaştırılması için yeni bir metot olarak sunuldu ve peroksidaz enzimleri turp türlerinden tek kademedede ve yüksek verimde saflaştırılması başarılı bir şekilde gerçekleştirildi (Oztekin ve ark., 2019).

Bu çalışmada ise, Sefaroz 4B-2-aminofenol-4-amino 2-metoksi benzohidrazid afinite jeli ilk kez sentezlendi ve yine ilk kez soğan kökü peroksidaz enzimi yüksek saflık ve verimle tek kademedede saflaştırıldı. Saflaştırılan enzimin çeşitli biyoproseslerde kullanım potansiyelinin belirlenebilmesi için moleküler ağırlığı, guaiakol, ABTS ve pirogallol substratları için K<sub>M</sub> afiniteleri ve V<sub>max</sub> değerleri hesaplandı. Ayrıca çalışmamızda uzantı kolu olarak tirozin yerine 2-aminofenol kullanılarak da etkili bir saflaştırma yapılabileceği gösterildi.

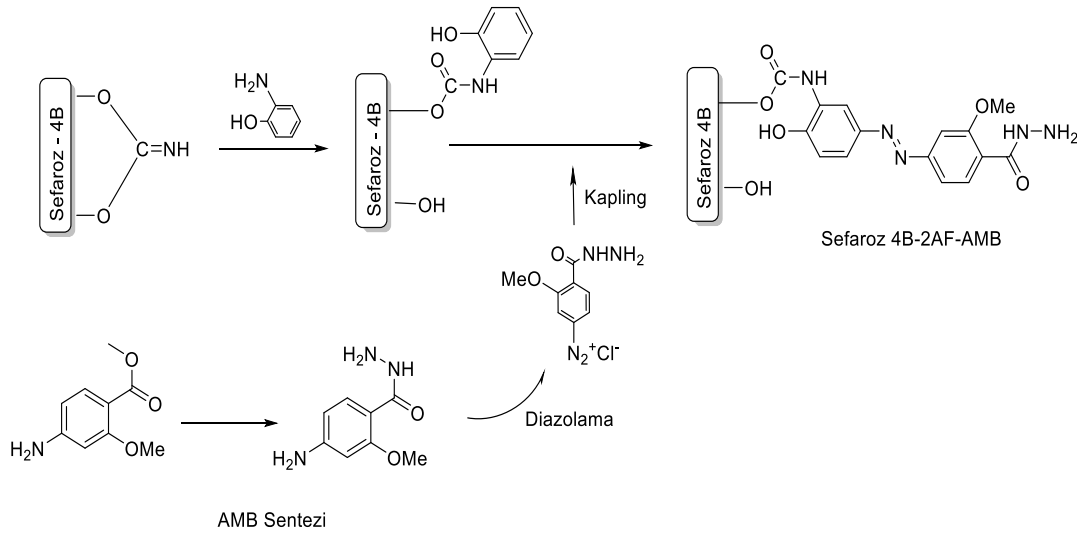
## MATERYAL VE YÖNTEM

### Kullanılan Kimyasallar

CNBr-Sefaroz 4B, ABTS (2,2'-Azido-bis (3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit diamonyum tuzu), guaiakol, 2-aminofenol, pirogallol (1,2,3-trihidroksibenzen), hidrazin monohidrat, Coomassie boyası (R 250) ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Sigma-Aldrich'ten, 4-amino-2-metoksi metilbenzoat ise Alfa-Aesar'dan temin edildi. Standart proteinler Thermo Scientific'ten satın alındı. Açıkça belirtilmediği takdirde, afinite jeli sentezinde, saflaştırma adımlarında ve kinetik parametrelerin ölçümünde kullanılan diğer tüm kimyasallar analitik standartlarda kullanıldı.

### Afinite Jelinin Sentezi

4-amino 2-metoksi metilbenzoat ticari olarak temin edildi ve önceki çalışmamızda detaylı bir şekilde açıklandığı gibi bu molekül kullanılarak 4-amino 2-metoksi benzohidrazid (AMB) sentezlendi (Oztekin ve ark., 2019). Daha sonra 1.0 g CNBr-Sefaroz 4B ve 10 mg 2-aminofenol (2AF) reaksiyona sokuldu ve Sefaroz 4B-2AF yapısı oluşturuldu. 10 mg AMB uygun şartlarda diazolandı ve oluşturulan tuz Sefaroz 4B-2AF'ye kenetlendirildi. Sentezlenen Sefaroz 4B-2AF-AMB afinite jelinde; Sefaroz-4B destek materyalini, 2AF uzantı kolunu, AMB ise ligantı oluşturdu. Afinite jelinin sentez aşamaları Şekil 1'de gösterildi.



Şekil 1. Sefaroz 4B-2AF-AMB afinite jeli sentezi

### Peroksidaz aktivitesinin belirlenmesi

Peroksidaz aktivitesi, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> varlığında guaiakol kromojenik substratının oksidasyonu ile oluşan renkli türev bileşiklerin (max: 470 nm) sebep oldukları absorbans artışının izlenmesiyle ölçüldü. Nihai reaksiyon ortamı, 15 mM guaiakol, 7.5 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 30 mM fosfat tamponu (pH 6.0) ve 10 µL enzimden oluşturuldu. Aktivite (EU), dakikada bir µmol türev ürünün oluşumunu katalizleyen enzim miktarı olarak belirlendi. Saflaştırılan peroksidaz enziminin ABTS ve pirogallol substaratlarına olan ilgisinin belirlenmesinde ise sırasıyla Jakop ve ark. (2000) ve Bach ve ark. (2013) tarafından önerilen metotlar kullanıldı.

### Soğan kökü peroksidaz enziminin saflaştırılması

Soğan kökleri gövdeden ayrılarak küçük parçalar halinde kesildi. Bu parçalardan 5 gram tartıldı ve sıvı azot kullanılarak un kıvamına gelene kadar havanda dövüldü. Daha sonra 20 ml fosfat tamponu (0.3 M, pH 7.0) içine alındı. Ultraturax kullanılarak tamamen homojenize edildi. Homojenat 20000



rpm'de 4 °C'de 30 dakika santrifüj edildi, pellet atıldı. Süpernatant, 10 mM fosfat tamponu (pH 6.8) ile dengelenmiş afinite kolonuna (1 x 10 cm) yüklendi. Bağlanmayan enzim ve diğer bileşenler, 25 mM fosfat tamponu ile yıkandı ve peroksidaz enzimi, 1 M NaCl içeren fosfat tamponu ile elüe edildi. Protein miktarlarının belirlenmesinde Bradford yöntemi kullanıldı (Bradford, 1976).

### SDS-PAGE

Saflaştırılan soğan peroksidaz enziminin moleküler ağırlığını ve saflığını belirlemek için denatüre edici koşullar altında SDS-PAGE yapıldı. İlk olarak, numuneler yığma jeline (% 3) yüklendi ve yürüme çizgisi ayırma jeli tabanından (% 10) 0.5 cm'ye geç edene kadar elektrik akımı uygulandı (Laemmli, 1970). Daha sonra, protein bantları Coomassie boyası (R-250) ile boyandı ve fazla boya uygun çözücü ile uzaklaştırılarak bantlar görünür hale getirildi (Merril, 1990).

### $K_M$ ve $V_{max}$ değerlerinin belirlenmesi

Saflaştırılan peroksidaz enziminin guaiakol, ABTS ve pirogallol substratlarına karşı ilgisini belirleyebilmek için 5 farklı substrat konsantrasyonunda,  $H_2O_2$  konsantrasyonu doymuş-sabit tutularak, peroksidaz aktivitesi ölçüldü ve aktivite-konsantrasyon ( $1 [V]^{-1} - 1 [S]^{-1}$ ) grafikleri çizildi. Her bir substrat için  $K_M$  ve  $V_{max}$  değerleri bu grafiklerden faydalanılarak hesaplandı.

### BULGULAR VE TARTIŞMA

Afinite kromatografisi, enzimlerin kompleks karışımlardan kolayca ayrılması için yaygın olarak kullanılan bir tekniktir (Wilchek ve Chaiken, 2000). Bu teknik, çeşitli enzimlerin saflaştırılmasında etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Benzohidrazid türevlerinin afinite kromatografisinde ligant olarak kullanılarak bitki peroksidazlarının etkili bir şekilde saflaştırılabileceği önceki çalışmamızda gösterilmiştir (Oztekin ve ark., 2019).

Afinite kromatografisinde kullanılan uzantı kolları, enzim-matriks etkileşimini etkileyeceği için saflaştırma verimi ile doğrudan ilişkilidir. Verimlilik, enzim ve matriks arasındaki mesafeyi değiştirerek artırılabilir. Bu çalışmada, afinite jeli hazırlanmasında önceki çalışmamızda kullandığımız tirozin yerine 2AF uzatma kolu olarak tercih edilmiş ve Sefaroz 4B-2AF-AMB ilk defa sentezlenmiştir. 2AF'de bulunan -OH grubu orto-para yönlendirici olduğundan, AMB'nin diazolanması sonucu oluşan tuz kolayca 2AF'ye bağlanmıştır. Afinite jelinin sentez aşamaları Şekil 1'de gösterilmiştir.

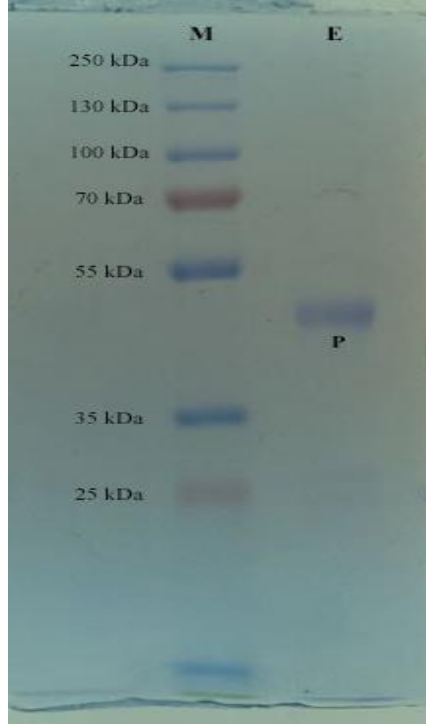
Peroksidazlar, oksitleyici olarak hidrojen peroksit veya organik peroksitleri kullanan oksidoredüktaz enzim sınıfının bir üyesidir. Organik moleküllerin sterospesifik biyotransformasyonunda (Adam ve ark., 1999; Zilbeyaz ve ark., 2012) fenolik reçinelerin sentezinde, gıda proseslerinde, tıbbi tanı kitlerinin hazırlanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Kwak ve ark., 1996). Ayrıca peroksidaz enzimlerinin kimya ve ilaç sanayisinde kullanımı son yıllarda dikkat çekici boyutlara ulaşmıştır. Uygulama alanlarının yaygın olması ve ticari öneme sahip enzimler olmalarından dolayı bitki peroksidaz enzimlerinin saf olarak eldesinin amaçlandığı saflaştırma çalışmaları gün geçtikçe artmaktadır. Önceki çalışmalarda peroksidaz enzimi yaban turpundan %71 verimle 291 kat (Lavery ve ark., 2010), maruldan 2.67 verimle 18 kat (Hu ve ark., 2012), papayadan %44 verimle 30 kat (Pandey ve ark., 2012) ve yapılan en son çalışmada ise afinite kromatografisi tekniği kullanılarak şalgamdan %55 verimle 665 kat saflaştırılmıştır (Oztekin ve ark., 2019). Bu çalışmada ise Sefaroz 4B-2AF-AMB afinite jeli kullanılarak soğan köklerinden peroksidaz enzimi ilk kez %38 verimle 750 kat saflaştırılmıştır. Ayrıntılı saflaştırma verileri Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Saflaştırılan enzimin saflığı ve molekül ağırlığı SDS-PAGE yapılarak kontrol edilmiştir. Şekil 2'de görülebileceği gibi 51.2 kDa'da tek bant gözlenmiştir.

Çizelge 1. Soğan kökü peroksidaz enziminin afinite kromatografisi ile saflaştırılması

	Toplam hacim	Aktivite (EU mL <sup>-1</sup> )	Protein (mg mL <sup>-1</sup> )	Toplam aktivite (EU)	Toplam Protein (mg)	Spesifik aktivite (EU mg <sup>-1</sup> )	Verim (%)	Saflaştırma katsayısı
<b>Homojenat</b>	6	10.2	1.39	61.2	8.34	7.3	100	1
<b>A.F.J*</b>	3	7.9	0.0013	21.9	0.004	5475	37.7	750

\*Sefaroz 4B-2AF-AMB afinite jeli

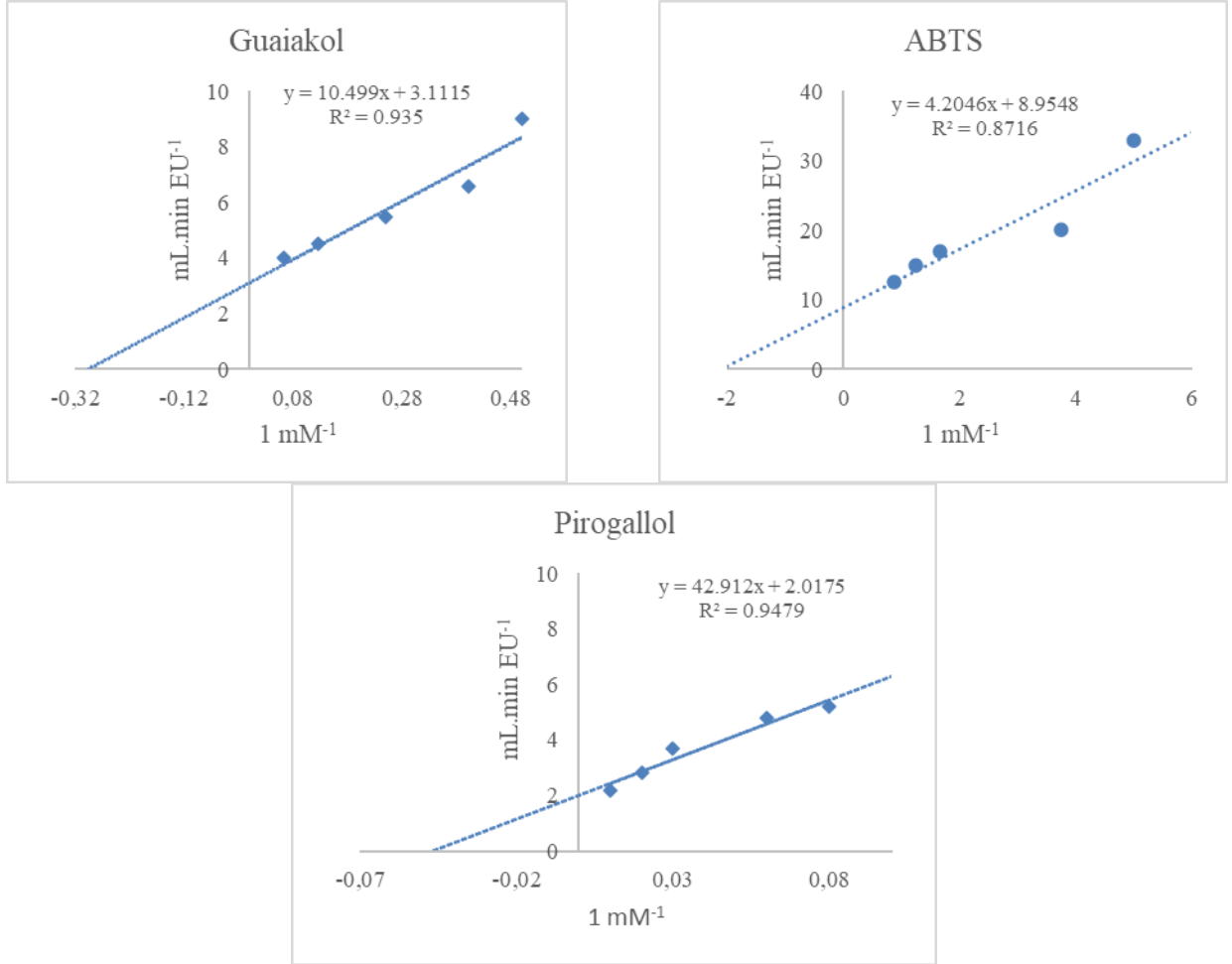


Şekil 2. Saflaştırılan soğan peroksidaz enziminin SDS-PAGE görüntüsü (\*M: Protein işaretleyicileri, \*P: Saflaştırılan peroksidaz enzimi)

Literatürde soğan peroksidazının kullanıldığı çeşitli çalışmalar vardır. Bu çalışmalarda enzim ya kısmi saflaştırılmış (Takahama, 2004) ya da ham ekstrakt olarak kullanılmıştır (El Agha ve ark., 2008; Moussouni ve ark., 2010; Osman ve Makris, 2011). Bu enzimi saf olarak elde etmek, katalize edilmiş reaksiyonlarda özgülüğü arttıracak ve girişimi önleyecektir. Ayrıca enziminin tek kademede saflaştırılması ve atık bir ürün olan soğan köklerinin peroksidaz kaynağı olarak kullanılması çalışmamızın önemini arttırmaktadır.

Peroksidazlar substrat özgülüğü düşük olan enzimlerdir ve çeşitli organik maddelerin oksidasyonunu katalizleyebilirler. Bu nedenle saflaştırılan soğan kökü peroksidaz enziminin bilinen bazı peroksidaz substratlarına olan ilgisini belirleyebilmek için çalışmalar yapıldı. Guaiakol substratı için  $K_M$  ve  $V_{max}$  değerleri sırasıyla 3.44 mM, 0.32 EU ml min<sup>-1</sup>, ABTS için 0.46 mM, 0.11 EU ml min<sup>-1</sup> ve pirogallol için ise 21.27 mM, 0.49 EU ml min<sup>-1</sup> olarak hesaplandı. Hesaplamada kullanılan Lineweaver-Burk grafikleri Şekil 3'te gösterildi.

Önceki çalışmalarda marul peroksidazının  $K_M$  afinitesi guaiakol için 4.74 mM, pirogallol için ise 1.96 mM (Hu ve ark., 2012), papaya peroksidazının guaiakol için  $K_M$  afinitesi 0.8 mM (Pandey ve ark., 2012), limon peroksidazının  $K_M$  afinitesi ise guaiakol için 8 mM, o-dianisidin için 1.8 mM (Mall ve ark., 2013) olarak belirlenmiştir. Literatürdeki çalışmalarda da görebileceğimiz gibi farklı kaynaklardan elde edilen peroksidazların farklı substrat afiniteleri vardır ve tanımlanan her peroksidaz için bu değerler belirlenmelidir.



Şekil 3. Saflaştırılan peroksidaz enziminin guaiakol, ABTS ve pirogallol substratları için Lineweaver-Burk grafikleri

## SONUÇ

Peroksidazlar başlıca ticari enzim sınıflarından biridir. Bu yüzden, farklı ihtiyaçlara cevap verebilen, reaksiyon ortamındaki sıcaklık pH, tuzlar, metaller ve organik çözücüler gibi faktörlere karşı tolerans gösterebilen peroksidazların farklı kaynaklardan tanımlanması ve daha yüksek verimde saflaştırmasına ihtiyaç vardır. Bu çalışmada, hem soğan kökü peroksidaz enzimi ilk defa afinite kromatografisi tekniğiyle saflaştırılmış hem de kullanılan yöntem yeni peroksidazların saflaştırılmasına da öncülük edebilecek bir yöntem olarak sunulmuştur. Ayrıca saflaştırdığımız soğan kökü peroksidazının sanayide kullanılma potansiyeli olduğu düşünülmektedir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında yapılmıştır.

## KAYNAKLAR

- Adam W, Lazarus M, Saha-Möller CR, Weichold O, Hoch U, Häring D, Schreier P, 1999. Biotransformations with peroxidases, Biotransformations, Springer, pp. 73-108, Berlin-Germany.
- Agostini E, Hernández-Ruiz J, Arnao MB, Milrad SR, Tigier HA, Acosta M, 2002. A peroxidase isoenzyme secreted by turnip (*Brassica napus*) hairy-root cultures: inactivation by hydrogen peroxide and application in diagnostic kits. *Biotechnology and applied biochemistry*, 35(1): 1-7.

- Bach CE, Warnock DD, Van Horn DJ, Weintraub MN, Sinsabaugh RL, Allison SD, German DP, 2013. Measuring phenol oxidase and peroxidase activities with pyrogallol, L-DOPA, and ABTS: effect of assay conditions and soil type. *Soil Biology and Biochemistry*, 67: 183-191.
- Bhunja A, Durani S, Wangikar, PP, 2001. Horseradish peroxidase catalyzed degradation of industrially important dyes. *Biotechnology and Bioengineering*, 72(5): 562-567.
- 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.
- Chivukula M, Spadaro JT, Renganathan V, 1995. Lignin peroxidase-catalyzed oxidation of sulfonated azo dyes generates novel sulfophenyl hydroperoxides. *Biochemistry*, 34(23): 7765-7772.
- El Agha A, Makris DP, Kefalas P, 2008. Hydrocaffeic acid oxidation by a peroxidase homogenate from onion solid wastes. *European Food Research and Technology*, 227(5): 1379-1386.
- Gu TY, Hsu KH, Syu MJ, 2003. Scale-up of affinity chromatography for purification of enzymes and other proteins. *Enzyme Microb Tech*, 33: 430-437.
- Heller A, Vreeke MS, 1997. Soybean peroxidase electrochemical sensor. In: Google Patents.
- Hu Y, Wu J, Luo P, Mo Y, 2012. Purification and partial characterization of peroxidase from lettuce stems. *African Journal of Biotechnology*, 11(11): 2752-2756.
- Jacob BM, Antony KE, Sreekumar B, Haridas M, 2000. Thiocyanate mediated antifungal and antibacterial property of goat milk lactoperoxidase. *Life sciences*, 66(25): 2433-2439.
- Jia J, Wang B, Wu A, Cheng G, Li Z, Dong S, 2002. A method to construct a third-generation horseradish peroxidase biosensor: self-assembling gold nanoparticles to three-dimensional sol-gel network. *Analytical Chemistry*, 74(9): 2217-2223.
- Kwak SS, Kim SK, Park IH, Liu JR, 1996. Enhancement of peroxidase activity by stress-related chemicals in sweet potato. *Phytochemistry*, 43(3): 565-568.
- Laemmli UK, 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *nature*, 227(5259): 680.
- Lavery CB, MacInnis MC, MacDonald MJ, Williams JB, Spencer CA, Burke AA, D'Cunha GB, 2010. Purification of peroxidase from horseradish (*Armoracia rusticana*) roots. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(15): 8471-8476.
- Liu J, Ye L, Weiping Y, 1999. Copolymerization of lignin with cresol catalysed by peroxidase in reversed micellar systems. *Electronic Journal of Biotechnology*, 2(2): 7-8.
- Mall R, Naik G, Mina U, Mishra SK, 2013. Purification and characterization of a thermostable soluble peroxidase from *Citrus medica* leaf. *Preparative Biochemistry and Biotechnology*, 43(2): 137-151.
- Merril CR 1990. Gel-staining techniques. *Methods in enzymology* Vol. 182, pp. 477-488, Elsevier.
- Mohamed SA, El-Badry MO, Drees EA, Fahmy AS, 2008. Properties of a cationic peroxidase from *Citrus jambhiri* cv. Adalia. *Applied biochemistry and biotechnology*, 150(2): 127-137.
- Moussouni S, Detsi A, Majdalani M, Makris DP, Kefalas P, 2010. Crude peroxidase from onion solid waste as a tool for organic synthesis. Part I: Cyclization of 2', 3, 4, 4', 6'-pentahydroxy-chalcone into aureusidin. *Tetrahedron Letters*, 51(31): 4076-4078.
- Osman A, Makris D, 2011. Oxidation of morin (2', 3, 4', 5, 7-Pentahydroxylavone) with a peroxidase homogenate from onion. *International Food Research Journal*, 18(3).
- Oztekin A, Almaz Z, Gerni S, Erel D, Kocak SM, Sengül ME, Ozdemir H, 2019. Purification of peroxidase enzyme from radish species in fast and high yield with affinity chromatography technique. *Journal of Chromatography B*, 1114: 86-92.

- Oztekin A, 2019. Determination of some flavonoid derivatives inhibitory effect on bovine milk lactoperoxidase enzyme, *Turkish journal of science*, 4(1): 15-21.
- Pandey VP, Awasthi M, Singh S, Tiwari S, Dwivedi UN, 2017. A comprehensive review on function and application of plant peroxidases. *Biochemistry and Analytical Biochemistry*, 6(1): 308.
- Pandey VP, Singh S, Singh R, Dwivedi UN, 2012. Purification and characterization of peroxidase from papaya (*Carica papaya*) fruit. *Applied biochemistry and biotechnology*, 167(2): 367-376.
- Passardi F, Cosio C, Penel C, Dunand C, 2005. Peroxidases have more functions than a Swiss army knife. *Plant cell reports*, 24(5): 255-265.
- Regalado C, García-Almendárez BE, Duarte-Vázquez MA, 2004. Biotechnological applications of peroxidases. *Phytochemistry Reviews*, 3(1-2): 243-256.
- Sakharov IY, 2001. Long-term chemiluminescent signal is produced in the course of luminol peroxidation catalyzed by peroxidase isolated from leaves of African oil palm tree. *Biochemistry (Moscow)*, 66(5): 515-519.
- Soda I, Hasegawa T, Suzuki T, Ogura N, 1991. Purification and some properties of peroxidase from kiwifruit. *Agricultural and biological chemistry*, 55(6): 1677-1678.
- Takahama U, 2004. Oxidation of vacuolar and apoplastic phenolic substrates by peroxidase: physiological significance of the oxidation reactions. *Phytochemistry Reviews*, 3(1-2): 207-219.
- Tatsumi K, Wada S, Ichikawa H, 1996. Removal of chlorophenols from wastewater by immobilized horseradish peroxidase. *Biotechnology and Bioengineering*, 51(1): 126-130.
- Thongsook T, Barrett DM, 2005. Heat inactivation and reactivation of broccoli peroxidase. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(8): 3215-3222.
- Wilchek M, Chaiken I, 2000. An overview of affinity chromatography. *Affinity Chromatography*, pp. 1-6: Springer.
- Zilbeyaz K, Kilic H, Sisecioglu M, Ozdemir H, Güngör AA, 2012. Preparation of enantiomerically pure p-substituted phenylethyl hydroperoxides by kinetic resolution and their use as enantioselective oxidants in the asymmetric Weitz–Scheffer epoxidation of E-chalcone. *Tetrahedron: Asymmetry*, 23(8): 594-601.



## Simultaneous Determination of Binary Drug Components in Pharmaceutical Formulations with Chemometric Methods

Güzide PEKCAN ERTOKUŞ<sup>\*1</sup>, Mine BİNECİ DOĞAN<sup>1</sup>

**ABSTRACT:** A synchronous definition of paracetamol and amoxicillin quantities in pharmaceutical formulations was performed using spectrophotometric methods. Principal component regression (PCR) and partial least squares regression (PLS) were used as multivariate calibration techniques. Spectrophotometric-chemometric methods were used for the simultaneous quantification of paracetamol and amoxicillin in the laboratory prepared mixtures and in the drug tablets without any requirements for a prior separation. The linearity of the calibration curves for each active substance in the synthetic mixtures demonstrated that concentration ranges were appropriate ( $r^2 > 0.9997$ ). The investigation of the accuracy and repeatability of the two methods resulted in high recovery rates and lower standard deviation values. Achieving high recovery and low standard deviation values, this study encouraged us to proceed further in pharmaceutical assay. The recommended methods are highly sensitive and precise as these methods have been successfully applied to quantify active substances in pharmaceutical samples.

**Keywords:** Paracetamol, Amoxicillin, PLS, PCR.

### Farmasötik Formülasyonlardaki İkili İlaç Bileşenlerinin Eş Zamanlı Olarak Kemometrik Metotlarla Tayini

**ÖZET:** Farmasötik formülasyonlardaki parasetamol ve amoksisilin miktarlarının spektrofotometrik olarak eş zamanlı tayini yapılmıştır. Çok değişkenli kalibrasyon tekniklerinden temel bileşen regresyonu (TBR) ve kısmi en küçük kareler yöntemi (KEKK) kullanılmıştır. Spektrofotometrik-kemometrik metotlar kullanılarak, hem laboratuvarında hazırlanan sentetik karışımların hem de ilaç tabletlerinin hiçbir ön ayırma yapılmadan analizi sağlanmıştır. Sentetik karışımlardaki her aktif madde için kalibrasyon eğrilerinin doğrusallığı, konsantrasyon aralıklarının uygun olduğu gözlenmiştir ( $r^2 > 0,9997$ ). İki yöntemin doğruluğu ve tekrarlanabilirliği incelendiğinde yüksek geri kazanım ve düşük standart sapma değerleri elde edilmiştir. Yüksek geri kazanım ve düşük standart sapma değerleri, bu çalışmada ilaç tablet analizleri konusunda bizi cesaretlendirmiştir. Önerilen metotlar, farmasötik örneklerdeki aktif bileşenlerin tayininin başarıyla uygulanması yönünden oldukça yüksek kesinlik ve duyarlılığa sahiptir.

**Anahtar Kelimeler:** Parasetamol, Amoksisilin, PLS, PCR.

<sup>1</sup> Güzide Pekcan Ertokuş (Orcid ID: 0000-0001-9230-5634), Mine Bineci Doğan (Orcid ID: 0000-0001-8484-913X), Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Isparta, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Güzide Pekcan Ertokuş, e-mail: guzideertokus@sdu.edu.tr

\* Bu çalışma Mine Bineci Doğan'ın Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

## INTRODUCTION

Amoxicillin, a semi-synthetic  $\beta$ -lactam in the penicillin group, is a type of antibiotic is in the treatment for gastrointestinal system infections with *Helicobacter pylori* (Horoz et al., 2004; Rojanarata et al., 2010; Aktaş et al., 2017). Amoxicillin is chemically  $C_{16}H_{19}N_3O_5S$  (Reiss et al., 2015). Paracetamol,  $C_8H_9NO_2$ , is widely used as an analgesic and antipyretic drug worldwide (Mohamed et al., 2017; Shanker et al., 2017). Paracetamol is commercially available in several medications in combination with other pharmaceuticals at different rates (Cunha et al., 2017). Paracetamol is quantified by UV spectroscopy (Dinç, 2003; Hajian et al., 2012; Behera et al., 2012; Hajian and Soltaninezhad, 2013; Aktaş and Kitiş, 2014; Saraan et al., 2015; Zahira et al., 2015; Wedian, 2016; Glavanovic et al., 2016) and HPLC (Attimarad, 2011; Talluri et al., 2012; Sharma et al., 2016). Amoxicillin is determined with HPLC (Aktaş et al., 2017) and UV spectroscopy (Ertokuş and Bağrıaçık, 2017), too.

Spectrophotometric methods are widely used for the simultaneous quantification of distinct molecules in combinations. The results are reported to be accurate, precise and it is stated that the method is inexpensive (Mansour, 2018). Partial least squares regression (PLS) and principal component regression (PCR) are the most frequently used chemometric methods (Dinç and Baleanu, 2002). The analysis of multicomponent pharmaceutical products using these methods are well-accepted (Kenneth, 1997).

The mathematical science (Aktaş and Ünlü, 2016) supported chemometry allows analytical analysis of two or more substances, even in overlapping spectra (Aktaş and Toprak, 2017). The Minitab 17 program (Inova, Ankara, Turkey) (İnova Danışmanlık, 2019) is a statistical analysis software used not only for performing statistical analyses but for training in statistics as well. It allows statistical analysis by using the relationship between Minitab and absorbance-concentration.

In this study; the quantification of paracetamol and amoxicillin in pharmaceutical combinations (Parol and Alfoxil) were performed by PLS and PCR. Amoxicillin and paracetamol are usually given to patients to be taken simultaneously for a combination of their antibiotic and analgesic effects. Starting from this point, using the available medications of these two molecules, we prepared a drug sample containing a combination of amoxicillin and paracetamol. The validation of the chemometric-spectrophotometric method used in this study is included as an appendix to this article presenting the precision, accuracy, and selectivity of the methods. PLS and PCR methods successfully identified and quantified paracetamol and amoxicillin present in the drug combination simultaneously without any prior separation. Mean recoveries (%), the standard deviation of principal component regression (PCR), and partial least squares regression (PLS) methods were used for the validation of the methods used in the study. The data were statistically crosschecked with their respective counterparts.

## MATERIAL AND METHODS

Stock solutions were prepared at 25 mg in 250 ml concentration using Paracetamol (Sigma) and amoxicillin (Sigma) HCl in analytical purity. A concentration set was prepared to contain these two drugs in various proportions. Consequently, 25 distinct synthetic mixtures were prepared to be used for validation and calibration and the absorption measurement of the substance was done with s Shimadzu UV-1700 PharmaSpec Spectrophotometer.

Absorption values of drug active compounds were saved at 200 to 350 nm. The training and validation sets containing two component in different proportions were used for calculating the concentrations and the concentration sets. The analysis of the drug mixtures was performed using chemometric methods. Mixtures of 5.0-25.0 mg L<sup>-1</sup> of active substance were put in volumetric flasks (25 ml) and dissolved in 0.1M HCl. A training set, a validation set, and 25 synthetic mixtures (for

validation and calibration) containing the drugs in various proportions were prepared. They are presented in Table 1.

**Table 1.** Concentration set for paracetamol and amoxicillin (Ertokuş, 2018).

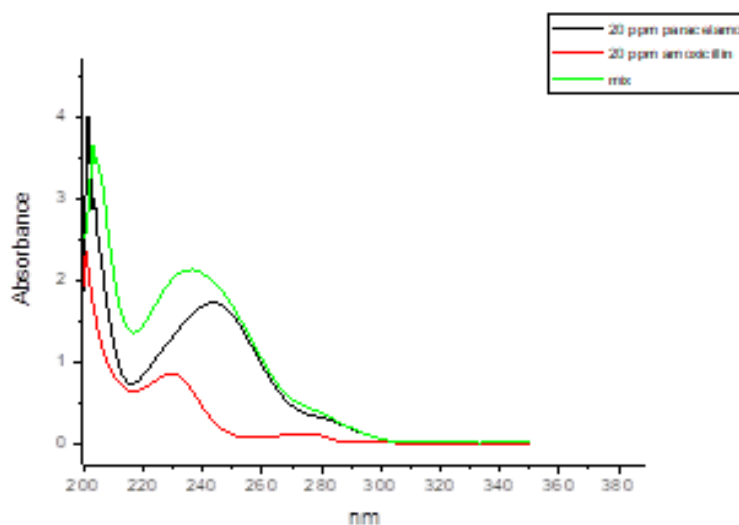
No.	Concentration, mg L <sup>-1</sup>				
	Paracetamol	Amoxicillin	No.	Paracetamol	Amoxicillin
1	5	5	13	15	15
2	5	10	14	15	20
3	5	15	15	15	25
4	5	20	16	20	5
5	5	25	17	20	10
6	10	5	18	20	15
7	10	10	19	20	20
8	10	15	20	20	25
9	10	20	21	25	5
10	10	25	22	25	10
11	15	5	23	25	15
12	15	10	24	25	20
			25	25	25

### Preparation of Pharmaceutical Preparations

A commercial dosage form Parol tablets produced by Atabay, containing 500 mg of paracetamol per tablet and Alfoxil tablets produced by Actavis, containing 500 mg of amoxicillin per tablet were analyzed by multivariate calibration methods. While preparing the drug sample to be examined, both the parol and all of the alfoxil drugs were mixed. The mixture was crushed and mixed in agate air to provide homogeneity. Paracetamol and amoxicillin were determined from the prepared mixture. For this purpose, weighing one tablet was dissolved in 0.1 M HCl and then the final volume is completed to 25 mL.

### RESULTS AND DISCUSSION

Absorption of paracetamol and amoxicillin and of the mixed solution were all in the visible range of highly absorbent substances (Figure 1.).



**Figure 1.** Absorption spectra of 20 mg L<sup>-1</sup> paracetamol, 20 mg L<sup>-1</sup> amoxicillin and their mixture.

When the absorbance-concentration relationship of paracetamol and amoxicillin is examined, it is observed that the absorbance value increases with increasing concentration. The linear relationship

(Miao et al., 2018) between absorbance and concentration values is evaluated by the high value of the regression coefficient (Uyanık, 2012) (Table 4.).

The concentration values in the range of 5.0-25.00 ppm used in the study are the area where the linearity for each component was to be determined. According to Lambert-Beer (Uyanık, 2012), when the relationship between absorbance and concentration is examined, it is observed that the linear correlation coefficient (Sharma et al., 2017) between the two variables is close to each other (Table 4.).

### Chemometric Methods

Some statistical parameters were introduced for the validation of calibrations for synthetic mixtures of drugs. Recovery and relative standard deviation (rsd) values calculated for each chemometric method 1 are shown in Table 2, Table 3,. While the concentrations against the added concentrations were calculated, the cross-validation procedure was applied to prevent errors in the drug sample (Porfire et al., 2015; Tarhan and Kara, 2017).

### Method Validation

The chemometric method was validated in accordance with ICH guidelines (Abbai and Parameswari, 2009; Aravind and Kamarapu, 2013; Despande and Mandawad, 2018;) with respect to linearity, accuracy, intraday and interday precision, limit of detection, and limit of quantitation. For calibration, According to the actual and predicted concentrations of the samples, the prediction of the residual error sum-of-squares (PRESS) and standard error of prediction (SEC) (Table 4.) was calculated with the formula below:

$$PRESS = \sum_{i=1}^n (C_i^{added} - C_i^{found})^2 \quad (1)$$

where  $C_i^{added}$  – actual concentration, the added concentration of the drug;  $C_i^{found}$  : predicted concentration, the calculated concentration of the drug.

$$SEC = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_i^{added} - C_i^{found})^2}{n - 1}} \quad (2)$$

where  $n$  – the total number of synthetic mixtures.

Another validation parameter is RMSEC (Bilgili et al., 2014). It is given in the below equation 3.

$$RMSEC = \sqrt{PRESS/n} \quad (3)$$

The equations of the observable limit (LOD) and detection limit (LOQ) parameters are shown below. These expressions are interrelated but have different equations (equation 4 and 5) (Shrivastava and Gupta, 2011).

$$LOD = 3Sa/m \quad (4)$$

$$LOQ = 10Sa/m \quad (5)$$

m: Slope

LOQ > LOD and LOQ = LOD were taken into consideration while evaluating the calculated LOD values (Armbruster and Pty, 2008).

**Table 2.** Recovery results for PLS method

No	Paracetamol			Amoxicillin		
	Added (ppm)	Found (ppm)	Recovery %	Added (ppm)	Found (ppm)	Recovery %
1	5	4.99	99.80	5	5.00	100.00
2	5	4.87	97.40	10	9.98	99.8
3	5	4.85	97.00	15	14.96	99.73
4	5	4.88	97.60	20	19.97	99.85
5	5	4.92	98.40	25	24.97	99.88
6	10	9.96	99.60	5	4.96	99.20
7	10	9.87	98.70	10	9.92	99.20
8	10	9.84	98.40	15	14.97	99.80
9	10	9.95	99.50	20	18.89	94.45
10	10	9.92	99.20	25	24.95	99.80
11	15	14.96	99.73	5	5.01	100.20
12	15	14.97	99.80	10	9.96	99.60
13	15	14.89	99.27	15	14.92	99.47
14	15	14.94	99.60	20	19.92	99.60
15	15	14.95	99.67	25	24.89	99.56
16	20	19.98	99.90	5	4.97	99.40
17	20	19.95	99.75	10	9.99	99.90
18	20	19.89	99.45	15	14.97	99.80
19	20	19.97	99.85	20	19.96	99.80
20	20	19.97	99.85	25	24.96	99.84
21	25	24.96	99.84	5	4.96	99.20
22	25	24.98	99.92	10	9.97	99.70
23	25	24.97	99.88	15	14.93	99.53
24	25	25.01	100.04	20	19.87	100.04
25	25	25.01	100.04	25	24.97	100.04
			Mean=99.29			
			% RSD=0.87			
				Mean=99.50		
				% RSD =1.08		

**Table 3.** Recovery results for PCR method

No	Paracetamol			Amoxicillin		
	Added (ppm)	Found (ppm)	Recovery %	Added (ppm)	Found (ppm)	Recovery %
1	5	5	100.00	5	4.98	99.60
2	5	4.98	99.60	10	9.89	98.90
3	5	4.97	99.40	15	14.87	99.13
4	5	4.89	97.80	20	19.99	99.95
5	5	4.9	98.00	25	24.92	99.68
6	10	9.95	99.50	5	4.89	97.80
7	10	9.92	99.20	10	9.95	99.50
8	10	9.94	99.40	15	14.99	99.93
9	10	9.97	99.70	20	19.96	99.80
10	10	10.01	100.10	25	24.89	99.56
11	15	14.97	99.80	5	4.92	98.40
12	15	14.96	99.73	10	9.87	98.70
13	15	14.92	99.47	15	14.92	99.47
14	15	15.01	100.07	20	19.87	99.35
15	15	14.89	99.27	25	24.9	99.60
16	20	19.97	99.85	5	4.91	98.20



**Table 3.** Recovery results for PCR method (continued)

No	Paracetamol			Amoxicillin			
	Added (ppm)	Found (ppm)	Recovery %	Added (ppm)	Found (ppm)	Recovery %	
17	20	19.99	99.95	10	9.88	98.80	
18	20	19.97	99.85	15	14.94	99.60	
19	20	19.96	99.80	20	19.95	99.75	
20	20	19.94	99.70	25	24.94	99.76	
21	25	24.96	99.84	5	4.86	97.20	
22	25	24.97	99.88	10	9.88	98.80	
23	25	24.93	99.72	15	14.92	99.47	
24	25	24.98	100.04	20	19.88	100.04	
25	25	24.97	100.04	25	24.85	100.04	
			Mean=99.59				Mean =99.24
			% RSD=0.57				%RSD =0.73

**Table 4.** Calculated Analytical Parameters

Parameters	Method	Paracetamol	Amoxicillin
$\lambda_{\max}$ (nm)		243.50 nm	229.50 nm
Regression Equation*(y)	Y=a+bx	Y=0.064x-0.011	Y=0.022x-0.009
Slope (b)		0.064	0.022
Intercept (a)		0.011	0.009
Correlation Coefficient (R <sup>2</sup> )		0.9997	0.9992
SEC	PLS	0.021	0.031
	PCR	0.017	0.029
PRESS	PLS	0.0063	0.055
	PCR	0.004	0.009
RMSEC	PLS	0.016	0.047
	PCR	0.013	0.019
LOD ( $\mu\text{g/mL}$ )	PLS	0.060	0.334
	PCR	0.053	0.064
LOQ( $\mu\text{g/mL}$ )	PLS	0.183	1.010
	PCR	0.159	0.195
Accuracy (% Recovery $\pm$ SD)	PLS	99.29 $\pm$ 0.87	99.50 $\pm$ 1.08
	PCR	99.59 $\pm$ 0.57	99.24 $\pm$ 0.73
Precision (Reproducibility)			
Intraday (% Recovery $\pm$ SD) (n:6)	PLS	99.57 $\pm$ 0.92	99.95 $\pm$ 0.54
	PCR	99.89 $\pm$ 0.65	99.97 $\pm$ 0.55
Interday (% Recovery $\pm$ SD) (n:6)	PLS	99.69 $\pm$ 0.51	99.55 $\pm$ 0.86
	PCR	99.87 $\pm$ 0.52	99.64 $\pm$ 0.98

\*y=a+bx, where y is the absorbance and x is the concentration of paracetamol and amoxicillin.

PRESS and SEP values were close to zero with the PLS and PCR methods. The degree of accuracy showed an increasing pattern.

### Analysis of the Pharmaceutical Formulations

The calculated values of chemometric methods for the pharmaceutical formulations are shown in Table 5. The results obtained are very close to each other.

Snedecor's *F*-test (Bajpai et al., 2017) and student's *t*-test were applied to chemometric results. For student's *t*-test,  $p > 0.05$  was found and the variances were homogeneous; i.e., the results obtained with PLS and PCR methods were compatible. For Paracetamol, the *p*-value was 0.194 and for amoxicillin, the *p*-value was 0.450. Considering all these methods, it was concluded that there was a meaningful difference. All statistical parameters and numeric values were appropriate for simultaneous identification in pharmaceutical formulations.

**Table 5.** The amount of paracetamol and amoxicillin in the pharmaceutical formulation harvested using PLS and PCR methods.

NO	Paracetamol (gram)		
	PLS	PCR	Classical UV
1	0.480	0.495	0.492
2	0.495	0.497	0.496
3	0.492	0.498	0.495
4	0.497	0.497	0.495
5	0.499	0.496	0.495
Mean±SD*	0.4926±0.0075	0.4966±0.0011	0.4946±0.0015
NO	Amoxicillion(gram)		
	PLS	PCR	Classical UV
1	0.485	0.498	0.496
2	0.496	0.497	0.494
3	0.495	0.489	0.497
4	0.497	0.488	0.499
5	0.496	0.496	0.498
Mean±SD*	0.4938±0.0050	0.4936±0.0047	0.4968±0.0019

\*SD: Standard Deviation

## CONCLUSION

The proposed multivariate calibration methods are fast, precise and correct for the simultaneous determination of pharmaceutical formulations containing paracetamol and amoxicillin drugs having overlapping spectra. In this study, PLS and PCR methods were applied to the simultaneous quantitative prediction of paracetamol and amoxicillin in pharmaceutical formulations without requiring any separation step. For all values, low prediction errors and high correlation coefficients emphasized the high linear relationship between the predicted and actual concentrations. The results obtained from the binary mixtures and the results associated with the concentration ratios of some components showed excellent predictive ability with these methods.

## REFERENCES

- Abbai N, Parameswari SA, 2009. Stability Indicating RP-HPLC Method Development and Validation for Simultaneous Estimation of Salbutamol and Beclomethasone in Bulk and Tablet Dosage Form. *IJPSR* 9(5): 1980-1988.
- Aktaş AH, Sarıdağ AM, 2017. Liquid Chromatographic-Chemometric Techniques For The Simultaneous HPLC Determination of Lansoprazole, Amoxicillin and Clarithromycin in Commercial Preparation. *Journal of Chromatographic Science* 1-7.
- Aktaş AH, Kitiş F, 2014. Spectrophotometric Simultaneous Determination Of Caffeine And Paracetamol In Commercial Pharmaceutical By Principal Component Regression, Partial Least Squares And Artificial Neural Networks Chemometric Methods. *Croatica Chemica Acta* 87(1): 69-74.
- Aktaş AH, Toprak HH, 2017. Spectrometric Determination of Lansoprazole and Domperidone in Tablets by Multivariate Calibration Approach. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research* 9(3): 103-108.
- Aktaş AH, Ünlü İD, 2016. Application of PCA-ANN Models to Spectrophotometric Data For Quantitative Analysis of A Hydrochlorothiazide and Amiloride Hydrochlorothiazide in Pharmaceutical Formulations. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research* 8(2): 743-749.
- Aravind D, Kamarapu SK, 2013. Method Development and Validation of RP-HPLC Method for Simultaneous Estimation of Clidinium Bromide, Chlordiazepoxide and Dicylomine Hydrochloride in Bulk and Combined Tablet Dosage Forms. *IJPBS* 3(3): 152-161.
- Armbruster DA, Pty T, 2008. Limit of Blank, Limit of Detection and Limit of Quantitation. *Clin. Niochem Rev.* 29: 49-52.

- Attimarad M, 2011. Simultaneous Determination of Paracetamol and Lornoxicam by RP-HPLC in Bulk and Tablet Formulation. *Pharmaceutical Methods* 2(1): 61-66.
- Bajpai V, Kumar S, Singh A, Singh J, Negi MPS, Bag SK, Kumar N, Konwar R, Kumar B, 2017. Chemometric Based Identification and Validation of Specific Chemical Markers for Geographical, Seasonal and Gender Variations in *Tinospora Cordifolia* Stem Using HPLC-ESI-QTOF-MS Analysis. *Photochemical Analysis* 28(4): 277-288.
- Behera S, Ghanty S, Ahmad F, Santra S, Banerjee S, 2012. UV-Visible Spectrophotometric Method Development and Validation of Assay of Paracetamol Tablet Formulation. *Journal of Analytical and Bioanalytical Techniques* 3-6.
- Bilgili AV, Çullu MA, Aydemir S, 2014. Tuzdan Etkilenmiş Toprakların Yakın Kızılötesi Yansıma Spektroskopisi ve Elektromanyetik İndüksiyon Tekniği Yardımıyla Karakterize Edilebilme Potansiyelinin Araştırılması. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi* 18(1): 32-45.
- Cunha RR, Ribeiro MMAC, Munoz RAA, Richter EM, 2017. Fast Determination of Codeine, Orphenadrine, Promethazine, Scopolamine, Tramadol and Paracetamol in Pharmaceutical Formulations by Capillary Electrophoresis. *Journal of Separation Science* 40: 1815-1823.
- Deshpande P, Mandawad V, 2018. Development and Validation of Stability Indicating HPTLC Method for Determination of Azelastine Hydrochloride as Bulk Drug and in Pharmaceutical Liquid Dosage Form. *IAJPS* 05(06): 5107-5113.
- Diñç E, 2003. Linear Regression Analysis and Its Application to The Multivariate Spectral Calibrations For The Multiresolution of A Ternary Mixture of Caffeine, Paracetamol and Metamizol in Tablets. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 33: 605-615.
- Diñç E, Baleanu D, 2002. Spectrophotometric Quantitative Determination of Cilazapril and Hydrochlorothiazide in Tablets By Chemometric Methods. *J. Pharmaceut. Biomed* 30: 715-723.
- Ertokuş Pekcan, G, 2018. Determination of Binary Drug Compounds by Spectrophotometric Methods and Determination of The Data Obtained as A Statistical. *European Conference on Science, Art & Culture (ECSAC)* 43-49.
- Ertokuş GP, Bağrıaçık K, 2017. Simultaneous Determination of Drugs Used For Chronic Active Gastritis Disease by Chemometric Methods. *IJLTET* 8(4): 173-178.
- Glavanovic S, Glavanovic M, Tomisic V, 2016. Simultaneous Quantitative Determination of Paracetamol and Tramadol in Tablet Formulation Using UV Spectrophotometry and Chemometric Methods. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 157: 258-264.
- Hajian R, Afshari N, 2012. The Spectrophotometric Multicomponent Analysis of A Ternary Mixture of Ibuprofen, Caffeine and Paracetamol by The Combination of Double Divisor-Ratio Spectra Derivative and H-point Standard Addition Method. *E-journal of Chemistry* 9(3): 1153-1164.
- Hajian R, Soltaninezhad A, 2013. The Spectrophotometric Multicomponent Analysis of A Ternary Mixture of Paracetamol, Aspirin and Caffeine by The Double Divisor-ratio Spectra Derivative method. *Journal of Spectroscopy* 1-7.
- Horoz M, Bölükbaş C, Bölükbaş FF, Uzunköy A, Soylu A, 2004. Klaritromisin-Amoksisilin-Lansoprazol Kombinasyonunda Optimal Tedavi Süresi. *HrÜ. Tıp Fak. Der.* 1: 12-19.
- Kenneth R, 1997. *Chemometrics: A practical Guide*. John Wiley & Sons. Inc., New York.
- Mansour FR, 2018. A New Innovative Spectrophotometric Method For The Simultaneous Determination of Sofosbuvir and Ledipasvir. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 18(188): 626-632.
- Miao J, Forget B, Smith K, 2018. Predicting Correlation Coefficients for Monte Carlo Eigenvalue Simulations With Multitype Branching Process *Annals of Nuclear Energy* 112: 307-321.
- Minitab 18 Statistical Programme. [http://www.inovadanismanlik.com.tr/\\_tu/\\_urunler/\\_minitab18/m18.html](http://www.inovadanismanlik.com.tr/_tu/_urunler/_minitab18/m18.html) (13.10.2019)

- Mohamed EH, Lofty HM, Hegazy MA, Mowaka S, 2017. Different Applications of Isosbestic Points, Normalized Spectra and Dual Wavelength as Powerful Tools for Resolution of Multicomponent Mixtures with Severely Overlapping Spectra. *Chemistry Central Journal* 11(43): 1-15.
- Porfire A, Muntean D, Achim M, Vlase L, Tomuta, I, 2015. Simultaneous Quantification of Simvastatin and Excipients in Liposomes Using Near Infrared Spectroscopy and Chemometry. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 107: 40-49.
- Reiss A, Samide A, Ciobanu G, Dabuleanu I, 2015, Synthesis, Spectral Characterization and Thermal Behaviour of New Metal (II) Complexes with Schiff Base Derived From Amoxicillin. *J.Chil. Chem. Soc.* 3: 3074-3079.
- Rojanarata T, Opanasopit P, Ngawhirunpat T, Saehuan C, Wiyakrutta S, Meevootisom V, 2010. A Simple, Sensitive and Green Bionzymatic UV-Spectrophotometric Assay of Amoxicillin Formulations. *Enzyme and Microbial Technology* 46: 292-296.
- Saraan SMD, Sinaga SM, Muchlisyam 2015. Development Method For The Determination of Ternary Mixture of Paracetamol, Ibuprofen and Caffeine in Tablet Dosage Form Using Zero-Crossing Derivative Spectrophotometric. *International Journal of Pharmtach Research* 7(2): 349-353.
- Shanker K, Kuna SK, Purra S, 2017. Simultaneous Determination of Etodolac and Paracetamol in Bulk Drugs and Pharmaceutical Formulation by HPTLC-Densitometric and UV-derivative Spectrophotometry Methods. *IJPSR* 8(5): 2056-2063.
- Sharma D, Singh R, Garg R, 2017. Development and Validation of Stability Indicating UV Spectro-photometric Method For The Estimation of Benzydamine Hydrochloride in Bulk and in Pharmaceutical Dosage Form: A Novel Analytical Technique For Conducting In-Vitro Quality Control Tests. *International Journal Of Pharmaceutical Sciences And Research* 9(2): 678-686.
- Sharma H, Vishakha K, Kumar KV, Bhatta HP, 2016. Validated RP-HPLC Method for Simultaneous Estimation of Paracetamol, Pamabrom and Dicyclomine, Hydrochloride in Bulk and Pharmaceutical Dosage Form. *IJPRS* 7(1): 316-324.
- Shrivastava A, Gupta VB, 2011. Methods For The Determination of Limit of Detection and Limit of Quantitation of The Analytical Methods. *Chronicles of Young Scientist* 2(1): 21-25.
- Talluri MVNK, Bairwa MK, Dugga HHT, Srinivas R, 2012. Development and Validation of RP-HPLC and Ultraviolet Spectrophotometric Methods of Analysis for Simultaneous Determination of Paracetamol and Lornoxicam in Pharmaceutical Dosage Forms. *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies* 35: 129-140.
- Tarhan I, Kara AAİH, 2017. Quantitative Determination of Free Fatty Acids in Extra Virgin Olive Oils by Multivariate Methods and Fourier Transform Infrared Spectroscopy Considering Different Absorption Modes. *International Journal of Food Properties* 1-8.
- Uyanık A, 2012. Analitik Kimyacılar İçin İstatistik ve Kemometri, Pegem Akademi Yayıncılık 6. Baskı:254-259.
- Wedian F, 2016. Bivariate Analysis For The Determination of Paracetamol and Caffeine in Drug Formulation. *Jordan Journal of Chemistry* 11(4): 217-225.
- Zahira NK, Prasannakumaran PN, 2015. Analytical Method Development and Validation of Zaltoprofen and Paracetamol in Combined Dosage Form by Ultraviolet Spectrophotometry. *IJPSR* 6(2): 682-687.

## Purification and Characterization of 6-Phosphogluconate Dehydrogenase from Japanese Quail (*Coturnix, coturnix japonica*) Erythrocytes

Herdi RAFAT BAQI<sup>1</sup>, Yusuf TEMEL<sup>2\*</sup>, Mehmet ÇİFTÇİ<sup>1</sup>

**ABSTRACT:** In this study, the 6PGD enzyme from Japanese quail erythrocytes was purified with specific activity of 52.84 EU/mg and 69% yield of purification by 2', 5' - ADP Sepharose 4B affinity gel in a single chromatographic method. The purification folds of the enzyme were 4984 folds. The purified enzyme was checked using SDS polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) method; the result of gel showed a single band. The subunit molecular weight of the enzyme was calculated as 81 kDa by the SDS-PAGE method. The characterization studies of the 6PGD enzyme from erythrocytes of Japanese quail showed: the optimum ionic strength to be at 0.5 M Tris-HCl, optimum and stable pH values to be at 0.5 M Tris-HCl buffers pH 8.0. The optimal temperature for the enzyme activity was found at 60 °C. Finally, the  $K_M$  and  $V_{max}$  values for the 6PGD enzyme from Japanese quail's erythrocytes were calculated respectively for the 6PGA the  $K_M$  value found as 0.120 mM,  $V_{max}$  value as 0.191 EU/mL and for NADP<sup>+</sup> the  $K_M$  value as 0.017 mM and  $V_{max}$  value as 0.228 EU/mL.

**Key words:** Quail, 6PGD, erythrocytes, purification, characterization.

### 6-Fosfoglukonat Dehidrogenaz Enziminin Japon Bildircin (*Coturnix Coturnix Japonica*) Eritrositlerinden Saflaştırılması ve Karakterizasyonu

**ÖZET:** Bu çalışmada Japon bildircin eritrosit dokularından 6-fosfoglukonat dehidrogenaz enzimi (6PGD) 52,84 EU.mg<sup>-1</sup> spesifik aktiviteyle ve % 69 verimle 2', 5'-ADP Sepharose 4B afinite kromatografisi kullanılarak saflaştırıldı. Japon bildircin eritrositlerinden saflaştırılan 6PGD enzimi için saflaştırma katsayısı 4984 olarak bulundu. Enzim saflığının kontrolü için SDS-poliakrilamid jel elektroforezi (SDS-PAGE) yapıldı ve tek bant gözlemlendi. SDS-PAGE yöntemi kullanılarak enzimin alt birimlerinin molekül kutlesi 81 kDa olarak hesaplandı. Optimum iyonik şiddet 0,5 M Tris-HCl, optimum pH ve stabil pH 0,5 M Tris-HCl tamponu pH 8,0 olarak bulundu. Optimum sıcaklık 60 °C olarak bulundu. Ayrıca Japon bildircin 6PGD enziminin  $K_M$  ve  $V_{max}$  değerleri Lineweaver-Burk grafiklerinden sırasıyla 6PGA substratı için  $K_M$  değeri 0,120 mM,  $V_{max}$  değeri 0,191 EU/mL, NADP<sup>+</sup> substratı için  $K_M$  değeri 0,017 mM,  $V_{max}$  değeri 0,228 EU/mL olarak hesaplandı.

**Anahtar kelimeler:** Bildircin, 6PGD, eritrosit, saflaştırma, karakterizasyon.

<sup>1</sup> Herdi RAFAT BAQI<sup>1</sup> (Orcid ID: 0000-0002-1134-1076), Mehmet ÇİFTÇİ<sup>1</sup> (Orcid ID: 0000-0003-4971-4242), Bingol University, Faculty of Sciences and Arts, Department of Chemistry, Bingol, Turkey.

<sup>2</sup> Yusuf TEMEL (Orcid ID: 0000-0001-8148-3718), Bingol University, Vocational Schools, Department of Health Services, Bingol, Turkey

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Yusuf TEMEL, e-mail: ytemel@bingol.edu.tr

\* This study was produced from Hardi RAFAT BAQI's Master's thesis.

Article was orally presented at 8th International Advanced Technologies Symposium, Fırat University, Elazığ-Turkey (IATS 2017) symposium.



## INTRODUCTION

6-Phosphogluconate Dehydrogenase (6PGD) enzyme commission number E.C 1.1.1.44 is the third enzyme of the pentose phosphate pathway. It is responsible for the conversion of 6-phosphogluconic acid 6PGA to D-ribulose 5-phosphate and  $\text{CO}_2$  with existing of  $\text{NADP}^+$  coenzyme (Beydemir et al. 2004). The enzyme is located in the cytoplasm of all living cells, including microorganisms, plants and animal cells (Toews et al., 1976).

Pentose phosphate pathway (PPP) (Figure 1), takes place in the cytoplasm of the cells since the enzymes in which catalyze the reactions of the PPP process are cytosolic enzymes. Here in PPP  $\text{NADP}^+$  is used for dehydrogenation as the hydrogen atom acceptor. The reactions in this pathway are divided into two phases (irreversible oxidative phase, reversible non oxidative phase). First phase is the phase of dehydrogenation and decarboxylation of glucose 6-phosphate that yields a pentose sugar (ribulose 5-phosphate). Second phase is converting of ribulose 5-phosphate to glucose 6-phosphate by a series of reactions catalyzed by (trans ketolase and trans aldolase) enzymes (Murray et al., 2003).

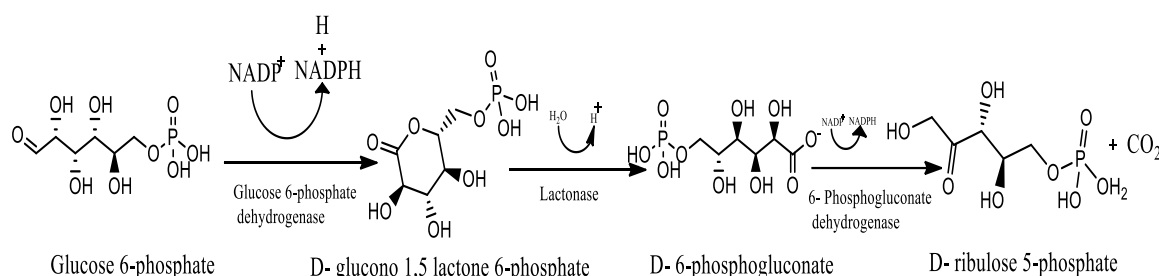


Figure 1: 6PGD enzyme catalyzing reaction

In the enzyme's reaction, NADPH is also produced. It has the function of protecting cells against oxidizing agents by producing the reduced glutathione GSH (Bianchi et al. 2001; Nelson and Cox 2005). Besides that, NADPH plays a role in producing of many biomolecules as fatty acids, steroids and some amino acids (Human et al. 1983; Srivastava and Beutler 1970). Due to its functions 6PGD could be called as an antioxidant enzyme. In cases enzyme's deficiency, the production levels of NADPH would be less than normal. In some cases no NADPH productions would be observed at all. This condition causes an increase of the erythrocyte's sensitivity towards the activity of the hemolytic oxidative agents and leads to damaging of the cells. The enzyme's kinetic properties, its role in the pentose phosphate pathway, regulations of the enzyme, genetics and the enzyme's role for the production of fatty acids had been studied for long time (Zera et al., 2014). The 6PGD enzyme from the prokaryotic and eukaryotic microorganisms sequenced, the result showed it had 468 amino acids. The arrangement of the protein amino acids is almost similar in the prokaryotic and eukaryotic microorganisms, reversibly the bovine 6PGD that comprises of 466 amino acids shows the central region on the protein to be alike of those of bacterial enzyme but different at the protein C- and N- terminals (Reizer et al. 1991). The sequences of the amino acids for 6PGD enzymes from about 40 various sources had been reported containing pig (Harbitz et al., 1990), *Bacillus subtilis* (Fujita and Fujita, 1987), sheep (Carnes and Walker, 1983), human (Kwok et al., 1996) and *Escherichia coli* (Nasoff et al. 1984). The three-dimensional enzyme structure for sheep's liver enzyme is the only one that was determined at a resolution of  $2.5 \text{ \AA}$  (Adams et al., 1983). The sequencing results for the 6PGD enzyme from 37 various sources showed that the highest important regions of the enzyme's structure like the active site, in which the enzymes functions of binding to the substrates and coenzymes are happen, is located in conserved regions in the enzyme's

structure. In addition some other regions of the enzymes structures from all different species showed a big similarity in their locations (Goulielmos et al., 2004). The aim of the study was purification and characterization of 6- phosphogluconate dehydrogenase enzyme from quail erythrocyte.

## EXPERIMENTALS AND METHODS

### Chemicals

The chemicals used for conducting all the experiments throughout this study were all analytical graded from Sigma, Merck, Fishcer Scientific, ChemSolute bio and Applichem and they are listed as follows:

From Sigma: ammonium sulfate, magnesium chloride, sodium chloride, sodium bicarbonate, sodium hydroxide, potassium phosphate, potassium chloride, EDTA ethylene diamine tetra acetic acid, Tris (trihydroxy methyl amino methane), isopropanol,  $\beta$ -mercaptoethanol, acrylamide, TEMED (N, N, N, N tetramethylethylenediamine), silver nitrate, hydrochloric acid, phosphoric acid, glycerine, ethanol, methanol, acetic acid, bovine serum albumin, 6PGA (6-phosphogluconate monosodium salt), 2', 5'-ADP Sepharose 4B. From Merck: potassium acetate, bromothymol blue, sodium acetate, potassium hydroxide, glycine amino acid and trichloroacetic acid. From Fishcer Scientific: SDS (sodium dodecyl sulfate), Commasie Brilliant Blue G-250, Brilliant Blue R-250 electrophoresis grade. From the Applichem: NADP<sup>+</sup> and from the ChemSolute Bio: ammonium persulfate.

### Sample collection and preparing the hemolysate

Blood samples of the Japanese quail were obtained using decapitation method from the agriculture faculty's research farm of the Bingol University. Blood samples were kept at 4°C and transferred to the laboratory within EDTA containing tubes. In order to distinguish the erythrocyte from the plasma, blood samples were filtered to remove any impurities and equally distributed into eppendorf tubes then centrifuged at 2500 rpm at 4°C for 15 minutes. The plasma and leukocytes were removed using a dropper then the precipitated erythrocytes washed for three times by 0.16 M KCl solution and each time the solution centrifuged for 15 minutes at 2500 rpm at 4°C. Later in order to obtain the hemolysate, the RBCs were hemolyzed by using 1:5 volume of ice water, the hemolysate solution was mixed well to ensure the cell membrane decomposition. Then, for the removal of the cell debris in the hemolysate, the blood was centrifuged for 30 minutes at 4°C using a speed of 10 000 g. After the centrifugation completed, the supernatant was isolated from the precipitate and used for further enzyme purification processes that include the quantitative protein determinations and loading the hemolysate to the 2', 5'-ADP Sepharose 4B affinity gel chromatography column (Ninfali et al., 1990).

### 2', 5'-ADP Sepharose 4B affinity gel chromatography

For preparing the affinity gel, 2 g of solid 2', 5'-ADP Sepharose 4B were poured into a 10 mL (1×10 cm) volume tube, the substance washed repeatedly using 400 mL of distilled water (D.W) for removing any foreign materials in the gel if existed; during the washing process, the gel swelled up. The air bubbles removed inside the swelled gel by water trompe using a balancing homogenizing buffer (0.1 M potassium acetate/ 0.1 M potassium phosphate pH 6.0). By the end of this process, the suspension of the gel was accomplished in 1×10 cm closed column system where the gel packed. In the next step, the packed gel was washed using a balancing buffer and the flow rate controlled by a peristaltic pump. The washing process done by using a setting of 20 mL. Hour<sup>-1</sup> of the peristaltic pump (Ninfali et al. 1990). After the column was homogenized with the (pH 7.3) balancing buffer, the column would be ready for using. The prepared hemolysate from previous step loaded into the affinity column then washed repeatedly and respectively with 25 mL volume portions of 0.1 M potassium acetate/ 0.1 M potassium

phosphate (pH 7.3). Then 25 mL of 0.1 M KCl / 0.1 M potassium phosphate pH 7.85 the flow rate set up fixed at 20 mL/hour by using the peristaltic pump and temperature kept at 4°C. After removing all of the unwanted debris and proteins, elution buffer containing 80 mM potassium phosphate/ 80 mM KCl + 5 mM NADP<sup>+</sup> and 10 mM EDTA pH 7.3, used to elute out the attached 6PGD enzyme from the gel in the column. The eluate should be collected in fractions using labeled Eppendorf tubes, and each fraction should be tested for the enzyme's activity (Ninfali et al., 1990; Morelli et al., 1978).

#### **Measurement of 6PGD enzyme activity:**

The enzyme's activity measured spectrophotometrically at 25°C using Beutler's method. In this method the absorbance of reduction of NADP<sup>+</sup> to NADPH was measured depending on time at 340 nm.

#### **Qualitative determination of proteins**

The eluted fractions from the affinity column were tested for existence of proteins qualitatively. The absorbances of fractions were measured against the elution buffer as blank at 280 nm which is the maximum wavelength ( $\lambda_{max}$ ) for tryptophan, phenyl alanine and tyrosin (Segel, 1968).

#### **Quantitative determination of protein**

The Bradford assay protocol was used for quantitative determination of proteins, BSA was used as a standard (Bradford, 1976).

#### **SDS-PAGE**

The eluted 6PGD enzyme from the affinity column checked for determining of its purity using sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis. 0.1% SDS containing 3% and 10% of acrylamide and bisacrylamide respectively were used in stacking gel and separation gels. The molecular weight of the 6PGD enzyme purified was determined by SDS-PAGE (Laemmli, 1970).

#### **Determination of the optimum pH**

The pH value which the enzyme has its maximum activity at is assigned as the optimum pH value for the 6PGD enzyme activity. Different buffers with different ranges of pH values used. First is TrisHCl buffer, 0.5 M pH ranges of 7.0 - 9.0. Second buffer is potassium phosphate 1 M, pH ranges from 5.5 - 7.5 and 8.0.

#### **Determination of the stable pH**

Two buffers 0.5 M Tris-HCl and 1 M potassium phosphate were used for determining the stable pH value; the Tris-HCl buffer pH ranged from 7.0 – 9.0 and pH range of potassium phosphate buffer was from 5.5 to 8.0.

#### **Determination of the optimum ionic strength**

For determining the effect of ionic strength on the 6PGD enzyme, different series concentrations of Tris-HCl buffer (10 mM -1000 mM) used in order to determine the maximum activity of the 6PGD enzyme.

#### **Determining the optimum temperature**

In order to determine the optimum temperature for the maximum enzyme's activity, the enzyme assayed using 0.5 M, Tris-HCl buffer pH 8.0 at different ranges of temperatures (0 °C to 70 °C). The temperature at which the enzyme gave its maximum activity assigned as the optimum temperature for the enzyme.

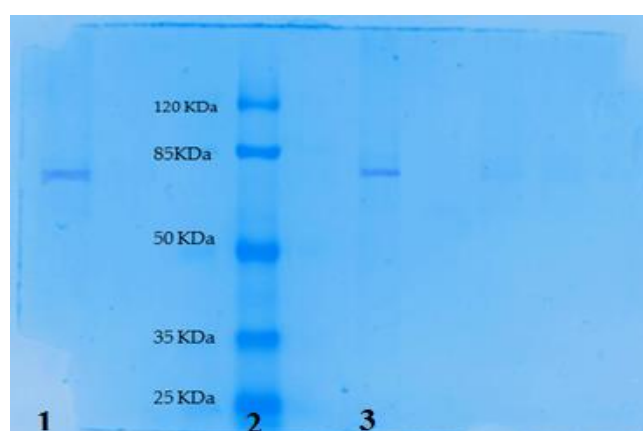
### Kinetic studies

For determining the  $K_M$  and  $V_{max}$  values of the substrate and coenzyme (6PGA and  $NADP^+$ ) of the 6PGD enzyme, a method contained of using stable concentrations of  $NADP^+$  with 8 different concentrations of 6PGA (100 mM, 200 mM, 300 mM, 400 mM and 500 mM) for finding the 6PGAs ( $K_M$  and  $V_{max}$ ), and likewise, for  $NADP^+$  coenzyme, stable concentrations of 6PGA used in the enzyme's assay with 8 different concentration of the  $NADP^+$  (20mM, 40 mM, 66 mM, 75mM, 100 mM) coenzyme solution for finding the  $NADP^+$ s ( $K_M$  and  $V_{max}$ ) values. The data collected from these measurements used for plotting of the Lineweaver-Burk graphs for both  $NADP^+$  and 6PGA in which the values for  $K_M$  and  $V_{max}$  were found by calculations in order to indicate the affinity of the 6PGD enzyme towards the two substrate and coenzyme.

### RESULTS AND DISCUSSIONS

In this study, 6PGD enzyme was purified and characterized in quail erythrocytes. (*Coturnix coturnix japonica*) erythrocytes for the first time. Different methods were used for the purification of 6PGD enzyme throughout the literature of enzymology like DEAE cellulose; CM-cellulose ions exchange chromatography (Villet and Dalziel, 1969), DEAE Sephadex, hydroxy apatite (Silverberg and Dalziel, 1973),  $NADP^+$  Sepharose,  $NADP^+$  agarose (Betts and Mayer, 1975), matrix gel-A column chromatography (Somers et al. 1991), DEAE Sephadex A-50 ion-exchange chromatography (Demir et al., 2003), 2', 5'-ADP-sepharose 4B affinity gel (Altıkat et al., 2002; Akyüz et al., 2003; Bayındır et al., 2018; Akkoyun et al., 2018). The method used for the purification of the enzyme was 2', 5'-ADP Sepharose 4B affinity gel chromatography, which is a very powerful, reliable, easy, economic and a single step purification method that gives very good purification yields with an ability to purify bulk amounts of the enzymes (Temel et al., 2017a,b; Temel and Kocyigit, 2017). These advantages of the method are some of the characteristics of it which make it by comparison to other purification methods to purify different enzymes (Temel et al., 2018; Temel and Bayındır, 2019).

The SDS-PAGE experiment was conducted for checking of the purity and the determining of molecular weights of the purified enzyme that eluted from the affinity column, the results of the test showed a single band protein on the gel for two of the eluates that had the maximum activity of the 6PGD in them. This proved the existence of only one type of protein in the eluate fraction which is the 6PGD enzyme from the Japanese quail erythrocytes (Figure 2).



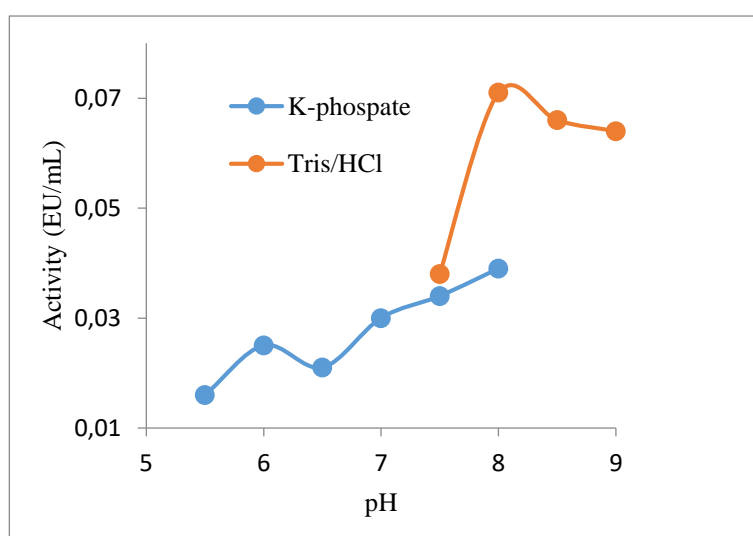
**Figure 2.** The SDS-PAGE photograph for the 6PGD Japanese quail's erythrocytes enzyme: the 120 kDa protein is  $\beta$ -galactosidase from *E. coli*, 85 kDa protein is bovine serum albumin from bovine plasma, 50 kDa protein is the egg white ovalbumin, the 35 kDa protein is carbonic anhydrase protein from human erythrocytes and 29 kDa standard protein is CA from cattle's erythrocytes in line 2. The 81 kDa protein in lane 1 and 3 is the 6-phosphogluconate dehydrogenase enzyme protein from Japanese quail's erythrocytes.

The quality and efficiency of the purification method was calculated using the Bradford's method (Bradford 1976). The amount of proteins, volumes and activities in the hemolysate and purified enzyme samples were used for calculation of the purification and the resulted purified enzyme solution. The purification result shows 69% yields of purification, 4984 fold purification of the proteins, and the specific activity of 52.84 EU. mg<sup>-1</sup> for the purified 6PGD enzyme (Table 1).

**Table 1.** The information about purification of the 6PGD Japanese quail's erythrocytes enzyme using 2', 5'-ADP Sepharose 4B affinity gel chromatography

Sample	Volume (mL)	Protein (mg.mL <sup>-1</sup> )	Total protein (mg)	Activity (EU.mL <sup>-1</sup> )	Total activity (EU)	Specific activity (EU.mg <sup>-1</sup> )	Yield %	Purification folds
Hemolysate	25	8.097	202.425	0.086	2.15	0.0106	100	1
2', 5'-ADP Sepharose 4B affinity column	5	0.00562	0.02812	0.297	1.485	52.84	69	4984

6PGD enzyme had been investigated in many different sources and checked for its kinetic properties and characterized for its functions. The enzyme had been purified from sheep's liver (Villet and Dalziel, 1972), parsley's leaves (Demir et al., 2003), chicken's liver (Erat, 2005), rat's small intestine (Ceyhan et al., 2005), Van's cat erythrocytes (Kiliç, 2007), human's erythrocytes (Özabacigil, 2005), human cerebral (Weisz et al., 1985), rabbit mammary glands (Betts and Mayer, 1975) and rat heart and lung tissues (Adem, 2010). The enzyme's molecular weight was determined by SDS-PAGE method described previously. The molecular weight of the subunit of the purified enzyme found to be ~81 kDa. The molecular weights of 6PGD enzymes from different sources in literature had been 59.5 kDa from the rat's erythrocytes (Beydemir et al., 2004), 52.6 kDa from Van's cat erythrocyte (Kiliç, 2007), 52 kDa from rat's small intestine (Ceyhan et al., 2005), *E. coli* bacteria had 53 kDa 6PGD (Wang and Zhang, 2009), 118.34 kDa from rainbow trout by gel filtration chromatography (Taranci, 2011) and 24.1 kDa from parsley (Demir et al., 2003). By looking through above molecular weights from different sources, we find that the molecular weight of 6PGD enzyme from Japanese quail's is different from all the mentioned sources.

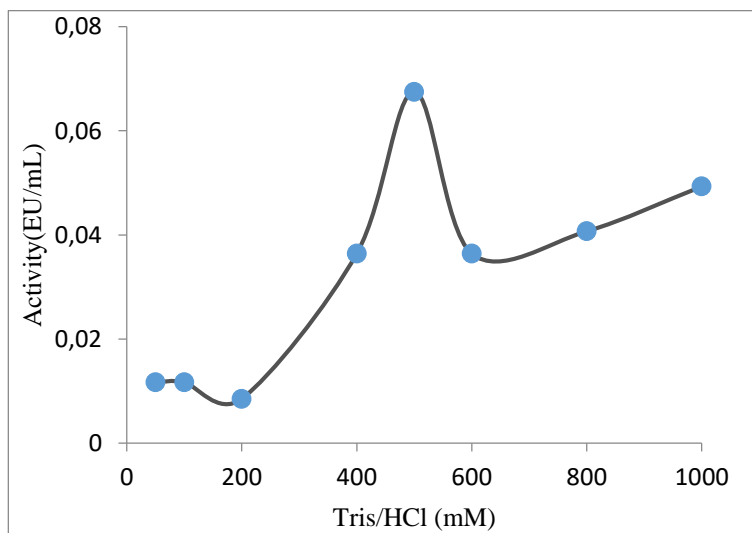


**Figure 3.** The optimum pH value test of the 6PGD enzyme activity from Japanese quail erythrocytes



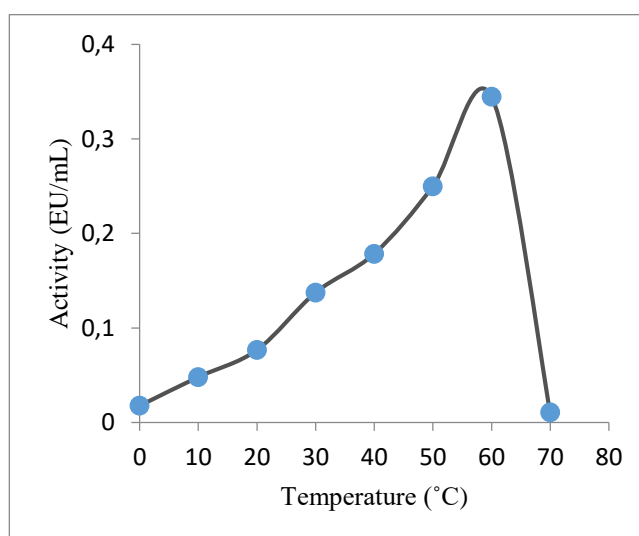
The optimal pH value test for the quail's 6PGD enzyme activity was performed using two different buffer solutions 0.5 M Tris-HCl buffer and 1 M potassium phosphate buffer as described before. The results showed that the optimum pH value for the enzyme's activity was at pH 8.0, in Tris-HCl buffer (Figure 3).

The effect of ionic strength on the enzyme activity was tested as described previously. The optimum ionic strength was determined at pH 8.0, in the 500 mM Tris-HCl, buffer (Figure 4).



**Figure 4.** The optimum ionic strength effect on 6PGD Japanese quail's erythrocyte enzyme

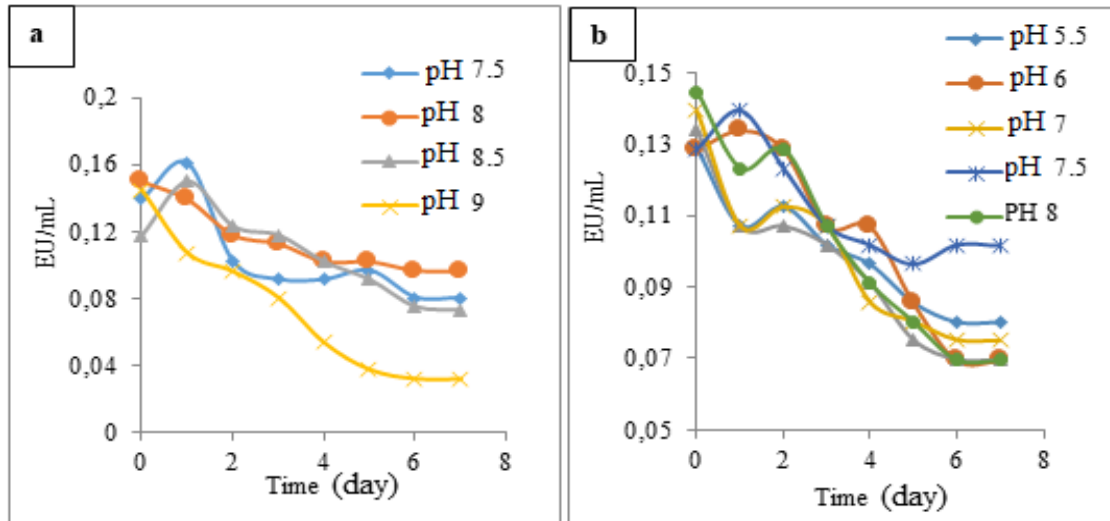
The optimal temperature test for the enzyme's activity conducted as described in before, an increase in the activity of the enzyme was observed due to the elevating temperatures. The activity increased until 60°C where the enzyme had its maximum activity. However, the enzyme lost its activity when the temperature elevated more than 60°C due to the denaturation of the enzyme's protein structure by the effect of heat (Figure 5).



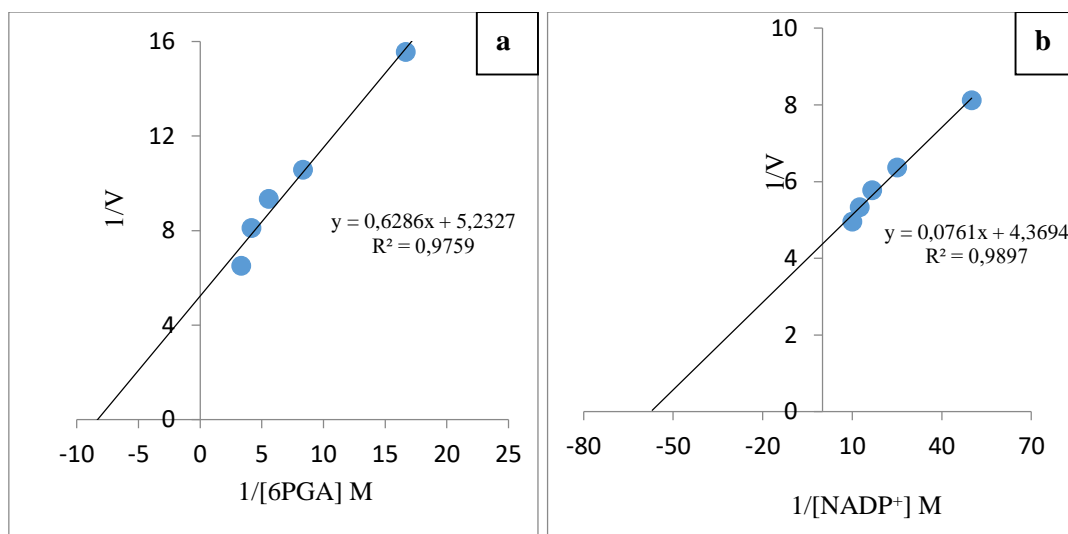
**Figure 5.** The effect of elevating temperatures on the 6PGD Japanese quail's enzyme activity.

The enzyme's stability tested against time and storage conditions in acidic/basic mediums as described before. The samples were assayed twice a day. The most suitable buffer solution that mostly kept the activity of the 6PGD enzyme of Japanese quail was 0.5 M Tris-HCl pH 8.0 buffer. The enzyme

maintained its activity for highest levels along seven days of measurements in the buffer. However, the most suitable pH value of the stored 6PGD enzyme in the potassium phosphate buffer was at pH 7.5 (Figure 6a,b).



**Figure 6a.** The stability of the 6PGD Japanese quail's erythrocyte enzyme in Tris-HCl buffer over seven days time. **b.** The stability of the 6PGD Japanese quail's erythrocytes enzyme in potassium phosphate buffer over seven days time



**Figure 9a.** The Lineweaver-Burk reciprocal plot for the 6PGA substrate: different concentrations of the 6PGA substrate for 6PGD quail's erythrocytes enzyme used in order to find the maximum velocity of the enzyme and the Michaelis- Menten constant for the substrate **b.** The Lineweaver-Burk reciprocal plot for NADP<sup>+</sup> coenzyme: different concentrations of NADP<sup>+</sup> coenzyme for 6PGD Japanese quail's erythrocytes enzyme used in order to find the maximum velocity of the enzyme and the Michaelis - Menten constant for the coenzyme.

For finding the  $K_M$  and  $V_{max}$  values for the enzyme substrates and coenzyme (6PGA and NADP<sup>+</sup>), at the stable concentration of the NADP<sup>+</sup> the enzyme activity was checked by using of eight different concentration of 6PGA, the collected data from the measurements used for plotting the Lineweaver-Burk graph between  $1/V$  vs  $[1/6PGA]$  mM, and the values of  $K_M$  and  $V_{max}$  were founded for 6PGA as  $K_M$  0.120 mM and  $V_{max}$  0.1911 EU. mL<sup>-1</sup>. Then by using constant concentration of the 6PGA and

different concentrations of  $\text{NADP}^+$  the enzyme activity was checked as well, and the collected data from the measurements used to plot the Lineweaver-Burk graph between  $1/V$  vs  $[1/\text{NADP}^+]$  mM then the  $K_M$  and  $V_{\max}$  values calculated from the graph for  $\text{NADP}^+$  as  $K_M$  0.0174 mM and  $V_{\max}$  0.2288 EU.mL<sup>-1</sup>. By comparing the  $K_M$  values for both of the 6PGA and  $\text{NADP}^+$  we can see that the  $K_M$  value of the  $\text{NADP}^+$  is smaller than the  $K_M$  value for 6PGA, which means  $\text{NADP}^+$  is more favorable than 6PGA for the catalytic reactions of 6PGD enzyme of Japanese quail erythrocytes (Figure 9a,b).

## CONCLUSION

The 6-phosphogluconate dehydrogenase (6PGD) enzyme from the erythrocytes of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) was purified at the end of this study. The enzyme is the third enzyme of the pentose phosphate pathway (PPP) and it is considered as a secondary anti-oxidant enzyme for its role in producing the necessary NADPH that is required for removing the oxidant effects of the free radicals in the cells. The enzyme purification method was single step purification by the 2', 5'-ADP Sepharose 4B affinity gel chromatography and the purified 6PGD enzyme at the end of the process was checked for its purity using the sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel (SDS-PAGE) method. The result was observing purely a single band on the gel which indicated that the enzyme had well-being purified and there was only one protein in the purified solution.

The purified 6PGD enzyme of the Japanese quail erythrocytes was characterized for determining its behaviors like the stable pH value, optimum pH, optimum temperature value, optimum ionic strength,  $K_M$  and  $V_{\max}$  values for the natural enzyme's substrate and its coenzyme as well as its molecular weight.

## ACKNOWLEDGEMENT

Authors are indebted to Bingol University Research Project Department (BÜBAP, Project number FEF.3.16.003.) for their financial support.

## REFERENCES

- Adams MJ, Archibald IG, Bugg CE, Carne A, Gover S, Helliwell JR, Pickersgill RW, White SW, 1983. The three dimensional structure of sheep liver 6-phosphogluconate dehydrogenase at 2.6 Å resolution. *The EMBO Journal* 2(6): 1009–1014.
- Adem S, 2010. Siçan kalp ve akciğer dokularından glukoz-6 fosfat dehidrogenaz, 6 fosfogluconat dehidrogenaz, glutatyon redüktaz enzimlerinin saflastırılması, karakterizasyonu, kotinin ve bazı ilaçların enzimlerin aktiviteleri üzerine etkilerinin incelenmesi. PhD thesis, Atatürk University, Institute of science.
- Akkoyun MB, Bengü AŞ, Temel Y, Akkoyun HT, Ekin S, Ciftci M, 2018. The effect of astaxanthin and cadmium on rat erythrocyte G6PD, 6PGD, GR, and TrxR enzymes activities in vivo and on rat erythrocyte 6PGD enzyme activity in vitro. *Journal of biochemical and molecular toxicology*, 32(8), e22170.
- Akyüz M, Erat M, Çiftçi M, Gümüştekin K, Bakan N, 2004. Effects of some antibiotics on human erythrocyte 6-phosphogluconate dehydrogenase: an in vitro and in vivo study. *Journal of enzyme inhibition and medicinal chemistry*, 19(4): 361-365.
- Altikat S, Çiftci M, Buyukokuroglu ME, 2002. "In vitro effects of some anesthetic drugs on enzymatic activity of human red blood cell glucose 6-phosphate dehydrogenase." *Polish journal of pharmacology* 54(1): 67-72.
- Bayindir S, Ayna A, Temel Y, Ciftci M, 2018. The synthesis of new oxindoles as analogs of natural product 3,3-bis(indolyl)oxindole and in vitro evaluation of the enzyme activity of G6PD and 6PGD. *Turkish Journal of Chemistry*. 42(2): 332-345.
- Betts SA, Mayer RJ, 1975. Purification and properties of 6-phosphogluconate dehydrogenase from rabbit mammary gland. *The Biochemical Journal*. 151(2): 263–270. <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1172355&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>.
- Beutler E, 1971. Red cell metabolism manual of biochemical methods. London Academic Press: 19-68.

- Beydemir S, Ciftci M, Yilmaz H, Kufrevioglu OI, 2004. 6-phosphogluconate dehydrogenase: purification, characterization and kinetic properties from rat erythrocytes. Turkish Journal of Veterinary and Animal Science 28: 707–714. <http://mistug.tubitak.gov.tr/bdyim/abs.php?dergi=v&rak=0212-4>.
- Bianchi D, Bertrand O, Haupt K, Coello N, 2001. Effect of gluconic acid as a secondary carbon source on non-growing l-lysine producers cells of corynebacterium glutamicum. purification and properties of 6-phosphogluconate dehydrogenase. Enzyme and Microbial Technology 28(9–10): 754–759. doi:10.1016/S0141-0229(01)00310-6.
- 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. doi:10.1016/0003-2697(76)90527-3.
- Carnes A, Walker JE, 1983. Amino acid sequence of ovine 6-phosphogluconate dehydrogenase. Journal of Biological Chemistry 258(21): 12895–12906.
- Ceyhan D, Danişan A, Oğuş IH, Ozer N, 2005. Purification and kinetic properties of 6-phosphogluconate dehydrogenase from rat small intestine. The Protein Journal 24(5): 293–301. doi:10.1007/s10930-005-6750-z.
- Demir H, Çiftçi M, Küfrevioğlu Öİ, 2003. Purification of 6-phosphogluconate dehydrogenase from parsley (petroselinum hortense) leaves and investigation of some kinetic properties. Preparative Biochemistry and Biotechnology 33(1): 39–52. doi:10.1081/PB-120018368.
- Erat M, 2005. Purification of 6-phosphogluconate dehydrogenase from chicken liver and investigation of some kinetic properties. Preparative Biochemistry and Biotechnology 35(1): 53–69. doi:10.1081/PB-200041446.
- Fujita Y, Fujita T, 1987. The gluconate operon gnt of bacillus subtilis encodes its own transcriptional negative regulator. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 84(July): 4524–4528. doi:10.1073/pnas.84.13.4524.
- Goulielmos GN, Eliopoulos E, Loukas M, Tsakas S, 2004. Functional constraints of 6-phosphogluconate dehydrogenase (6-pgd) based on sequence and structural information. Journal of Molecular Evolution 59(3): 358–71. doi:10.1007/s00239-004-2630-y.
- Harbitz I, Chowdhary B, Chowdhary R, Kran S, Frengen E, Gustavsson I, Davies W, 1990. Isolation, characterization and chromosomal assignment of a partial cDNA for porcine 6-phosphogluconate dehydrogenase. Hereditas 112(1): 83–88. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0025295377&partnerID=40&md5=2544cf498948e719ae6880b6c889628a>.
- Human M, Kahlers SG, Kirkman HN, 1983. Intracellular glucose-6-phosphate dehydrogenase does not monomerize in human erythrocytes. Journal of Biological Chemistry 11:717–18.
- Kiliç S, 2007. Van kedisi'nden 6 fosfoglukanat dehidrogenaz enziminin saflastirilmesi karakterizasyonu , kinetiği, inhibisyonu ve hplc ile tayin yönteminin geliştirilmesi. PhD thesis, Yüzüncü Yil University, chemistry department.
- Kwok S, Tsui W, Yuet J, Chan W, Miu M, Waye Y, Fung KP, Lee CY, 1996. Identification of a cDNA encoding 6-phosphogluconate dehydrogenase from a human heart cDNA library 1. Biochemical Genetics 34: 365–73.
- Laemmli UK, 1970. Cleavage of structural proteins during assembly of head of bacteriophage-T4. Nature 227: 680–85. doi:10.1038/227680a0.
- Morelli A, Bennati U, Gaetani GF, De Flora A, 1979. Biochemical mechanisms of glucose-6-phosphate dehydrogenase deficiency. Proceedings of the National Academy of Sciences 75(4): 1979–1983, 1978. doi:10.1073/pnas.75.4.
- Murray RK, Granner DK, Mayes PA, Rodwell VW, 2003. Harper's Illustrated Biochemistry. McGraw-Hill Companies, New York, Twenty-sixth Edition. Vol. 16: 693. doi:10.1016/0307-4412(88)90029-5.
- Nasoff MS, Baker HV, Wolf RE, 1984. DNA sequence of the *Escherichia coli* gene, Gnd, for 6-phosphogluconate dehydrogenase. Gene 21(27): 253–264.
- Nelson D, Cox M, 2005. Lehninger principles of biochemistry. WH. Freeman, New York, Volume 33, Fourth edition: 190-225. doi:10.1002/bmb.2005.494033010419.
- Ninfali P, Orsenigo I, Baronciani L, Rapa S, 1990. Rapid purification of glucose-6-phosphate dehydrogenase from mammal's erythrocytes. Preparative Biochemistry 20(3–4): 297–309. doi:10.1080/00327489008050202.
- Özabacıgil F, 2005. İnsan eritrosit 6-fosfoglukanat dehidrogenaz enziminin saflastirilmesi, bazı ilaçların enzim aktivitesi üzerine in vitro ve tavsanlarda in vivo etkisinin incelenmesi. PhD thesis, Atatürk University, Health institute.

- Reizer A, Deutscher J, Saier MH, Reizer J, 1991. Analysis of the gluconate (gnt) operon of *Bacillus subtilis*. *Molecular Microbiology* 5(5): 1081–89.
- Segel IH, 1968. *Biochemical calculations*. New York: 212-337.
- Silverberg M, Dalziel K, 1973. Crystalline 6-phosphogluconate dehydrogenase from sheep liver. *European Journal of Biochemistry* 38(2): 229–38,. doi:10.1111/j.1432-1033.1973.tb03054.x.
- Somers DON, Hajdu J, Adams MJ, 1991. A two-step purification procedure for sheep liver 6-phosphogluconate dehydrogenase. *Protein Expression and Purification* 389(2): 385–389.
- Srivastava SK, Beutler E, 1970. Glutathione metabolism of the erythrocyte. the enzymic cleavage of glutathione-haemoglobin preparations by glutathione reductase. *Biochemical Journal* 119(3): 353–357,. <http://www.biomednet.com/db/medline/71112233>.
- Taranci A, 2011. Purification and characterization of 6-phosphogluconate dehydrogenase (e.c. 1.1.1.44) enzyme from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) erythrocytes and investigation of the effects of some metals on enzyme activity. Master thesis, Ataturk University, Institute of science: 93.
- Temel Y, Bayındır S, 2019. The Synthesis of Thiosemicarbazone-Based Aza-Ylides as Inhibitors of Rat Erythrocyte Glucose 6-Phosphate Dehydrogenase Enzyme. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(3): 1503-1512.
- Temel Y, Bozkuş T, Karagözoğlu Y, Çiftçi M, 2017b. Glutatyon Redüktaz (GR) Enziminin Japon Bildircin (*Coturnix coturnix japonica*) Eritrositlerinden Saflaştırılması ve Karakterizasyonu. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(3): 143-150.
- Temel Y, Küfrevioğlu Öİ, Ciftci M, 2017a. Investigation of the effects of purification and characterization of turkey (*Meleagris gallopavo*) liver mitochondrial thioredoxin reductase enzyme and some metal ions on enzyme activity. *Turkish Journal of Chemistry*, 41(1): 48-60.
- Temel Y, Kocyyigit UM, 2017. Purification of glucose-6-phosphate dehydrogenase from rat (*Rattus norvegicus*) erythrocytes and inhibition effects of some metal ions on enzyme activity. *Journal of biochemical and molecular toxicology*, 31(9): e21927.
- Temel Y, Koçyigit UM, Taysı MŞ, Gökalp F, Gürdere MB, Budak Y, Ceylan M, Gülçin İ, Çiftci M, 2018. Purification of glutathione S-transferase enzyme from quail liver tissue and inhibition effects of (3aR, 4S, 7R, 7aS)-2-(4-((E)-3-(aryl) acryloyl) phenyl)-3a, 4, 7, 7a-tetrahydro-1H-4, 7-methanoisoindole-1, 3 (2H)-dione derivatives on the enzyme activity. *Journal of biochemical and molecular toxicology*, 32(3): e22034.
- Toews ML, Kanji MI, Carpe, WR, 1976. 6-Phosphogluconate dehydrogenase. *The Journal of Biochemical Chemistry* 251(22): 7121–31.
- Villet RH, Dalziel K, 1969. Purification and properties of sheep liver phosphofructokinase. *The Biochemical Journal* 113(2): 235–242,. <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1184628&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>.
- Villet RH, Dalziel K, 1972. Studies of 6-phosphogluconate dehydrogenase from sheep liver: 1. kinetics of the reductive carboxylation reaction. *European Journal of Biochemistry* 27(2): 244–250,. doi:10.1111/j.1432-1033.1972.tb01833.x.
- Wang Y, Zhang YHP, 2009. Overexpression and simple purification of the *Thermotoga maritima* 6-phosphogluconate dehydrogenase in *Escherichia coli* and its application for NADPH regeneration. *Microbial Cell Factories* 8: 30,. doi:10.1186/1475-2859-8-30.
- Weisz KS, Schofield PJ, Edwards MR, 1985. Human brain 6-phosphogluconate dehydrogenase: purification and kinetic properties. *Journal of Neurochemistry* 44 (2): 510–517.
- Zera AJ, Wehrkamp C, Schilder R, Black C, Gribben P, 2014. Purification and characterization of 6-phosphogluconate dehydrogenase from the wing-polymorphic cricket, *gryllus firmus*, and assessment of causes of morph-differences in enzyme activity. *Comparative Biochemistry and Physiology Part - B: Biochemistry and Molecular Biology* 172–173(1): Elsevier Inc. 29–38,. doi:10.1016/j.cbpb.2014.04.001.



## Determination of Isoflavones in Nuts, Dried Fruits and Vegetables by High Performance Liquid Chromatography

Teslima DAŞBAŞI<sup>1\*</sup>

**ABSTRACT:** In this study, the amounts of daidzin, daidzein and genistein of isoflavone components were determined in nuts, dried fruits and vegetables by high performance liquid chromatography (HPLC). Firstly, the extraction conditions like the rate of the aqueous and organic phase, the total volume of the extraction solution, time and rotation per minute of centrifugation were optimized. After extraction conditions were specified, the parameters of HPLC device have investigated. The isoflavone components were extracted by a mixture of 0.1% acetic acid and methanol (20:80 v/v), at the room temperature. The chromatographic separation was conducted on C18 with wavelength of 260 nm at 30 °C. The diode array detector was used. The analytical parameters given as the detection and quantification limits, linearity, precision and accuracy were determined. The relative standard deviation of method was determined  $\leq 3$  % (n=21) and the calibration curve was worked in the range 1-100 mg L<sup>-1</sup>. The total isoflavone concentration in real samples from Sivas centrum was determined in the range 9.6 - 469.1  $\mu\text{g g}^{-1}$ .

**Keywords:** Isoflavone, Daidzin, Daidzein, Genistein, HPLC

<sup>1</sup> Teslima DAŞBAŞI (Orcid ID: 0000-0002-8546-612X), Kayseri University, Bunyan Vocational School, Department Civil Defense and Firefighting, Kayseri, Turkey

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Teslima DAŞBAŞI, e-mail: teslimadasbasi@hotmail.com

## INTRODUCTION

The phenolic groups, found naturally in plants, have suggested to have an effect like estrogen. The compounds of plant origin showing estrogenic properties are called as phytoestrogens (Liggins et al., 2000; Bingham et al., 1998). Also, phytoestrogens are divided into following groups isoflavones, lignans, kumestans and stilbens (Küçükboyacı et al., 2013; Cos et al., 2003; Delmonte et al. 2006; Özhatay et al, 2009; Krenn et al., 2002). The phenolic compounds as a food component, affect flavor and odor formation, participates in the color formation and its change (King et al, 2008). While the properties of estrogenic and antiestrogenic of phytoestrogens are mostly used in the treatment of cardiovascular diseases, menopause symptoms and osteoporosis, on the other hand antioxidant properties of phytoestrogens are used in the treatment of cancers especially bowel, prostate and breast (Modaseri et al., 2011). In this sense, phytoestrogens are involved in the composition of many medicines due of their phytochemical content (Cos et al., 2003). Hazelnut, pistachio and almond in the oil seeds group are vegetable nutrients. These are high nutrients in terms of the pulp and energy content required for the operation of the digestive system (Durmaz and Gökmen, 2010). Oilseed plants contains Omega (n-3) fatty acids. That these fatty acids increase in diet, helps in the prevention of coronary heart disease, regulates blood sugar and lowers bad cholesterol while it also supports good cholesterol too. Nuts, peanuts and almonds are both excellent sources of protein, carbohydrates, vitamins and minerals and they contain phytochemical compounds such as isoflavone derivatives (Durmaz and Gökmen, 2010). Considering health, it is suggested that the consumption of vegetables and fruits is strongly related to some cancer types, cardiovascular diseases, diabetes and reduced of the functional loss risk concerning age (Stratil et al., 2006). It is emphasized that these effects are due to the antioxidant bioactive phytochemical components such as folate, potassium and beta - carotene, vitamin C and vitamin E in the fruits and vegetables (Prior and Cao, 1999; Prior et al., 2005). In recent studies, it has been found that phytoestrogens, spontaneously consumed through nutrition, have the effects identified as not only many beneficial effects but also some harmful side effects (Prior and Cao, 1999; Prior et al., 2005).

In many studies, it has been found that phytoestrogens have the estrogen-like biological activity and they compete with natural estrogens. The estrogenic effect of these compounds is poor and has been reported to affect fertility (Vila-Donat et al., 2015; Fukuda et al., 2011). For the reasons described above, the determination of the amount of isoflavone compounds in plant and food samples has gained importance in analytical studies. The first quantitative data on isoflavones in soy bean was presented out by Naim et. al. (Naim et al., 1974). This type of extraction process was performed with methanol, ethanol, acetonitrile, acetone or their mixtures with water (Tsao, 2010). The traditional method, the Soxhlet extraction, is one of the most commonly methods used to separate isoflavones from plant samples (Luque-Garcia and Luque de Castro, 2004). For extraction of isoflavones, methods such as ultrasonic-assisted extraction (UAE) (Abranko et al., 2015), supercritical fluid extraction (SFE) (Brglez Mojzer et al., 2016), microwave assisted extraction (MAE) (Rostagno et al., 2009), matrix solid-phase dispersion (MSPD) (Xiao et al., 2004), and accelerated solvent extraction (ASE) also known as pressurized liquid extraction (PLE) (Barros, et al., 2013) are more and more used thanks to the developing modern techniques.

In this study, the small amounts of samples were vortexed with a small amounts of the extraction solution mixture and lastly, centrifugated with the high speed in one step. Therefore, we realized a practical, fast, economical and simple extraction phase.

The isoflavone compounds have been identified in various plant and food samples by many analytical instruments such as liquid chromatography with optical / visible detector (Thomas et al., 2001;

Franke et al., 2002; Maubach et al., 2003), liquid chromatography with electrochemical detector (Klejduš et al., 2004), gas chromatography-mass spectrometry (Grace et al., 2003), ultra performance liquid chromatography (Delgado-Zamarreno et al., 2012), mass spectrometry-ultra-high performance liquid chromatography with solid phase extraction (Vila-Donat et al., 2015). In this sense, it has been seen that the previous studies more focused on soybean and soybean products for isoflavone determinations.

In this study, isoflavone derivatives were determined in some nuts and dried fruit / vegetable varieties so rarely founded in the literature. In this respect, the extraction method was applied on almonds, hazelnuts, peanuts, dried eggplant, zucchini, beans and peppers, dried apricot and grape varieties obtained from Sivas centrum. The amounts of daidzin, daidzein and genistein in almond, hazelnut, dried eggplant, zucchini, bean and pepper, dry apricot and grape varieties, widely consumed by Sivas's people and sold at the local markets in Sivas center, have been determined. The determination of isoflavone derivatives in the samples was made based on dry weights. Firstly, solid samples were extracted. For this study, the extraction state of affairs, the volume of the aqueous phase, the volume and type of the organic phase and the total volume of the extraction solution, were investigated. Subsequently, time and rotation per minute of centrifugation were studied for optimize of the extraction conditions. After optimizing the extraction conditions, the amounts of isoflavone compounds which are daidzin, daidzein and genistein were determined by a high performance liquid chromatograph on the C18 column at 30°C. Standard solutions were prepared at known concentrations of analytes and the calibration lines were drawn. In the calculation of the quantities of the analytes, it has been benefited from the calibration line.

## MATERIALS AND METHODS

### Instruments

The samples used in study were vortexed by Phoenix Instrument RS-VA10, centrifuged by the NÜVE-NT-1200R instrument and homogenized with hand blender Arzum Ar1025 Smart Max. The parameters of HPLC device were optimized to the best peak of analytes. The measuring wavelength of the detector was selected to 260 nm. The injection volume was 10 µL. In the separation and determination of daidzin, daidzein and genistein, the Agilent 1260 series HPLC instrument on C18 column (ACE, 25 mm 5 micron) with wavelength of 260 nm at was used. The chromatographic conditions are given in Table 1.

**Table 1.** The chromatographic conditions

<b>Instrument</b>	Agilent 1260 series HPLC
<b>HPLC column</b>	C18 column, ACE (25 mm 5 micron)
<b>Column Oven Temperature</b>	30 °C
<b>Mobile Phase</b>	0.1% acetic acite (Mobile phase A); 100% methanol (Mobile phase B)
<b>gradient separation</b>	0 min A:65, B:35 10 min A:0, B:100
<b>Dedector</b>	DAD (Diode Array Dedector)
<b>Wavelength</b>	260 nm

### Chemical Materials and Standards

All chemicals used in the study taken from Merck, Darmstadt, Germany firm are analytical purity. The daidzin, daidzein and genistein standards were obtained from Sigma Aldrich, Steinheim, Germany with analytical purity suitable.

### Sample Preparation and General Procedure

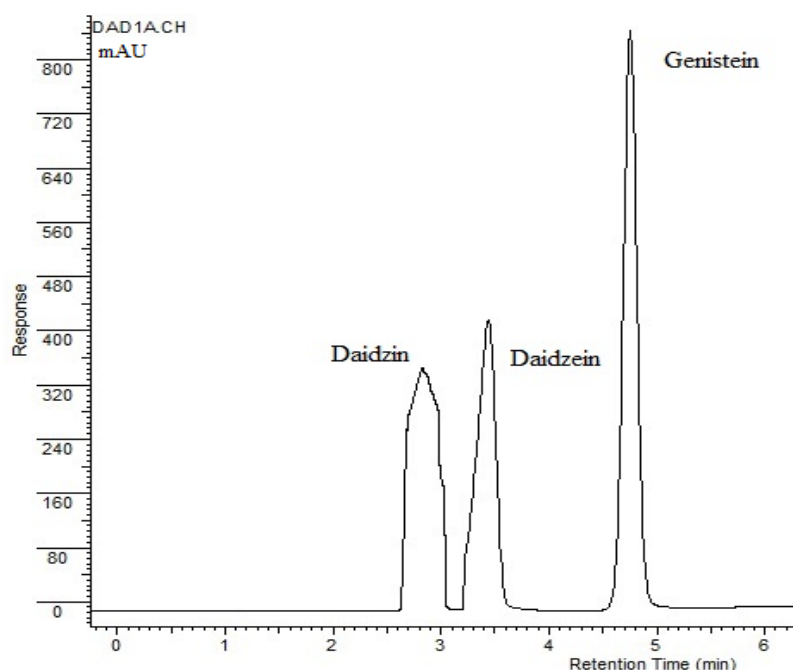
The real samples, almond, hazelnut, pistachio, dried eggplant, pepper, pumpkin, bean, dried apricot, yellow and black grape, were taken from the local markets in Sivas.

After the samples were washed with distilled water and dried, powdered by hand blender to homogenize of these. 5 grams of the samples were weighed and taken to the centrifuge tube. Three parameters have been studied for each sample. 10 mL of a mixture of 0.1% acetic acid and methanol (20:80 v/v), was added to the samples and then the samples vortexed for three minutes. Later, the samples were centrifuged at 10000 rpm for 4 minutes. The extract solution was taken with autosampler and injected into a column of high performance liquid chromatography.

### Method Validation

For validation of extraction method was examined linearity, detection limit (DL), quantification limit (QL), precision and accuracy. Standard solutions at known concentrations of analytes for the determination of daidzin, daidzein and genistein compounds were prepared in methanol medium. A calibration lines for daidzin, daidzein and genistein have drawn by measuring analyte concentrations, 1, 5, 10, 20, 50 and 100 mg L<sup>-1</sup>, in standard solutions vesus the peak areas. The linear equations, correlation coefficient and slope are given in Table 2. DL and QL values were calculated on the basis of  $F \times SD / b$ , where F is factor of 3 and 10 for DL and QL, respectively, SD is standard deviation of the blank solution (n=21) and b is slope of the linear equation. The DL for daidzin, daidzein and genistein are found as 0.28, 0.28 and 0.29 mg L<sup>-1</sup>, respectively. The QL of daidzin, daidzein and genistein were calculated as 0.92, 0.94 and 0.97 mg L<sup>-1</sup>, respectively. The gradient separation method was applied to real samples and standard solutions under optimal conditions at a wavelength of 260 nm at 0 min: 65% B: 35%, 10 min: 0: 100% gradient.

Also, the mix standard solution, 100 mg L<sup>-1</sup> of each separately daidzin, daidzein and genistein, was prepared according to high limit of quantification (HLOQ). The results are presented in Fig 1.



**Figure 1.** Chromotgram showing the retention peaks for 100 mg L<sup>-1</sup> of each separately daidzin, daidzein and genistein.

For optimization the extraction conditions, a series almond samples due to its high isoflavone content were prepared. To get the best peak, the developed method was applied to these almond samples.

**Table 2.** The characteristics of calibrated lines, where the concentration of working range for all three substances is 1-100 mg L<sup>-1</sup> (signal DAD1A).

Sample	RT*	Regression Equation	Correlation Coefficient
Daidzin	2.83	y= 4.4669x + 39.525	0.9993
Daidzein	3.41	y= 51.854x + 57.526	0.9995
Genistein	4.70	y= 78.633x - 27.09	0.9999

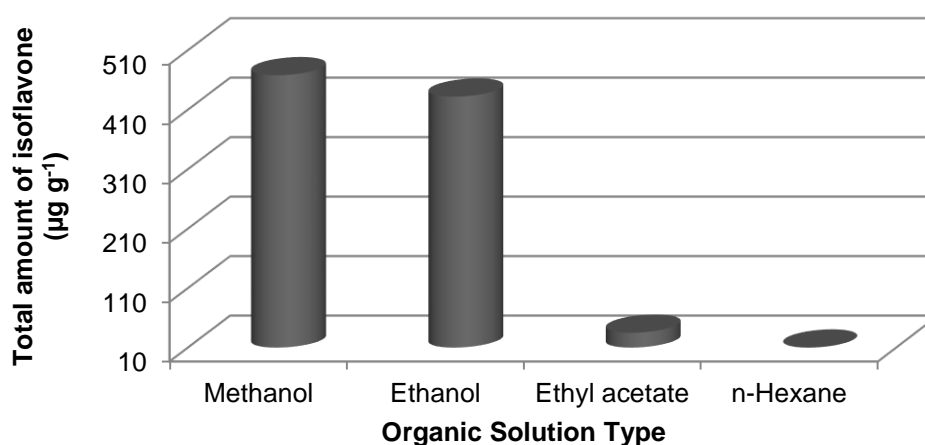
\*RT: Retention Time.

## EXPERIMENTAL

### Determination and Optimization of Extraction Solvent

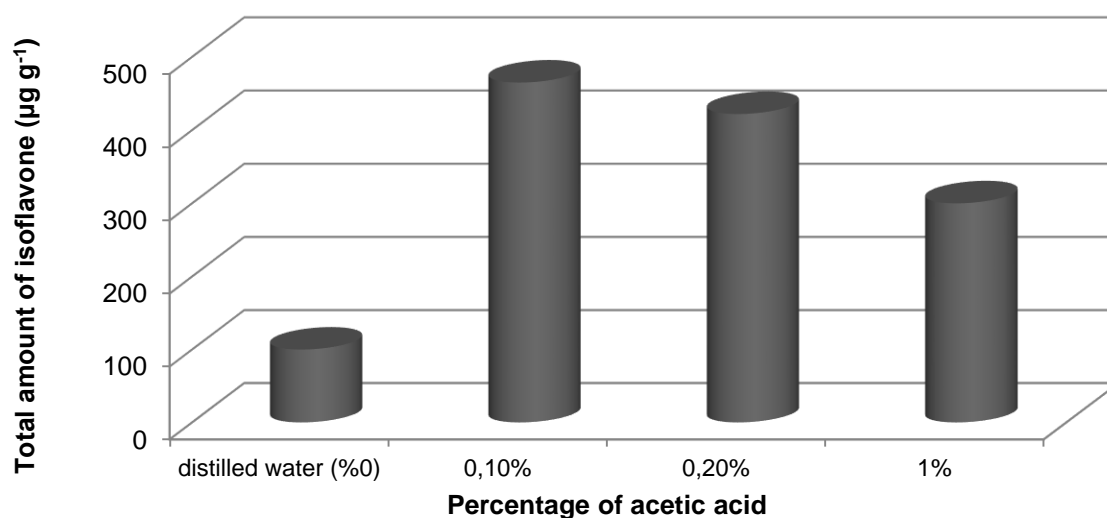
That completely transfer of analytes to the extraction solution depends on the type and amount of organic solution. For the determination of the organic phase in the extraction mixture, the extraction solution mixtures were prepared by keeping constant the amount of 0.1% acetic acid (2 mL) and by using methanol, ethanol, ethylacetate and n-hexane solutions (8 mL). To see which mixture given the best achieved result, 5 grams of almond samples were weighed. Extraction mixtures was injected into samples very quickly by a syringe, in this way extraction steps were applied to samples. Total isoflavone values were calculated according to the results obtained from the chromatogram. Total isoflavone values with respect to extraction solutions was shown in Figure 2. Methanol was chosen as the organic phase for subsequent experiments. After the organic phase was determined, the aqueous phase was determined. To do this, 2 mL of distilled water, acetic acid (0.1% - 1%) and nitric acid (0.1% - 1%) solutions, respectively were added and completed to 10 mL with methanol. After the almond samples were extracted with the obtained solution mixtures, the amounts daidzin, daidzein and genistein were determined by HPLC on C18.

As seen in Figure 3, the highest value was obtained with a 0.1% acetic acid-methanol mixture. After 0.1% acetic acid and methanol solutions were determined, 0, 1, 2, 4, 6, 8 and 10 mL of 0.1% acetic acid were added into centrifuge tubes and the final volume was completed to 10 mL with methanol. As shown in Figure 4, the best results were obtained with a mixture of 2 mL of 0.1 % acetic acid and 8 mL of methanol.

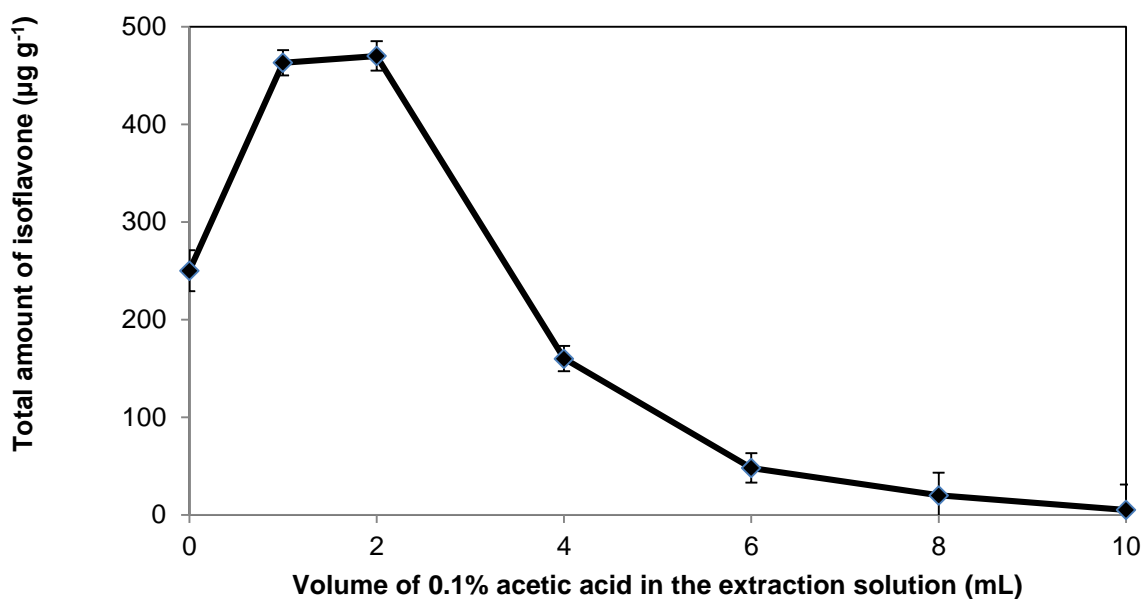


**Figure 2.** Determination of organic solution type.





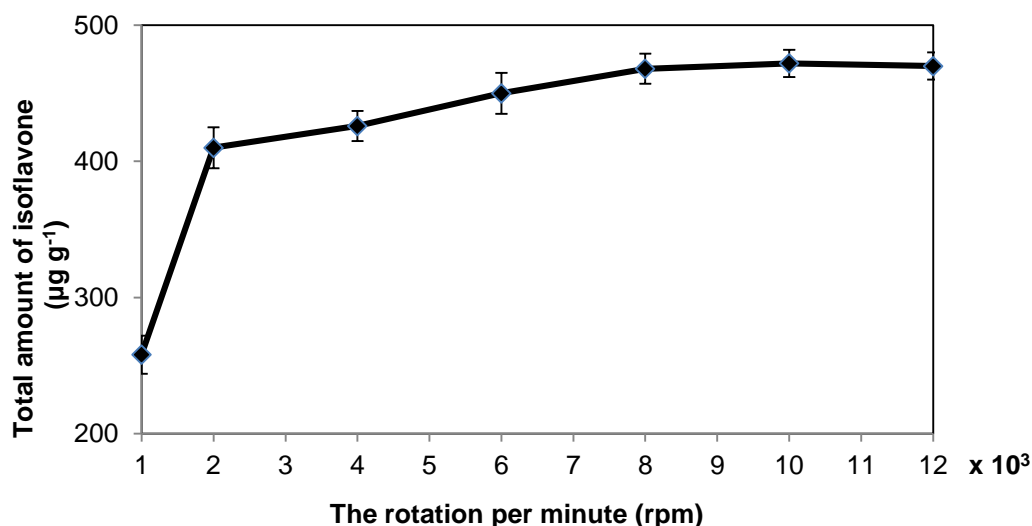
**Figure 3.** Percentage of acetic acid.



**Figure 4.** Volume of 0.1% acetic acid in the extraction solution.

#### Determination of Extraction Conditions

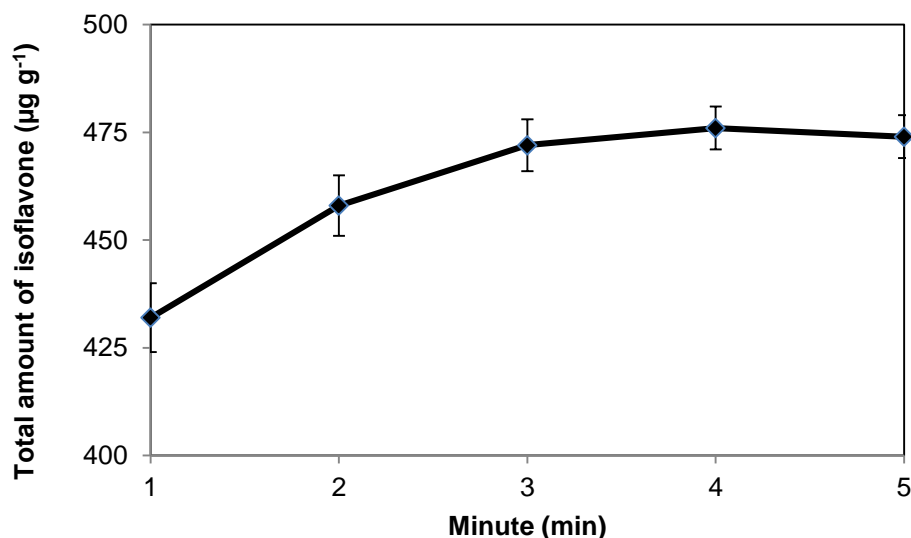
A series of almond samples were prepared to determine the centrifugal speed. Extraction solution was added to the samples. The centrifugation time was kept constant for 4 minutes and the prepared samples were centrifuged at 2000, 4000, 6000, 8000, 10000 and 12000 rpm (Rotation per minute). The content of extracted solutions were analyzed by HPLC device and the total amount of isoflavone was calculated. As can be seen in Figure 5, the best results for the total amount of isoflavone are obtained at 8000 - 12000 rpm to centrifugation speed.



**Figure 5.** The rotation per minute in the extraction process.

For subsequent experiments, the centrifugation speed was chosen at 10000 rpm. A series of almond samples were prepared to determine the extraction time.

While the centrifugation speed was kept constant at 10000 rpm, the prepared samples were centrifuged respectively at 1, 2, 3, 4 and 5 minutes. The total amount of isoflavone was calculated in the same way. As seen in Figure 6, centrifugation time was selected to 4 minutes.



**Figure 6.** Centrifuge time.

### Calculation of Analytical Parameters

In order to determine the detection limit is firstly calculated. For this reason, the blank samples (n=21) were prepared and the developed extraction method was applied to these samples. Amounts of daidzin, daidzein and genistein were determined on the C18 column in the HPLC device. The detection limits for daidzin, daidzein and genistein respectively were calculated as 0.28, 0.28 and 0.29 mg L<sup>-1</sup> and the quantification limits were calculated as 0.92, 0.94 and 0.97 mg L<sup>-1</sup>. In order to calculate the recovery of the method, after samples were prepared at the known concentrations of daidzin, daidzein and

genistein compounds, the developed method was applied. Isoflavones were determined by HPLC. The concentrations of daidzin, daidzein and genistein were calculated according to the calibration line. It was found that recovery is in the range of 95 – 103 %. The relative standard deviation of the method is  $\leq 3\%$  for 21 real samples. The working range was set in 1-100 mg L<sup>-1</sup>. Standard solutions were prepared at the concentrations of 1, 5, 10, 20, 50 and 100 mg L<sup>-1</sup> for the calibration line.

### Method Application to Samples

The developed method was applied to nuts, dried fruit and vegetable samples purchased from Sivas center. For each of samples, three parameters have been studied. As shown in Table 3, while the maximum value of the daidzin amount in the samples was found as 386.1  $\mu\text{g g}^{-1}$  in almond and the minimum value of its was found as 10.4  $\mu\text{g g}^{-1}$  in the dry yellow grape. In addition that, the amount of daidzein was calculated as 9.6  $\mu\text{g g}^{-1}$  in dry pepper, 14.6  $\mu\text{g g}^{-1}$  in dry bean, 24.6  $\mu\text{g g}^{-1}$  in almond, and the amount of genistein was calculated as 8.4  $\mu\text{g g}^{-1}$  in dry bean and 58.4  $\mu\text{g g}^{-1}$  in almond. The results are given considering the dry weight of the samples.

**Table 3.** Amounts of daidzin, daidzein and genistin ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) in the real samples taken from Sivas center (n = 3).

Sample	Daidzin	Daidzein	Genistein	Total Isoflavone
Almond	386.1 $\pm$ 3.5 <sup>a</sup>	24.6 $\pm$ 1.4	58.4 $\pm$ 3.9	469.1
Hazelnut	12.2 $\pm$ 1.2	- <sup>b</sup>	-	12.2
Peanut	25.4 $\pm$ 3.0	-	-	25.4
Dry eggplant	172.6 $\pm$ 6.2	-	-	172.6
Dry pepper	-	9.6 $\pm$ 0.5	-	9.6
Dry squash	56.2 $\pm$ 4.2	-	-	56.2
Haricot bean	168.5 $\pm$ 15.0	14.6 $\pm$ 1.3	8.4 $\pm$ 1.2	191.5
Dry apricots	18.9 $\pm$ 1.0	-	-	18.9
Dry yellow grape	10.4 $\pm$ 0.4	-	-	10.4
Dry black grapes	66.5 $\pm$ 7.2	-	-	66.5

<sup>a</sup> Average  $\pm$  standard deviation; <sup>b</sup> Below detection limit.

## DISCUSSION AND CONCLUSION

Search of the rich foods as phytoestrogen has increasingly become important due to the beneficial and deleterious effects of phytoestrogens on the living things. Although there have been many studies (Liggins et al., 2000; Krenn et al, 2002; Fukuda et al., 2011; Thomaset al., 2001; Zafra-Gómez et al., 2010) on the determination of isoflavones in various plant and food samples such as especially soybean and soy products, there is very little isoflavone determination study related to the contents of nuts, dried fruits and vegetables.

As seen in Table 4, Toro-Funes et al. reported that the highest amount of daidzin was at 1138.16  $\mu\text{g g}^{-1}$  in soybean milk (Toro-Funes et al., 2012). The amounts of daidzin, daidzein and genistein were quantified by Delgado-Zamarreno et al. in lentils and white beans, especially genistein was determined at 0.0310  $\mu\text{g g}^{-1}$  in chick pea (Delgado-Zamarreno et al. 2012). The soy and cherry samples were examined by Abranko et al. and three isoflavone derivatives were also evaluated in soy and the genistein was found the value in the range of 4.0-6.0  $\mu\text{g g}^{-1}$  in cherry from these derivatives (Abranko et al., 2015). Three isoflavones in soybean samples were identified by Ribeiro et al. and the values were found for daidzin, daidzein and genistein in range respectively, as 61.8-161.7, 4.9-15.8 and 4.1-21.7  $\mu\text{g g}^{-1}$  (Ribeiro et al., 2007). Daidzin, daidzein and genistein quantities on legumes were examined by Vila Donat et al. and obtained a maximum value at 517.4  $\mu\text{g kg}^{-1}$  for daidzin (Vila Donat et al., 2015).

In this study, nuts, dried fruits and vegetables, which get from local markets in Sivas, was extracted under optimum conditions. After then, it was determined the amounts of daidzin, daidzein and genistein compounds by HPLC. New informations with respect to the amount of isoflavones of nuts, dried fruits and vegetables that containing an important place in our nutrition, have been obtain in this study. In this respect, the amounts of daidzin, daidzein and genistein of isoflavone derivatives have been determined.

**Table 4.** Some recent studies on amounts of daidzin, daidzein and genistein in various food samples.

Instrument	Sample	Daidzin ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Daidzein ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Genistein ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Referans
Ultra-performance liquid chromatography - Mass spectrometry	Chickpea	– <sup>a</sup>	–	0.0310	(Delgado-Zamarreno et al., 2012)
	Lentil	0.0177	0.0250	0.1030	
	White Bean	0.0052	0.0263	0.0135	
UV detector - Ultra high pressure liquid chromatography	Soy milk	1138.16	43.32	77.38	(Toro-Funes et al., 2012)
High performance liquid chromatography - electrospray ionization - Mass spectrometry	Cherry	– <sup>b</sup>	–	4.0–6.0	(Abrankó et al., 2015)
High performance liquid chromatography	Soy	61.8–161.7	4.9–15.8	4.1–21.7	(Ribeiro et al., 2007)
Ultra high performance liquid chromatography - Mass spectrometry	Spanish lentils ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	1.3	1.3	2.9	(Vila Donat et al., 2015)
	Soy ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	517.4	35.8	30.9	
	Chickpea ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	319.6	34.3	26.4	
	Borlotta Beans ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	202.2	12.6	9.6	
	Pea ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	99	28	31.3	

<sup>a</sup>Average  $\pm$  standard deviation, <sup>b</sup>Below detection limit.

DL: Detection Limit; PL: Preconcentration Limit; PF: Preconcentration Factor.

## ACKNOWLEDGEMENT

This study was supported with GMYO-002 number project of Sivas Cumhuriyet University Scientific Research Projects Department.

## REFERENCES

- Abrankó L, Nagy A, Szilvássy B, Stefanovits-Bányai E, Hegedüs A, 2015. Genistein isoflavone glycoconjugates in sour cherry (*Prunus cerasus* L.) cultivars. *Food Chemistry*, 166: 215–222.
- Barros F, Dykes L, Awika JM, Rooney LW, 2013. Accelerated solvent extraction of phenolic compounds from sorghum brans. *Journal of Cereal Science*, 58: 305–312.
- Bingham SA, Atkinson C, Liggins J, Bluck L, Coward A, 1998. Phytoestrogens: where are we now? *British Journal of Nutrition*, 79: 393–406.
- Brglez Mojzer E, Knez Hrcic M, Skerget M, Knez Z, Bren U, 2016. Polyphenols: Extraction methods, antioxidative action, bioavailability and anticarcinogenic effects. *Molecules*, 2: 901.

- Cos P, Bruyne TD, Apers S, Berghe DV, Pieters L, Vlietinck AJ, 2003. Phytoestrogens: Recent Developments. *Planta Medica*, 69: 589–599.
- Delgado-Zamarreno MM, Perez-Martin L, Bustamante-Rangel M, Carabias-Martinez R, 2012. A modified QuErChers method as a sample treatment before the determination of isoflavones in foods by ultra-performance liquid chromatography–triple quadrupole mass spectrometry. *Talanta*, 100: 320–32.
- Delmonte P, Perry J, Rader JJ, 2006. Determination of isoflavones in dietary supplements containing soy, Red Clover and Kudzu: Extraction followed by basic or acid hydrolysis. *Journal of Chromatography A*, 1107: 59–69.
- Durmaz G, Gökmen V, 2010. Impacts of roasting oily seeds and nuts on their extracted oils. *Lipid Technology*, 22(8): 179–182.
- Grace PB, Taylor JJ, Botting NP, Fryatt T, Oldfield MF, Bingham SA, 2003. Quantification of isoflavones and lignans in urine using gas chromatography/mass spectrometry. *Analytical Biochemistry*, 315: 114–121.
- Franke AA, Custer LJ, Wilkens LR, Marchand LL, Nomura AMY, Goodman MT, Kolonel LN, 2002. Liquid chromatographic- photodiode array mass spectrometric analysis of dietary phytoestrogens from human urine and blood. *Journal of Chromatography B*, 777: 45–59.
- Fukuda I, Tsutsui M, Yoshida T, Toda T, Takanori T, Ashida H, 2011. Oral Toxicological Studies of Black Soybean (*Glycine Max*) Hull Extract: Acute Studies in Rats and Mice, And Chronic Studies in Mice. *Food and Chemical Toxicology*, 49(12): 3272–3278.
- King JC, Rechkemmer G, Constance JG, 2008. Second International Nuts and Health Symposium, 2007: Introduction. *The Journal of Nutrition*, 138(9): 17345–17355.
- Klejdus B, Vacek J, Adam V, Zehnalek J, Kizek R, Trnkova L, Kuban V, 2004. Determination of isoflavones in soybean food and human urine using liquid chromatography with electrochemical detection. *Journal of Chromatography B*, 806: 101–111.
- Krenn L, Unterrieder I, Ruprechter R, 2002. Quantification of isoflavones in red clover by high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography B*, 777: 123–128.
- Küçükboyacı N, Kadioğlu O, Adıgüzel N, Tamer U, Güvenç A, Bani B, 2013. Determination of Isoflavone Content by HPLC-UV Method and in vitro Antioxidant Activity of Red Clover (*Trifolium Pratense L.*). *Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences*, 10(3): 463–472.
- Liggins J, Bluck LJ, Runswick S, Atkinson C, Coward WA, Bingham SA, 2000. Daidzein and genistein contents of vegetables. *British Journal of Nutrition*, 84(5): 717–725.
- Maubach J, Bracke ME, Heyerick A, Depypere HT, Serreyn RF, Mareel MM, Keukeleire DD, 2003. Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences. Quantitation of soy-derived phytoestrogens in human breast tissue and biological fluids by high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography B*, 784: 137–144.
- Modaseri M, Messripour M, Khorami H, 2011. Effect of Soybean on Male Reproductive Physiology in Mice. *International Conference on Life Science and Technology*, 3: 15–18.
- Naim M, Gestetner B, Zilkah S, Birk Y, and Bondi A, 1974. Soybean Isoflavones. Characterization, Determination, and Antifungal Activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 22: 806–810.
- Luque-Garcia JL, Luque de Castro MD, 2004. Ultrasound-assisted Soxhlet extraction: an expeditive approach for solid sample treatment. Application to the extraction of total fat from oleaginous seeds. *Journal of Chromatography A*, 1034: 237–242.



- Özhatay N, Kültür Ş, Arslan S, 2009. Check-list of additional taxa to the supplement Flora of Turkey IV. Turkish Journal of Botany, 33: 191–226.
- Prior RL, Cao G, 1999. Assessing antioxidant capacity in plant foods. Free Radical Biology & Medicine, 27: S11–S.
- Prior RL, Wu X, Schaich K, 2005. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53: 4290–302.
- Ribeiro MLL, Mandarino JMG, Carrao-Panizzi MC, Oliveira MCN, Campo CBH, Nepomuceno AL, Ida EI, 2007. Isoflavone content and b-glucosidase activity in soybean cultivars of different maturity groups. Journal of Food Composition and Analysis, 20: 19–24.
- Rostagno MA, Villares A, Guillamon E, García-Lafuente A, Martínez, JA, 2009. Sample preparation for the analysis of isoflavones from soybeans and soy foods. Journal of Chromatography A, 1216: 2–29.
- Stratil P, Klejdus B, Kuban V, 2006. Determination of total content of phenolic compounds and their antioxidant activity in vegetables - Evaluation of spectrophotometric methods. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54: 607–616.
- Thomas BF, Zeisel SH, Busby MG, Hill JM, Mitchell RA, Scheffler NM, Brown SS, Bloeden LT, Dix KJ, Jeffcoat AR, 2001. Quantitative analysis of the principle soy isoflavones genistein, daidzein and glycitein, and their primary conjugated metabolites in human plasma and urine using reversed-phase high-performance liquid chromatography with ultraviolet detection. Journal of Chromatography B, 760: 191–205.
- Toro-Funes N, Odriozola-Serrano I, Bosch-Fuste J, Latorre-Moratalla ML, Veciana-Nogues MT, Izquierdo-Pulido M, Vidal-Carou MC, 2012. Fast simultaneous determination of free and conjugated isoflavones in soy milk by UHPLC–UV. Food Chemistry, 135: 2832–2838.
- Tsao R, 2010. Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols. Nutrients, 2: 1231–1246.
- Vila-Donat P, Caprioli G, Maggi F, Ricciutelli M, Torregiani E, Vittori S, Sagratini G, 2015. Effective clean-up and ultra high-performance liquid chromatography–tandem mass spectrometry for isoflavone determination in legumes. Food Chemistry, 174: 487–494.
- Xiao HB, Krucker M, Albert K, Liang XM, 2004. Determination and identification of isoflavonoids in Radix astragali by matrix solid-phase dispersion extraction and high-performance liquid chromatography with photodiode array and mass spectrometric detection. Journal of Chromatography A, 1032: 117–124.
- Zafra-Gómez A, Garballo A, García-Ayuso LE, Morales Juan C, 2010. Improved sample treatment and chromatographic method for the determination of isoflavones in supplemented foods. Food Chemistry, 123: 872–877.

## Farklı Tip Isı Değiştiriciler için Termodinamik Analiz

Eda Feyza AKYÜREK<sup>1</sup>, Kadir GELİŞ<sup>2\*</sup>, Mehmet YOLADI<sup>1</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada çift borulu ısı değiştirici, gövde borulu ısı değiştirici ve plakalı ısı değiştirici için termodinamik analiz yapılmıştır. Bu 3 tip ısı değiştiricinin performansları deneysel olarak test edilmiştir. Isı değiştirici test bölgesinin soğuk su debisi 1.5 L/dk değerinde sabit tutulurken sıcak su debisi 0.8 L/dk, 1.6 L/dk ve 2.4 L/dk değerlerinde değiştirilmiştir. Sıcak su beslemesi 50°C, 60°C ve 70°C olarak seçilmiştir. Deneyler hem karşıt akışlı hem de paralel akışlı olarak yapılmıştır. Yapılan deneyler neticesinde sıcaklığın ve debinin artışı ile ısı değiştiriciden alınan gücün arttığı tespit edilmiştir. Birim alandan elde edilen ısı transferi miktarı değerinin en yüksek olduğu ısı değiştirici tipi gövde borulu ısı değiştirici iken en düşük performansı çift borulu ısı değiştirici tipi göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çift borulu ısı değiştirici, gövde borulu ısı değiştirici, plakalı ısı değiştirici, termodinamik analiz

### Thermodynamic Analysis for Different Type of Heat Exchangers

**ABSTRACT:** In this study, thermodynamic analysis was performed for tubular heat exchanger, shell and tube heat exchanger, and plate heat exchanger. The performances of these 3 types of heat exchangers were experimentally tested. The cold water flow rate of the heat exchanger test zone was kept constant at 1.5 L / min, while the hot water flow rate was set at 0.8 L / min, 1.6 L / min and 2.4 L / min. The hot water tank temperature was selected as 50 ° C, 60 ° C and 70 ° C. The experiments were conducted in both counter flow and parallel flow. As a result of the experiments, it was observed that increasing temperature and flow rate increased the power taken from the heat exchanger. The heat exchanger type with the highest amount of heat transfer from the test zone is the shell and tube heat exchanger, and the tubular heat exchanger type has the lowest performance.

**Keywords:** Tubular heat exchanger, shell and tube heat exchanger, plate heat exchanger, thermodynamic analysis

<sup>1</sup> Eda Feyza AKYÜREK (Orcid ID: 0000-0003-4007-6846), Mehmet YOLADI (Orcid ID: 0000-0002-4729-0768), Erzurum Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye

<sup>2</sup> Kadir GELİŞ (Orcid ID: 0000-0001-8612-2233), Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bolu, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Kadir GELİŞ, e-mail: kadirgelis@ibu.edu.tr

Geliş tarihi / Received: 07-08-2019

Kabul tarihi / Accepted: 25-01-2020

## GİRİŞ

Maliyet, verimlilik ve çevresel faktörler, enerji gereksinimlerini karşılamak için tüm termal uygulamalarda önemlidir. Isı değiştiriciler ısı uygulama sistemlerinin en önemli elemanlarından biridir (Dal, 2019). Farklı sıcaklıklarda ki iki veya daha fazla akışkan arasında ısı değişimlerine birçok mühendislik uygulamalarında rastlarız (Kızıllan, 2007). Bu değişimi sağlayan cihazlara ısı değiştirici denir (Genceli, 1999). Isı değiştiriciler; ısıtma, havalandırma, soğutma ve ısı geri kazanımı gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadırlar. En yaygın kullanıma sahip olanlar ise kanatlı-borulu ısı değiştiricilerdir (Kırtepe ve Özbalta, 2018). Örnek olarak soğutma tesislerinde ki yoğunlaştırıcılar ve buharlaştırıcılar, su ile soğutmalı motorlarda ki radyatörler, termik santrallerde ve kimya tesislerinde kullanılan yoğunlaştırıcılar verilebilir. Isı değiştiricilerinde enerji tasarrufu, enerjinin verimli ve etkin kullanılması, ısı transferinin artırılması ile mümkündür. Enerji ihtiyacının günden güne arttığı ve enerji kaynaklarının azaldığı düşünüldüğünde ısı değiştiricilerinde ısı transferinin artırılmasının ne kadar önemli olduğu daha iyi anlaşılmaktadır. Bu kapsamda ısı değiştiricilerinde ısı transferinin artırılmasına yönelik çok sayıda çalışma yapılmış ve yapılmaya devam edilmektedir (Boran ve ark., 2014). Isı değiştiricilerinde ısı transferinin iyileştirilmesine yönelik yapılan çalışmaların amaçlarından bazıları, ağırlıklarının ve boyutlarının azaltılması, ısı transferi miktarının artırılması, toplam verimliliği iyileştirmek için akışkanlar arasındaki ortalama sıcaklık farkının azaltılması vb. olarak özetlenebilir. Genişletilmiş yüzeyler, yüzeyde yapılan bazı değişiklikler, akış alanında oluşturulan türbülans, ısı transferini artırmak için kullanılan yöntemlerden bazılarıdır (Liou ve Hwang, 1992). Isı değiştirici tipinin belirlenmesi ısı değişim problemlerinde alınan en önemli karardır. Isı değiştirici tipinin seçiminde kullanılacak temel ilke, benzer proses koşullarında çalışan ısı değiştiricisine benzer olanın tipinin seçilmesidir, bu nedenle mühendisin deneyimi çok önemlidir (Yılmaz ve Şara, 2000). Isı değiştirici tipini belirlerken benzer proses şartlarında çalışan ısı değiştiricisi bulunamıyorsa, performans parametreleri (sıcaklık programı, debiler, basınç düşümleri), ısı değiştiricinin boyutu, basınç ve sıcaklık, konstrüksiyon malzemeleri, akışkanların tipleri ve fazları, kirlenme eğilimleri, temizleme, muayene, tamir, bulunabilirlik ve ekonomik vb. faktörler dikkate alınmalıdır (Walker, 1990; Saunders, 1988; Fraas, 1989). Borulardan yapılan ısı değiştiriciler borsal ısı değiştiricilerdir. Bu ısı değiştiricilerde akışkanlardan biri borunun içinden, diğer akışkan borunun dışından akmaktadır. Borsal ısı değiştiricilerinin boru çapı, boru uzunluğu, boru sayısı, boru düzenlemesi ve boru adımı değiştirilerek farklı dizaynları yapılabilir. Borsal ısı değiştiricileri tipleri gövde borulu, çift borulu ve spiral borulu ısı değiştiriciler olmak üzere 3 çeşittir. Bunların arasından gövde borulu ısı değiştiricisinin işletme basıncının ve sıcaklık aralığının geniş olması nedeniyle diğerlerine kıyasla oldukça fazla uygulama alanı vardır (Genceli, 1999). Bu ısı değiştiriciler farklı boyutlarda borular içeren kanallardan oluşur ve farklı ebatlarda ve akış konfigürasyonlarında kolay üretilebilir olması ile tanınırlar (Mirzaei ve ark., 2017). Transfer edilen ısı oranı, besleme sıcaklığı ve basıncı, gövde çapı, boru sayısı, boru geometrisi, bölme boşluğu ve kesme boşluğu gibi çeşitli faktörlere bağlıdır Gövde borulu ısı değiştiriciler kompakt parçalardan oluşmaktadır ( Liu ve ark., 2016). Birim ısı transfer yüzeyi başına ısı transfer hacmi  $50 \text{ m}^2/\text{m}^3$ 'den  $100 \text{ m}^2/\text{m}^3$ 'e kadar değişebilmektedir. Bunun sonucu olarak diğer ısı değiştiricilerle karşılaştırıldığında maliyetlidirler. Fiyatları karşılaştırıldığında ise gövde borulu ısı değiştiriciler ısı transferinde daha etkili ve verimlidirler. Shah ve Sekulic (2003) ve Abd ve Naji (2017) tarafından yapılan çalışmada gövde borulu ısı değiştiricisinin tasarımını incelenmiş ve ayrıntılı olarak farklı demet çapları kullanılarak gövde çapının toplam ısı transfer katsayısı üzerindeki etkisi test edilmiştir. Shinde ve Chavan (2017) iki boru arası mesafe aralığının ve şaşırtma levhası tipinin ısı değiştiricilerde ısı transferini artırmada hayati bir rol oynayabileceği sonucuna varmışlardır. Benzer bir çalışmada Eryener

şasırtma levhasının malzemesinin ısı transfer katsayısı ve basınç düşüşü üzerindeki etkisini farklı malzemeler kullanarak test etmişler ve en iyi seçenek olarak paslanmaz çeliği önermişlerdir (Eryener, 2006). Yu ve ark. (2018) şasırtma levhasının uzaklık, genişlik, profil ve yerleşim düzeninin ısı değiştiricilerin genel ısı aktarımı üzerindeki etkilerini test etmişlerdir. Dizaji ve ark.(2017) ısı transferini iyileştirmek için düz bir gövde ve boru yerine bir kıvrımlı gövde ve boru kullanarak deneysel olarak araştırmalar yapmışlardır. Alimoradi ve Veysi (2017) geometrik parametrelerinin ısı transferi ve entropi üretimi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Gao ve ark. (2015) deneysel olarak helis açılı kullanmanın gövde borulu ısı değiştirici performansı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Kızıllan (2007) çalışmada gövde borulu ısı değiştiricilerinde şasırtma levhası kesmesinin ve aralığının ısı taşınım katsayısı ve basınç düşümüne etkisinin araştırmışlardır. Şasırtma levhası kesilmesiyle ve aralığının artmasıyla ısı taşınım katsayısının ve basınç düşüşünün azaldığı belirtmişlerdir. Isı değiştiricilerindeki her parça, aktarılan toplam ısı üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir, bu nedenle tüm parametrelerin dikkatlice seçilmesi önemlidir (Ammar ve ark., 2018).

Çift borulu ısı değiştiricileri ısı değiştirici tiplerinin arasında en basit olanlardır. Büyük çaplı bir borunun içerisine daha küçük çaplı bir borunun eş merkezli olarak yerleştirilmesi ile oluşturulur. İçteki borudan akışkanlardan birisi akarken dıştaki borudan da diğeri akar. İstenilen basınç düşüşü ve sıcaklık farkını sağlamak için seri veya paralel bağlı olarak düzenlenebilirler. İçteki boru tek veya çok borulu bir şekilde yapılabilir. Eksenel kanatçıklara sahip iç boru (veya borular), halkadaki ısı taşınım katsayısı düşük olduğu durumlarda kullanılabilir (Yılmaz ve Şara, 2000). Çift borulu ısı değiştiricileri düşük tasarım ve bakım maliyetleri, esneklikleri ve düşük kurulum maliyetleri nedeniyle birçok endüstride kullanılmaktadır (Omidi ve ark., 2017). Yapılandırma, bakım ve temizlik kolaylığı nedeniyle, yüksek basınçlı akışkanlar ve yüksek kirlenme koşulları için de uygundur (Kakac ve Lui, 2002). Bu tip ısı değiştiricilerinin uygulama alanları; ısı geri kazanım işlemleri, iklimlendirme ve soğutma sistemleri, kimyasal reaktörler ve yiyecek prosesleridir (Naphon ve Suchana, 2011). Bununla birlikte, en büyük dezavantajları büyük hacimli tasarımları ve birim transfer yüzeyi başına maliyetidir (Ghani ve ark., 2018). Pourahmad ve Pesteei (2016) çift borulu ısı değiştiricileri üzerinde, iç boruya dalgalı şerit türbülötörlerini yerleştirerek deneysel çalışma yapmışlardır. Onların bulguları, ısı transfer özelliklerinin geliştirilmesinde önemli gelişmelerdir. Gupta ve Atrey (2000) düşük sıcaklık uygulamaları için zıt akışlı ısı değiştiricisinin performansının değerlendirmesi üzerinde çalıştılar, zıt akışlı ısı değiştiricilerin, yüksek etkinliklerinden dolayı kriyojenik sistemlerde yaygın olarak kullanıldığını bulmuşlardır. Bu ısı değiştiricilerinin ısı performansını, duvar boyunca uzunlamasına iletkenlik, çevredeki sızıntılardan ısı kaybı, akışta bozulma gibi çeşitli kayıplar tarafından belirlendiği ifade edilmiştir. 300-80 K ve 80-20 K sıcaklık aralığında ısı kaybı ve eksenel iletkenlik parametrelerinde ısı değiştirici performansının düşmesi üzerindeki nicel etkisini anlamak için çalışmalarını genişlettiler.

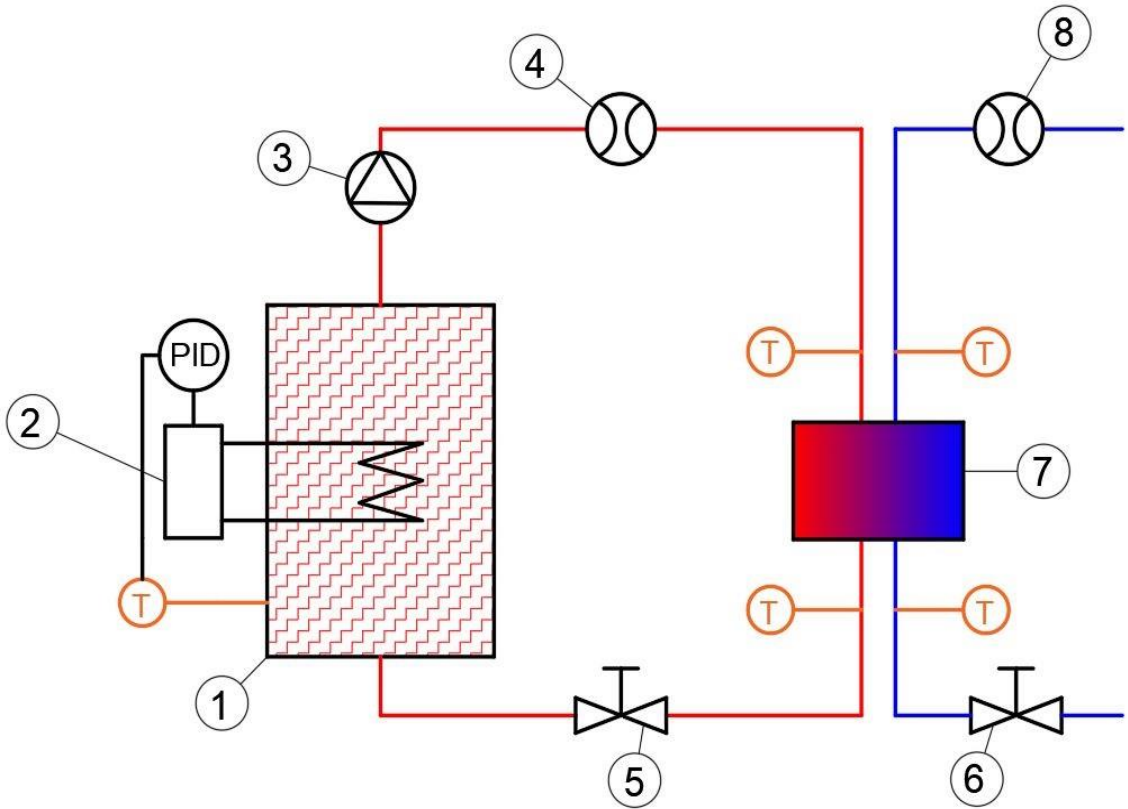
Akış kanalları ince plakalardan oluşan ısı değiştirici; plakalı ısı değiştiricilerdir. Plakalı ısı değiştiriciler; gaz, sıvı veya iki-fazlı akışların herhangi bir kombinasyonu için ısı transfer etmek amacıyla kullanılırlar. Bu ısı değiştiricilerinin contalı-plakalı, spiral plakalı ve lamelli olmak üzere 3 değişik tipi vardır (Yılmaz ve Şara, 2000). Plakalı ısı değiştiricileri; ısıtma, soğutma, ısı geri kazanımı, yoğuşma ve buharlaşma gibi çeşitli uygulamalarda yaygın şekilde kullanılır. Plakalı ısı değiştiricilerinin karmaşık geometri profili, yüksek ısı transferiyle sonuçlanan yüksek derecede türbülans sağlar (Imrana ve ark., 2017). Plakalı ısı değiştiriciler kompaktlık, etkinlik, tasarım esnekliği ve düşük maliyet gerektiren çok sayıda endüstriyel uygulama için yaygın olarak kullanılır (Wang ve ark., 2007). Plakalı ısı değiştiriciler genellikle karşılıklı temas halinde olan metal plakalardan oluşur. Her plaka, giriş ve çıkış delikleri olarak işlev gören dört açıklığa ve akışkanları alternatif akış geçişlerinde yönlendirmek için tasarlanmış contalara sahiptir. Bitişik plakalar akış kanallarını oluşturur, böylece iki akış alternatif

kanallardan geçerken ısı alışverişi yapar (Zhang ve ark., 2019). Basıncın yüksek olduğu uygulamalarda düşük basınçlarda kullanılabilen ısı değiştiricisi tipleri hemen seçimin dışına atılabilir. Belirli sıcaklık aralığında çalışan ısı değiştiricileri de bunların seçilmemesinin nedeni olabilir. Çalışma sıcaklığının 200 °C' nin altında, daima plakalı tip özellikle de contalı plakalı tip ısı değiştiricisinin seçilmesine daha uygundur. Daha yüksek basınç ve sıcaklıklarda çift borulu ısı değiştirici, gövde borulu ısı değiştirici veya kaynaklı plakalı ısı değiştiricilerinden biri seçilmelidir. Özellikle çift-borulu ısı değiştirici küçük kapasiteli ve yüksek basınçlı uygulamalar için daha uygundur (Saunders, 1988). Araştırmacılar farklı tipteki ısı değiştiricilerini değişik amaç ve metodoloji ile optimize etmek için çaba sarf etmişlerdir. Örneğin, Patel ve Rao farklı optimizasyon algoritmalarıyla gövde borulu ısı değiştirici (Patel ve Rao, 2010; Rao ve Patel, 2013), plaka-kanatlı ısı değiştirici (Rao ve Patel, 2013; Rao ve Patel, 2010) ve rejeneratif ısı değiştiricinin ( Rao ve Patel, 2011) optimizasyonunu gerçekleştirdi.

Yapılan bu çalışmada farklı ısı değiştirici tiplerinin performanslarının kıyaslanması, debi ve sıcaklığın değişimi ile ısı değiştirici performansının nasıl değiştiği araştırılmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada kullanılan deney düzeneğinin şematik resmi Şekil 1 de verilmiştir.



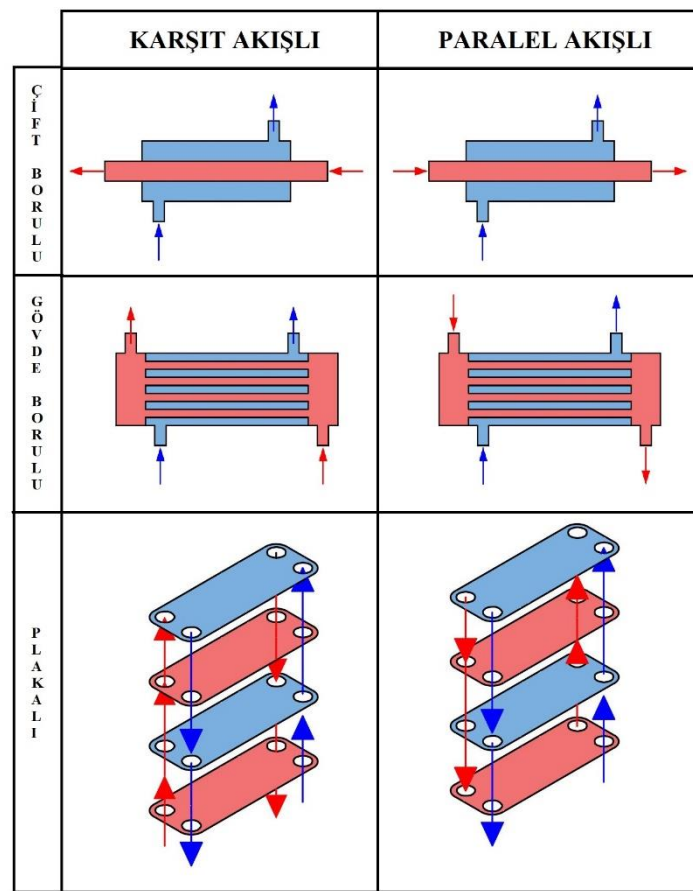
- |             |                         |                       |
|-------------|-------------------------|-----------------------|
| 1-Tank      | 4-Debimetre(Sıcak su)   | 7-Isı Değiştirici     |
| 2-Rezistans | 5-Ayar Vanası(Sıcak Su) | 8-Debimetre(Soğuk Su) |
| 3-Pompa     | 6-Ayar Vanası(Soğuk Su) |                       |

Şekil 1. Deney düzeneği şematik gösterimi

Düzenek temel olarak iki kısımdan oluşmaktadır. Bunlar sıcak su ısıtma için kullanılan tank kısmı ve ısı değiştirici tiplerinin bağlandığı test kısımlarıdır. Tankta bulunan su rezistans vasıtasıyla ısıtılır.



Tankın orta kısmında bağlı olan pt100 sıcaklık sensörü ve buna bağlı PID sıcaklık kontrol ünitesi ile su istenilen sıcaklığa ayarlanır. Tankın çıkış kısmında debi değeri ayarlanabilen bir sirkülasyon pompası bulunmaktadır, bu pompadan çıkan iş akışkanı kanatçık tipi bir debimetreden ve ısı değiştiriciden de geçerek tanka geri döner ve çevrim tamamlanır. Deney setinin ısı değiştirici kısmı modülerdir, istenilen tip ısı değiştirici tipi kolay bağlantı elemanları ile sökülüp takılabilmektedir. Test bölgesinde ısı değiştiricilerin giriş ve çıkışlarına bağlanmak üzere 4 adet bağlantı hortumu bulunmaktadır, bunlardan ikisi sıcak hattın gidiş ve dönüşü, diğer ikisi ise soğuk hattın gidiş ve dönüşleridir. Hem sıcak hat hem de soğuk hattın giriş ve çıkışlarında sıcaklık ölçümlerinin yapıldığı ve K tipi termokupl bağlı olan sıcaklık ölçüm noktaları vardır. Deneysel sistemden alınan veriler bir otomasyon ekranı üzerinden izlenebilmekte ve veriler otomasyon ekranı üzerinden okunabilmektedir. Test bölgesine bağlanarak performans testleri alınan ısı değiştirici tipleri ve bu ısı değiştiricilerin akış yönleri Şekil 2 de verilmiştir.



Şekil 2. Deneylerde kullanılan ısı değiştirici tipleri ve akış yönleri

### Verilerin İşlenmesi

Deney düzeneğinde, test bölgesine sıcak akışkan ile aktarılan ısının tamamının taşınım mekanizması ile soğuk akışkana transfer edildiği kabul edilmiştir. Bu sebeple ısı kayıpları ihmal edilmiş ve soğuk akışkan tarafından alınan ısı, eşitlik 1 kullanılarak hesaplanmıştır. Eşitlik 2 ile eşitlik 1 in oranı sistemden olan ısı kayıplarının ihmal edilebilir seviyede olup olmadığını kontrol etmek amacıyla kullanılmıştır. Test bölgesine bağlanan 3 farklı tip ısı değiştirici için ısı transfer yüzey alanları farklıdır. Eşitlik 3 ise her bir ısı değiştiriciden elde edilen güç değerlerinin o ısı değiştiricinin ısı transfer yüzey alanına bölünmesiyle elde edilen güç yoğunluğu değerlerini temsil etmektedir. Deneylerde kullanılan ısı değiştirici tipleri ve o ısı değiştirici tipinin ısı transfer yüzey alanı Çizelge 1 de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Deneylerde kullanılan ısı değiştirici tipleri ve ısı transfer yüzey alanları

Isı Değiştirici Tipi	Isı Transfer Yüzey Alanı (m <sup>2</sup> )
Çift Borulu Isı Değiştirici	0,025
Plakalı Isı Değiştirici	0,048
Gövde Borulu Isı Değiştirici	0,02

$$Q_{alınan} = \dot{m}C_p(T_{g,soğuk} - T_{ç,soğuk}) \quad (1)$$

$$Q_{verilen} = \dot{m}C_p(T_{g,sıcak} - T_{ç,sıcak}) \quad (2)$$

$$Q'' = \frac{Q}{A} \quad (3)$$

### Belirsizlik Analizi

Deneysel parametrelerin belirsizliğini belirlemek için Kline ve McClintock (Kline ve McClintock, 1953) tarafından önerilen tema uygulanmıştır. Bu yöntemle göre, R sistemde ölçülecek sonuç işlevidir ve  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ 'nin R değerini etkileyen bağımsız değişkenlerdir. Bu durumda;

$$R = R(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$$

olarak ifade edilebilir.

$w_1, w_2, \dots, w_n$  bağımsız değişkenlerin belirsizlikleri olsun. R sistemin toplam belirsizliğini vermek üzere, aşağıdaki gibi verilebilir (Kline ve McClintock, 1953).

$$W = \left[ \left( \frac{\partial R}{\partial x_1} w_1 \right)^2 + \left( \frac{\partial R}{\partial x_2} w_2 \right)^2 + \dots + \left( \frac{\partial R}{\partial x_n} w_n \right)^2 \right]^{1/2} \quad (4)$$

Bu çalışmadaki en önemli parametrelerin (sıcaklık ve debi) belirsizlikleri aşağıda yer alan Çizelge 2'de verilen parametreler esas alınarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak sıcaklık ölçüm belirsizliği  $\pm 1.224^\circ\text{C}$ , debi ölçüm belirsizliği  $\pm 0.0141^\circ\text{C}$  olarak hesaplanmıştır.

**Çizelge 2.** Ölçüm cihazlarının teknik özellikleri, hassasiyetleri ve toplam belirsizlikleri

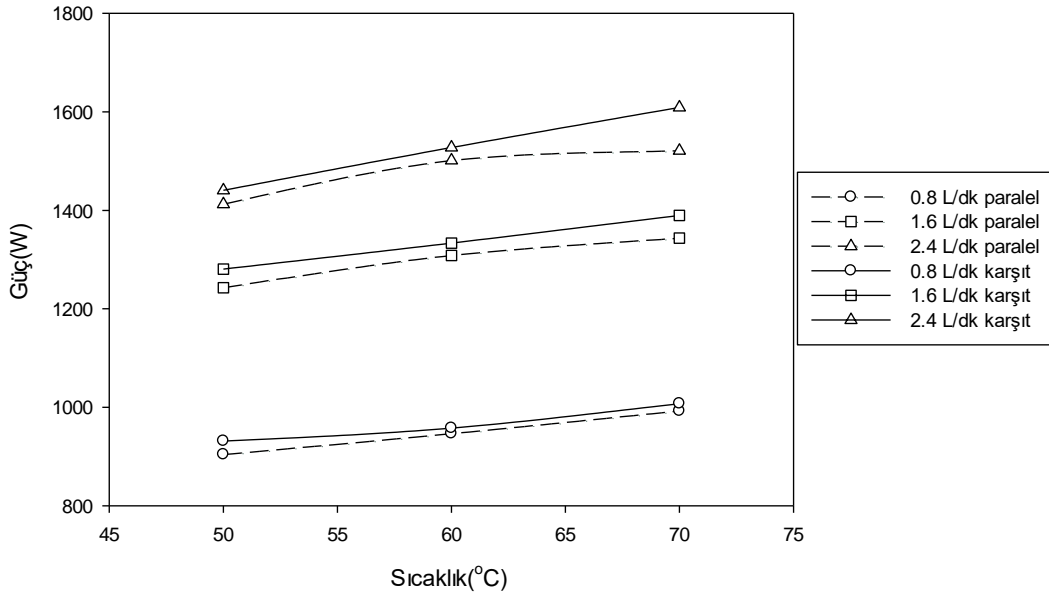
Cihaz	Teknik Özellik	Hassasiyet	Toplam Belirsizlik
Data logger	K tipi; Ölçüm aralığı (-200°C-1200°C)	$\pm 0.5^\circ\text{C}$	$\pm 1.224^\circ\text{C}$
Debimetre	Ölçüm aralığı (0-30 L/dk)	$\pm 0.01 \text{ L/dk}$	$\pm 0.0141^\circ\text{C}$

### BULGULAR VE TARTIŞMA

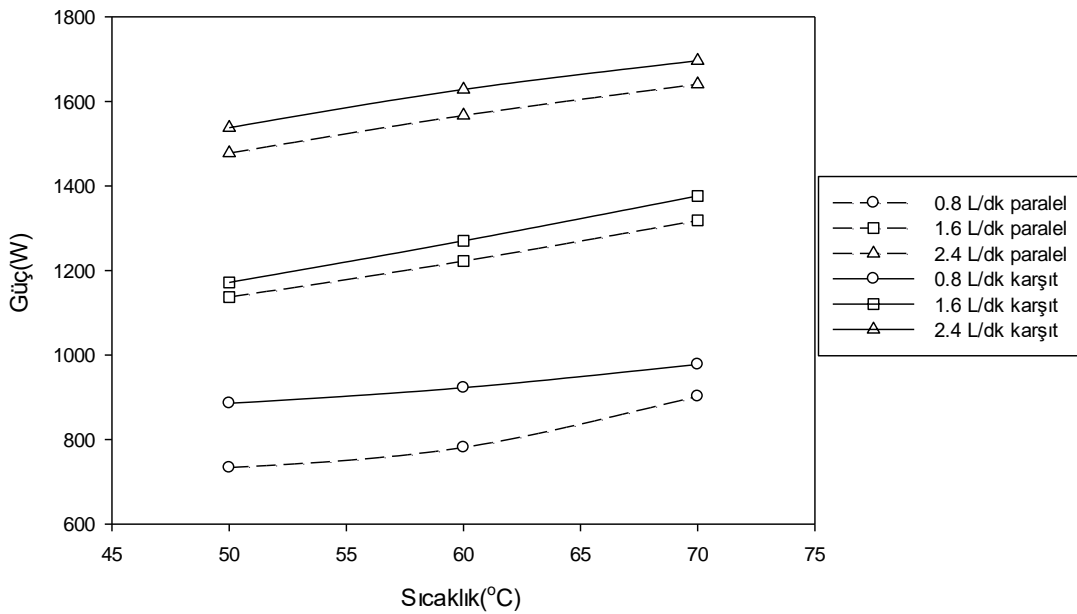
Bulgular ve Tartışma başlığı altında deneyler esnasında kullanılan 3 farklı tip ısı değiştiricinin farklı sıcaklık, debi değerlerindeki güç çıktıları ve farklı tip ısı değiştiricilerin güç yoğunluğu kıyaslamaları sunulmuştur.

Hem sıcaklık hem debi farklı tip ısı değiştiriciler için değişik etkiler oluşturmuşlardır. DeneySEL olarak değerlendirilen 3 tip ısı değiştirici için aynı çalışma şartlarında karşıt akış durumu paralel akış durumuna göre daha iyi performans sağlamaktadır. Çift borulu ısı değiştirici tipinde karşıt akışlı durum için sıcaklığın 50, 60 ve 70 °C değerlerinde ve 2.4 L/dk debi değeri için güç değerleri sırasıyla 1440.7 W, 1527.6 W ve 1609.1 W olmuştur. Gövde borulu ısı değiştirici tipinde karşıt akışlı durum için

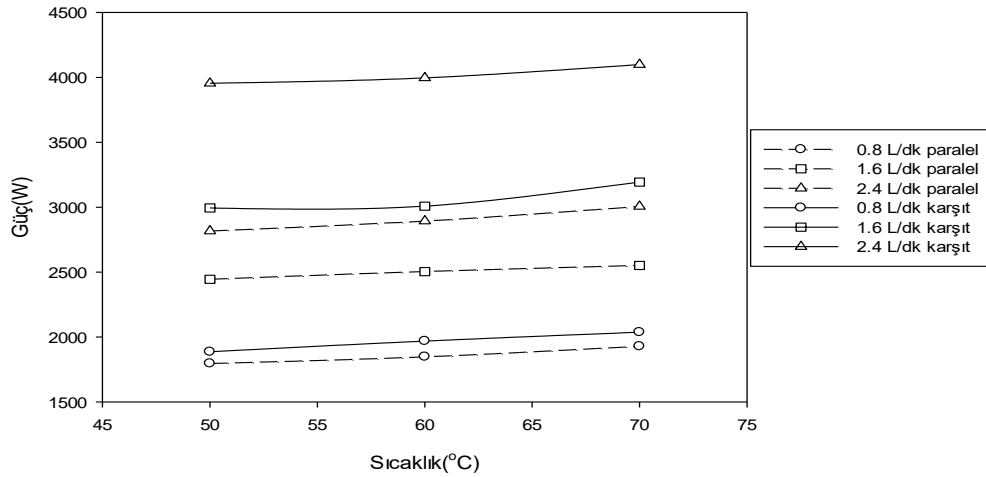
sıcaklığın 50, 60 ve 70 °C değerlerinde ve 2.4 L/dk debi değeri için güç değerleri sırasıyla 1538 W, 1628.4 W ve 1696.3 W olmuştur. Plakalı ısı değiştirici tipinde karşıt akışlı durum için sıcaklığın 50, 60 ve 70 °C değerlerinde ve 2.4 L/dk debi değeri için güç değerleri sırasıyla 3955.2 W, 3996.4 W ve 4098.9 W olmuştur. Bu değerler deneyde kullanılan 3 tip ısı değiştirici için karşıt akışlı ve 2.4 L/dk değerlerine karşılık gelen güç değerleridir, diğer debilere karşılık gelen güç değerleri Şekil 3, Şekil 4 ve Şekil 5 te grafik halinde sunulmuştur. En yüksek güç değeri plakalı ısı değiştiricide elde edilmesine rağmen, güç yoğunluğu (birim alandan elde edilen güç) en yüksek olan ısı değiştirici tipi plakalı ısı değiştirici değildir. Güç yoğunluklarına ilişkin veriler Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8 de verilmiştir.



Şekil 3. Çift borulu ısı değiştirici için sıcaklık-güç grafiği



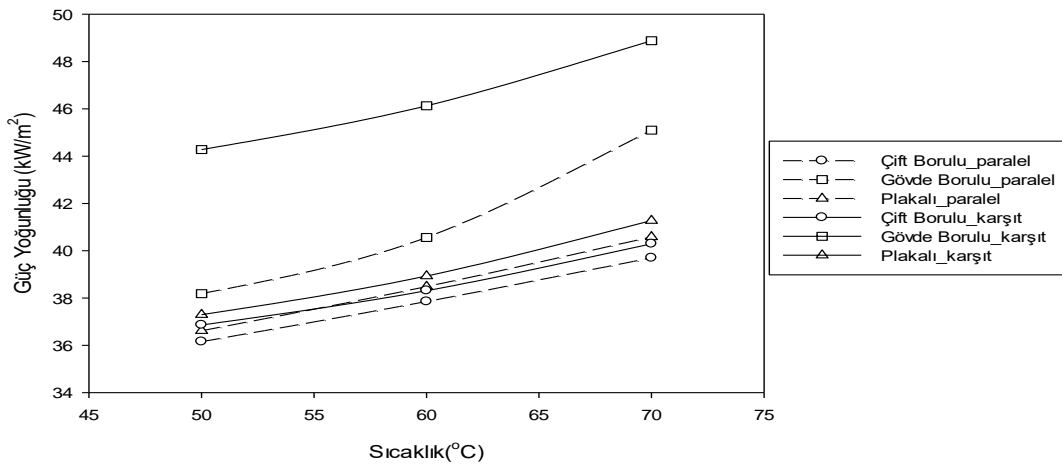
Şekil 4. Gövde borulu ısı değiştirici için sıcaklık-güç grafiği



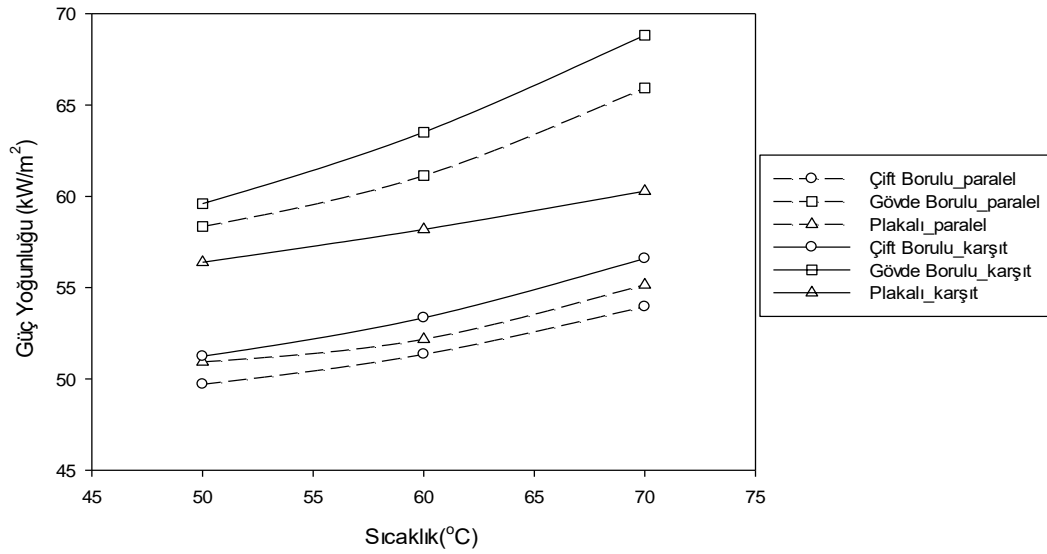
Şekil 5. Plakalı ısı değiştirici için sıcaklık-güç grafiği

Değerlerden de anlaşılacağı üzere sıcaklık ve debinin değişimleri her tip ısı değiştirici de farklı bir tepki ile sonuçlanmıştır. Bu değişimin ısı değiştirici tipi ve tasarım ile yakından ilişkisi olduğu düşünülmektedir. Elde edilen veriler ışığında optimum işletme parametrelerinin ve doğru ısı değiştirici tipinin seçilmesi termal performansı önemli derecede etkilemektedir.

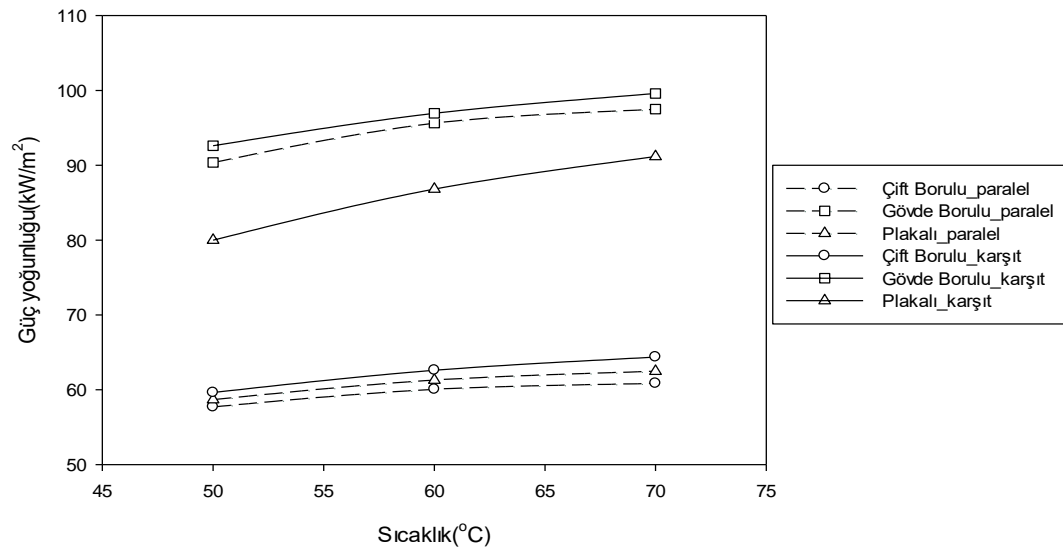
Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8 incelendiğinde en yüksek güç yoğunluğunu gövde borulu ısı değiştiricide sağlandığı, en düşük güç yoğunluğunun ise çift borulu ısı değiştirici de sağlandığı görülmektedir. Her ısı değiştirici tipi için karşıt akış durumunda daha iyi bir performans sağlanmıştır. En iyi performansı sergileyen gövde borulu ısı değiştirici için; sıcak su besleme debisi 0.8 L/dk iken sıcaklığın 50, 60 ve 70 °C değerlerinde güç yoğunluğu değerleri sırasıyla 44.28 kW/m<sup>2</sup>, 46.13 kW/m<sup>2</sup> ve 48.88 kW/m<sup>2</sup>, sıcak su besleme debisi 1.6 L/dk iken sıcaklığın 50, 60 ve 70 °C değerlerinde güç yoğunluğu değerleri sırasıyla 59.60 kW/m<sup>2</sup>, 63.51 kW/m<sup>2</sup> ve 68.82 kW/m<sup>2</sup>, sıcak su besleme debisi 2.4 L/dk iken sıcaklığın 50, 60 ve 70 °C değerlerinde güç yoğunluğu değerleri sırasıyla 92.61 kW/m<sup>2</sup>, 96.94 kW/m<sup>2</sup> ve 99.60 kW/m<sup>2</sup> olmuştur. Bu veriler ışığında birim alandan (m<sup>2</sup>) elde edilen en yüksek güç gövde borulu ısı değiştirici kullanılarak ve karşıt akış durumunda 2.4 L/dk debi değerinde 99.60 kW olduğu, en düşük gücün ise çift borulu ısı değiştirici ile paralel akış durumunda 0.8 L/dk debi değerinde 36.15 kW değerinde olduğu görülmüştür. Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8'de deneylerde kullanılan ısı değiştirici tipleri için farklı debi değerlerinde güç yoğunlukları verilmiştir.



Şekil 6. Farklı ısı değiştirici tiplerinin güç yoğunluğu kıyaslaması (0.8 L/dk için)



Şekil 7. Farklı ısı değiştirici tiplerinin güç yoğunluğu kıyaslaması (1.6 L/dk için)



Şekil 8. Farklı ısı değiştirici tiplerinin güç yoğunluğu kıyaslaması (2.4 L/dk için)

## SONUÇ

Endüstride sıkça karşılaşılan uygulamalardan birisi olan ısı değiştiricilerin etkin kullanımı ısı transferi problemlerinde önemli bir konudur. Bu çalışmada da uygulamada sıkça kullanılan ısı değiştirici tiplerinin performanslarının kıyaslanması konularında çalışma yapılmıştır. Bu sayede ileride ısı değiştirici konularında çalışmalar yapmayı düşünen araştırmacılara ısı değiştiricilerin performansları hakkında deneysel verilerden elde edilen bir veri seti oluşturulmuştur. Bu çalışmanın deneysel parametreleri; 3 farklı tip ısı değiştirici (çift borulu, gövde borulu ve plakalı), 3 farklı besleme suyu sıcaklığı (50°C, 60°C, 70°C) ve 3 farklı besleme debisi (0.8 L/dk, 1.6 L/dk, 2.4 L/dk) olarak belirlenmiş ve deneyler tamamlanmıştır. Deneylerden elde edilen verilerden şu sonuçlara varılmıştır:

- Besleme suyu sıcaklığının artışı ile ısı transfer hızı artmıştır.
- Besleme suyu debisi artışı ile ısı transfer hızı artmıştır.



- Deneyleerde kullanılan gövde borulu, plakalı ve çift borulu ısı değiştiricilerin her biri için karşıt akışlı akış yönü durumunda paralel akışlı duruma göre daha yüksek performans sergilemiştir.
- Gövde borulu ısı değiştiricinin sıcaklığa olan duyarlılığı diğer 2 tip ısı değiştiriciden daha fazla olmuştur. Yani besleme suyu sıcaklığının artışı gövde borulu ısı değiştiricide diğer ısı değiştirici tiplerinden daha etkin performans artışı olmuştur.
- Gövde borulu ısı değiştirici de karşıt akışlı durum paralel akışlı duruma ortalama olarak %3.87 kadar daha iyi güç yoğunluğu sağlamıştır.
- Çift borulu ısı değiştirici de karşıt akışlı durum paralel akışlı duruma ortalama olarak %3.89 kadar daha iyi güç yoğunluğu sağlamıştır.
- Plakalı ısı değiştirici de karşıt akışlı durum paralel akışlı duruma ortalama olarak %11.53 kadar daha iyi güç yoğunluğu sağlamıştır.
- Akış yönünün etkisi en fazla plakalı ısı değiştiricinin güç yoğunluğunu etkilemiştir. Çift borulu ve gövde borulu tip ısı değiştiricilerin güç yoğunluğunu ise yaklaşık olarak aynı düzeyde etkilemiştir. Buradan akış yönünün farklı tip ısı değiştiricilerde farklı etkilere sebep olduğu sonucuna varılmıştır.
- Karşıt akışlı durumda gövde borulu ısı değiştirici çift borulu tip ısı değiştiriciye göre ortalama olarak % 19.06 daha iyi güç yoğunluğu değeri sağlarken, plakalı tip ısı değiştirici çift borulu tip ısı değiştiriciye göre ortalama olarak % 9.09 daha iyi güç yoğunluğu değeri sağlamıştır.
- Paralel akışlı durumda gövde borulu ısı değiştirici çift borulu tip ısı değiştiriciye göre ortalama olarak % 18.08 daha iyi güç yoğunluğu değeri sağlarken, plakalı tip ısı değiştirici çift borulu tip ısı değiştiriciye göre ortalama olarak % 1.61 daha iyi güç yoğunluğu değeri sağlamıştır.
- Kıyaslanan ısı değiştirici tiplerinden birim alan için en yüksek performanslı olandan en düşük performanslı olana doğru sırasıyla; gövde borulu ısı değiştirici, plakalı ısı değiştirici ve çift borulu ısı değiştirici olduğu tespit edilmiştir.

## KAYNAKLAR

- Abd AA, Naji SZ, 2017. Analysis Study Of Shell And Tube Heat Exchanger For Clough Company With Reselect Different Parameters To Improve The Design. *Case Studies in Thermal Engineering*, 10: 455–467.
- Alimoradi A, Veysi F, 2017. Optimal And Critical Values Of Geometrical Parameters Of Shell And Helically Coiled Tube Heat Exchanger. *Case Studies in Thermal Engineering*, 73–78.
- Ammar A, Abda C, Kareema MQ, Naji SZ, 2018. Performance Analysis Of Shell And Tube Heat Exchanger: Parametric ;Study. *Case Studies in Thermal Engineering*, 12: 563-568.
- Boran K, Daştan F, Şahin HM, Aktaş M, 2014. Isı Eşanjörlerinde Isı Transferi İyileştirme Yöntemlerinin Sayısal Ve Deneysel Olarak İncelenmesi. *Politeknik Dergisi*, 17(4): 183-191
- Dal AR, 2019. Düz Plakalı Borulu Bir Isı Değiştiricisinin Optimum Kanatçık Aralığının Sayısal Analizi. *Ömer Halis demir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(1): 479-501.
- Dizaji HS, Jafarmada S, Asaadi S, 2017. Experimental Exergy Analysis For Shell And Tube Heat Exchanger Made Of Corrugated Shell And Corrugated Tube. *Exp. Therm. Fluid Sci.*, 475–481.
- Eryener D, 2006. Thermoeconomic Optimization Of Baffle Spacing For Shell And Tube Heat Exchangers. *Energy Convers. Manag.* 47 (11–12): 1478–1489.
- Fraas AP, 1989. *Heat Exchanger Design*. John Wiley&Sons.
- Genceli, OF, 1999. *Isı Degistiricileri*. Birsen Yayın evi, İstanbul, 424 S.
- Gao B, Bi Q, Nie Zi, Wu J, 2015. Experimental Study Of Effects Of Baffle Helix Angle On Shell-Side Performance Of Shell-And-Tube Heat Exchangers With Discontinuous Helical Baffles. *Exp. Therm. Fluid Sci.*, 48–57.
- Ghani S, Gamaledin SMA, Rashwana MM, Atieh MA, 2018. Experimental Investigation Of Double-Pipe Heat Exchangers in Air Conditioning Applications. *Energy And Buildings*, 158: 801-811.

- Gupta P, Atrey Md. 2000. Performance Evaluation Of Counter Flow Heat Exchangers Considering The Effect Of Heat In Leak And Longitudinal Conduction For Low temperature Applications. *Cryogenics*, 40(7): 469–474.
- Imrana M, Pambudi AN, Farooq M, 2017. Thermal And Hydraulic Optimization Of Plate Heat Exchanger Using Multi Objective Genetic Algorithm. *Case Studies in Thermal Engineering*, 10: 570-578.
- Kakac S, Lui H, 2002. Heat exchangers. Selection, Rating and thermal design, Second edi, Crcpress, Florida,
- Kırtepe E, Özbalta N, 2018. Kanatlı-Borulu Isı Değiştiricilerde Belirsizlik Analizi. *Dümf Mühendislik Dergisi*, 9 (1): 161 - 175.
- Kızıllan Ö, 2007. Gövde Borulu Bir Isı Değiştiricisinde Şaşırtma Levhasının Isı Tasınım Katsayısına Ve Basınç Düşümüne Etkisinin İncelenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(3): 246-251.
- S.J. Kline, F.A. McClintock, Describing uncertainties in single-sample experiments, *Mech. Eng.* 75(1)(1953)3-8.
- Liou TM, Hwang JJ, 1992. Developing Heat Transfer And Friction In A Ribbed Rectangular Duct With Flow Separation At Inlet. *Asme J. Fluids Eng.*, 114 (3): 565-573.
- Liu L, Ding N, Shi J, Xu N, Guo W, Wu C, 2016. Failure Analysis Of Tube-To-Tube sheet Welded Joints In A Shell-Tube Heat Exchanger. *Case Stud. Eng. Fail. Anal.* 32–40.
- Mirzaei M, Hajabdollahi H, Fadaakar H, 2017. Multi-Objective Optimization Of Shell-And-Tube Heat Exchanger By Constructal Theory. *Appl. Therm. Eng.*, 125: 9–19.
- Naphon P, Suchana T, 2011. *Int. Communications In Heat And Mass Transfer*, 38: 236-241.
- Omidi M, Farhadi M, Jafari M, 2017. A comprehensive review on double pipe heat exchangers, *Appl. Therm. Eng.*, 110: 1075–1090.
- Patel VK, Rao RV, 2010. Design Optimization Of Shell-And-Tube Heat Exchanger Using Particle Swarm Optimization Technique. *Appl Therm Eng.*, 30: 1417–1425.
- Pourahmad S, Pesteei SM, 2016. Effectiveness-Ntu Analyses in A Double Tube Heat Exchanger Equipped With Wavy Strip Considering Various Angles. *Energy Conversion And Management*, 123: 462-469.
- Rao RV, Patel VK, 2013. Multi-Objective Optimization Of Heat Exchangers Using A Modified Teaching-Learning Based Optimization. *Algorithm, Appl Math Model*, 37:1147–1162.
- Rao RV, Patel VK, 2010. Thermodynamic Optimization Of Cross-Flow Plate-Fin Heat Exchangers Using A Particle Swarm Optimization. *Technique, Int J Therm Sci.*, 49: 1712–1721.
- Rao RV, Patel VK, 2011. Design Optimization Of Rotary Regenerator Using Artificial Bee Colony Algorithm. *P I Mech Eng A-J Pow*, 225: 1088–1098.
- Saunders EAD, 1988. *Heat Exchangers-Selection, Design & Construction*. Longman&Scientific Technical, 1-160.
- Shah RK, Sekulic DP, 2003. *Fundamentals Of Heat Exchanger Design*. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 976, USA.
- Shinde S, Chavan U, 2017. Numerical And Experimental Analysis On Shell Side Thermo-Hydraulic Performance Of Shell And Tube Heat Exchanger With Continuous Helical Frp Baffles. *Therm. Sci. Eng.*, 5: 158-171.
- Walker G, 1990. *Industrial Heat Exchangers. A Basic Guide*, Second Edition, Hemisphere Publishing Corporation, 410.
- Wang L, Sunden B, Manglik RM, 2007. *Plate Heat Exchangers: Design, Applications And Performance*. 288, USA.
- Yılmaz M, Şara ON, 2000. Isı Değiştirici Seçimi. *Mühendis ve Makine*, 41(490): 24-37.
- Yu C, Ren Z, Zeng M, 2018. Numerical Investigation Of Shell-Side Performance For Shell And Tube Heat Exchangers With Two Different Clamping Type Anti-Vibration Baffles. *Appl. Therm. Eng.*, 133: 125-136.
- Zhang J, Zhu X, Mondejar ME, Haglind F, 2019. A Review Of Heat Transfer Enhancement Techniques In Plate Heat Exchangers. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 101: 305-328.

## Eigenvalue Estimates Using Harmonic 1–Form of Constant Length for The $Spin^c$ Dirac Operator

Serhan EKER<sup>1\*</sup>

**ABSTRACT:** In this paper, we obtain a lower bound for the eigenvalue of the  $Spin^c$  Dirac operator on an  $(d \geq 3)$  –dimensional compact Riemannian  $Spin^c$  –manifold admitting a non–zero harmonic 1 –form of constant length. Then we show that, in the limiting case, this 1 –form is parallel.

**Keywords:** Spin and  $Spin^c$  geometry, Dirac operator, Estimation of eigenvalues.

## Sabit Uzunluklu Harmonik 1–Form Kullanılarak $Spin^c$ Dirac Operatörünün Özdeğerlerine Tahminler

**ÖZET:** Bu makalede, sıfır olmayan sabit uzunluklu harmonik 1-formu kabul eden  $(d \geq 3)$  –boyutlu kompakt bir Riemann  $Spin^c$  –manifoldu üzerinde tanımlı  $Spin^c$  Dirac operatörünün öz değeri için alt sınır elde ettik. Daha sonra, limit durumunda harmonik 1 –formun paralel olduğunu gösterdik.

**Anahtar Kelimeler:** Spin ve  $Spin^c$  geometry, Dirac operatörü, Öz değer tahminleri.

<sup>1</sup> Serhan EKER (Orcid ID: 0000-0003-1039-0551), Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, Ağrı, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Serhan EKER, e-mail: srhaneker@gmail.com

Geliş tarihi / Received: 08-11-2019

Kabul tarihi / Accepted: 05-01-2020

## INTRODUCTION

The Dirac operator is an important tool that provides information about the topology and geometry of the compact Riemannian  $Spin^c$ –manifold and compact Riemannian  $Spin$  manifold. Due to this feature of the Dirac operator, many authors have been systematically worked on it. One of these studies is to give a lower bound to the the square of the eigenvalue of the Dirac operator. In 1963 A. Lichnerowicz (Lichnerowicz, 1963) presented the following formula called Schrödinger–Lichnerwicz formula

$$D^2 = \Delta + \frac{R}{4} \quad (1)$$

where  $\Delta$  is the Laplacian acting on any spinor field and  $R$  is the scalar curvature of  $(M, g)$ . By using (1) A. Lichnerowicz obtained the following estimates for the eigenvalue of the Dirac operator  $D$ ,

$$\lambda^2 \geq \frac{1}{4} \inf_M R. \quad (2)$$

In (Friedrich, 1980) T. Friedrich proved that on a Spin manifold  $(M, g)$  of dimension  $d \geq 2$ , any eigenvalue  $\lambda$  of the Dirac operator satisfies

$$\lambda^2 \geq \frac{d}{4(d-1)} \inf_M R. \quad (3)$$

The proof is based on the modified spinorial Levi–Civita connection

$$\nabla_V^f \varphi = \nabla_V \varphi + fV \cdot \varphi, \quad (4)$$

where  $f \in C^\infty(M, \mathbb{R})$ . The limiting case of (3) implies that the existence of Killing spinor, i.e a spinor  $\varphi$  satisfying the equation:

$$\nabla_V \varphi + fV \cdot \varphi = 0, \quad \forall V \in \chi(M). \quad (5)$$

In dimensions 2, C. Bär (Bär, 1992) obtained a bound to the eigenvalue  $\lambda$  of the Dirac operator according to the Euler–Poincare characteristic  $\chi(M)$  of  $M$  as follows:

$$\lambda^2 \geq \frac{2\pi\chi(M)}{\text{Area}(M, g)}. \quad (6)$$

Later on, by using the conformal covariance of the Dirac operator, O. Hijazi improved the inequality (3), on a Spin manifold  $(M, g)$  of dimension  $d \geq 3$ ,

$$\lambda^2 \geq \frac{d}{4(d-1)} \mu_1, \quad (7)$$

here  $\mu_1$  denotes the first eigenvalue of the Yamabe operator  $L$  given by

$$L := 4 \frac{d-1}{d-2} \Delta_g + R \quad (8)$$

and  $\Delta_g$  denotes the positive Laplacian acting on functions. In 1995, O. Hijazi (Hijazi, 1995) modified the spinorial Levi–Civita connection in the direction of symmetric endomorphism  $l_\varphi$  as

$$\nabla_V^l \varphi = \nabla_V \varphi + l_\varphi(V) \cdot \varphi \quad (9)$$

Then, he obtained that

$$\lambda^2 \geq \inf_M \left( \frac{R}{4} + |l_\varphi|^2 \right). \quad (10)$$

Also, O. Hijazi has shown that using the modified spinorial Levi–Civita connection given in (9) and the conformal covariance of the Dirac operator on a Spin manifold  $(M, g)$ , any eigenvalue of the Dirac operator is satisfied

$$\lambda^2 \geq \begin{cases} \frac{1}{4} \mu_1 + \inf_M |l_\varphi|^2, & \text{if } d \geq 3 \\ \frac{\pi \chi(M)}{\text{Area}(M, g)} + \inf_M |l_\varphi|^2, & \text{if } d = 2, \end{cases} \quad (11)$$

where  $\mu_1$  is the first eigenvalue of the Wamabe operator  $L$ . In the limiting case of (10), O. Hijazi obtained the following relations:

$$\begin{aligned} (tr l_\varphi)^2 &= \frac{R}{4} + |l_\varphi|^2, \\ grad(tr l_\varphi) &= -div(tr l_\varphi), \end{aligned} \quad (12)$$

where  $(tr l_\varphi)$  is the trace part of  $l_\varphi$ . Subsequently, G. Habib (Habib, 2007) modified the spinorial Levi–Civita connection (9) in the direction of the skew–symmetric endomorphism  $q_\varphi$  of the 2 –tensor  $E$ , as

$$\nabla_V^l \varphi = \nabla_V \varphi + l_\varphi(V) \cdot \varphi + q_\varphi(V) \cdot \varphi. \quad (13)$$

By using (13), he improved (10) as follows:

$$\lambda^2 \geq \inf_M \left( \frac{R}{4} + |l_\varphi|^2 + |q_\varphi|^2 \right). \quad (14)$$

As mentioned above, many studies have been done to improve lower bound (3), but the fundamental question is: When is the equalitW in (3) hold? Accordingly, O. Hijazi (Hijazi, 1986) and A. Lichnerowicz (Lichnerowicz, 1988; Lichnerowicz 1987) noticed that the equalitW in (3) cannot hold on the Spin manifolds admitting a non–zero parallel  $r$  –form for some  $r \in \{1, 2, \dots, d - 1\}$ . Under this assumption, A. Moroianu and L. Ornea (Moroianu et al., 2004) enhanced the lower bound obtained in (3) on a  $d$  –dimensional Spin manifolds admitting a non–trivial harmonic 1 –form of constant length as follows:

$$\lambda^2 \geq \frac{d-1}{d-2} \inf_M R. \quad (15)$$

In the limiting case, they show that, the universal cover of the manifold is isometric to the  $\mathbb{R} \times N$  where  $N$  is a manifold admitting Killing spinors. In this paper, we consider the same assumption for the compact  $d$  –dimensional  $Spin^c$  –manifold admitting a non–trivial harmonic 1 –form of constant length. Before mentioning to this assumption, we briefly touch on what kind of studies are done to obtain lower bound estimates for the eigenvalue of the  $Spin^c$  Dirac operator defined .



All the inequalities mentioned above is obtained on the Spin manifold. This paper deals onlW with the eigenvalue of the Dirac operator defined on the  $Spin^c$  – manifold.

In 1999, A. Moroianu and M. Herzlich (Moroianu et al., 1999) proved that on a compact Riemannian  $Spin^c$  manifold of dimension  $n \geq 3$ , any eigenvalue  $\lambda$  of the Dirac operator satisfies

$$\lambda^2 \geq \frac{d}{4(d-1)}\mu_1, \quad (16)$$

where  $\mu_1$  denotes the first eigenvalue of the perturbed Yamabe operator  $L^\Omega$  given by

$$L^\Omega := L - c_d|\Omega|_g, \quad (17)$$

and  $\Omega$  is the curvature form of the line bundle  $\mathcal{L}$ . In (Herzlich et al., 1999), theW showed that there are no generalized Killing spinors on a  $Spin^c$  – manifold of dimension  $d \geq 4$ , except the usual Killing spinors.

Using the modified spinorial Levi–Civita connection in the direction of  $l_\varphi + q_\varphi$ , R. Nakad (Nakad, 2010) proved that, on a compact  $Spin^c$  –manifold of dimension  $d \geq 2$  any eigenvalue of the Dirac operator satisfies

$$\lambda^2 \geq \inf_M \left( \frac{R}{4} - \frac{c_d}{4} |\Omega|_g + |l_\varphi|^2 + |q_\varphi|^2 \right), \quad (18)$$

where  $c_d = 2[\frac{d}{2}]^{\frac{1}{2}}$ . Also, by considering the deformation of the spinorial Levi–Civita conection in the direction of the symmetric endomorphism  $l_\Phi$  given in (9), he obtained

$$\lambda^2 \geq \inf_M \left( \frac{R}{4} - \frac{c_d}{4} |\Omega|_g + |l_\varphi|^2 \right). \quad (19)$$

Furthermore, using the modified spinorial Levi–Civita connecion in the direction of  $l_\Phi$  and conformal covariance of the Dirac operator, he has shown that on a on a  $Spin^c$  –manifold, any eigenvalue of the Dirac operator satisfies

$$\lambda^2 \geq \begin{cases} \frac{1}{4}\mu_1 + \inf_M |l_\varphi|^2, & \text{if } d \geq 3 \\ \frac{\pi\chi(M)}{\text{Area}(M,g)} + \inf_M |l_\varphi|^2, & \text{if } d = 2, \end{cases} \quad (20)$$

where  $\mu_1$  denotes first eigenvalue of the perturbed Yamabe operator  $L^\Omega$ . Then, in the limiting case, he obtained the following relations

$$\begin{aligned} (trl_\varphi)^2 &= \frac{R}{4} - [\frac{d}{2}]^{1/2} |\Omega|_g + |l_\varphi|^2, \\ grad(trl_\varphi) &= -div(trl_\varphi), \end{aligned} \quad (21)$$

where  $(trl_\varphi)$  is the trace part of  $l_\varphi$ .

In this paper, we show that any eigenvalue  $\lambda$  of  $D$  on an  $(d \geq 3)$  –dimensional  $Spin^c$  –manifold admitting a non–zero harmonic 1 –form of constant length satisfies

$$\lambda^2 \geq \frac{d-1}{4(d-2)} \inf_M (R - c_d |\Omega|_g). \tag{22}$$

Furthermore, in the limiting case, this 1 –form is parallel.

In the following section, some basic notions concerning Riemannian  $Spin^c$ -manifold and Dirac operator is introduced.

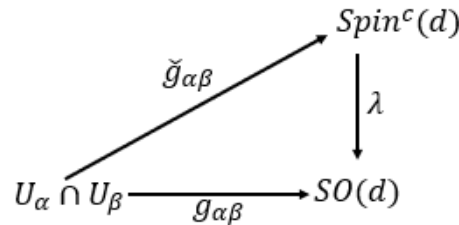
### MATERIALS AND METHODS

#### $Spin^c$ Geometry and the Dirac operator

Definitions of  $Spin^c$  –structures on  $(M, g)$  are obtained as follows: The structure group of  $d$  –dimensional compact Riemannian manifold  $(M, g)$  is  $SO(d)$  and there is an open covering  $\{U_\alpha\}_{\alpha \in A}$  with the transition functions  $g_{\alpha\beta}: U_\alpha \cap U_\beta \rightarrow SO(d)$  for  $(M, g)$ . Accordingly, if there exists another collection of transition functions

$$\tilde{g}_{\alpha\beta}: U_\alpha \cap U_\beta \rightarrow Spin^c(d)$$

such that the following diagram commutes



that is,  $\lambda \circ \tilde{g}_{\alpha\beta} = g_{\alpha\beta}$  and the cocycle condition  $\tilde{g}_{\alpha\beta}(x) \circ \tilde{g}_{\beta\gamma}(x) = \tilde{g}_{\alpha\gamma}(x)$  on  $U_\alpha \cap U_\beta \cap U_\gamma$  is satisfied, then  $M$  is called  $Spin^c$  manifold. Along with the  $Spin^c$  manifold  $(M, g)$ , one can construct two principal bundles such as  $P_{SO(d)}, P_{Spin^c}$  (Friedrich, 2000).

On a Riemannian  $Spin^c$  manifold, an associated spinor bundle  $\mathbb{S} = P_{Spin^c} \times_d \Delta_d$  can be constructed by using spinor representations

$$\kappa_n: Spin^c(d) \mapsto Aut(\Delta_d)$$

where  $\Delta_d$  is the irreducible representation of Clifford algebra (Friedrich, 2000). The sections of  $\mathbb{S}$  are called spinor fields. The spinor bundle  $\mathbb{S}$  carries a natural Hermitian product, denoted by  $(\cdot, \cdot)$  and satisfies

$$(V \cdot \varphi, \psi) = -(\varphi, V \cdot \psi)$$

for every  $V \in \chi(M)$  and  $\varphi, \psi \in \Gamma(\mathbb{S})$ .

The following bundle map  $\kappa$  is obtained by globalising  $\kappa_n$  as follows:

$$\kappa: TM \rightarrow End(\mathbb{S}).$$

and Clifford multiplication of a vector field  $V$  with the spinor field  $\varphi$  is defined by

$$V \cdot \varphi := \kappa(V)(\varphi).$$

By using the map  $\kappa$ , the bundle map  $\rho$ , which associates each 2 –form to an endomorphism of  $\mathbb{S}$ , can be defined on the orthonormal frame  $\{e_1, e_2, \dots, e_d\}$  as follows:

$$\begin{aligned} \rho: \Lambda^2(T^*M) &\rightarrow End(\mathbb{S}) \\ \eta = \sum_{i < j} \eta_{ij} e^i \wedge e^j &\rightarrow \rho(\eta) = \sum_{i < j} \eta_{ij} \kappa(e_i) \kappa(e_j). \end{aligned}$$

Also  $\rho$  can be extended to a complex valued 2 –forms (Salamon,1999), such that

$$\rho: \Lambda^2(T^*M) \otimes \mathbb{C} \rightarrow End(\mathbb{S}).$$

On the spinor bundle  $\mathbb{S}$ ,  $V \in \chi(M)$  and  $\varphi, \psi \in \Gamma(\mathbb{S})$ , the following properties is satisfied: (Salamon,1999),

$$\begin{aligned} V(\varphi, \psi) &= (\nabla_V \varphi, \psi) + (\varphi, \nabla_V \psi) \\ \nabla_V(\alpha \cdot \varphi) &= (\nabla_V \alpha) \cdot \varphi + \alpha \cdot \nabla_V \varphi \\ V \cdot \alpha &= V \wedge \alpha - V \lrcorner \alpha, \end{aligned} \tag{23}$$

where " $\wedge$ " and " $\lrcorner$ " denotes the exterior product and interior product with  $V$ , respectively. The Dirac operator induced by the Levi–Civita connection  $\nabla^g$ , is defined as follows:

$$D = \circ \nabla: \Gamma(\mathbb{S}) \xrightarrow{\nabla} \Gamma(T^*M \otimes \mathbb{S}) \xrightarrow{g} \Gamma(TM \otimes \mathbb{S}) \rightarrow \Gamma(\mathbb{S})$$

where the isomorphism between  $T^*M$  and  $TM$  determined by the metric  $g$ .  $\nabla$  is a spinorial connection on the spinor bundle  $\mathbb{S}$ .

Let  $e = \{e_1, e_2, \dots, e_d\}$  be an orthonormal frame on  $U \subset M$ . Accordingly, Dirac operator locally can be written as

$$D\varphi = \sum_{i=1}^d e_i \cdot \nabla_{e_i} \varphi \tag{24}$$

Also, Schrödinger–Lichnerowicz formula is given by

$$D^2\varphi = \nabla^* \nabla \varphi + \frac{R}{4} \Psi + \frac{i}{2} \rho(\Omega) \varphi. \tag{25}$$

On the spinor bundle  $\mathbb{S}$ ,  $\mathcal{R}$  denotes the spinorial curvature associated with the connection  $\Omega$  as:

$$\mathcal{R}_{V,W} \varphi = \frac{1}{4} \sum_{i,j=1}^d g(R_{V,W} e_i, e_j) e_i \cdot e_j \cdot \Psi + \frac{i}{2} \Omega(V, W) \cdot \varphi \tag{26}$$

where  $V, W \in \chi(M)$  and  $\varphi \in \Gamma(\mathbb{S})$ .

In the  $Spin^c$  case, the Ricci is discrete as

$$\sum_j e_j \cdot \mathcal{R}_{V,W} \varphi = \frac{1}{2} Ric(V) \cdot \varphi - \frac{i}{2} (V \lrcorner \Omega) \cdot \varphi. \tag{27}$$

**Lemma 2.1** *On the  $d$  –dimensional  $Spin^c$  – manifold, for any spinor field  $\varphi \in \Gamma(\mathbb{S})$  and a real 2 –form  $\Omega$ , we have*

$$(i\rho(\Omega)\varphi, \varphi) \geq -\frac{c_d}{2} |\Omega|_g |\varphi|^2, \tag{28}$$

where  $|\Omega|_g$  denotes the norm of  $\Omega$  with respect to the Riemannian metric  $g$  (Herzlich et al., 1999).

## RESULTS AND DISCUSSION

### Eigenvalue Estimates

In this section, for a given non–zero harmonic 1 –form of constant length, we give a lower bound estimate to the eigenvalue  $\lambda$  of the  $Spin^c$  Dirac operator. Then, by considering limiting case we obtain that harmonic 1 –form is parallel.

**Theorem 3.1** *Assume that  $(M^d, g)$  is a  $(d \geq 3)$  – dimensional  $Spin^c$  –manifold admitting a non zero harmonic 1 –form of constant length. Then, the following estimate is satisfied*

$$\lambda^2 \geq \frac{d-1}{4(d-2)} \inf_M (R - c_d |\Omega|_g), \tag{29}$$

where  $c_d = 2[\frac{d}{2}]^{1/2}$ . Also, in equality case for some eigenvalue  $\lambda$ ,  $\zeta$  is parallel.

*Proof.* Assume that  $\zeta$  is a dual vector field of a harmonic 1 –form  $\omega$  of unit length on a  $Spin^c$  – manifold  $(M^d, g)$ . Considering Penrose–like operator  $T: \chi(M)\Gamma(\mathbb{S}) \rightarrow \Gamma(\mathbb{S})$ ,

$$T_V \varphi = \nabla_V \varphi + \frac{1}{d-1} V \cdot D\varphi - \frac{1}{d-1} \langle V, \zeta \rangle \zeta \cdot D\varphi - \langle V, \zeta \rangle \nabla_\zeta \varphi, \tag{30}$$

where  $V \in \chi(M)$  and  $\varphi \in \Gamma(\mathbb{S})$ .

Taking  $V = e_i$  in (30) and performing its Hermitian inner product with itself, yields

$$\begin{aligned} |T_{e_i} \varphi|^2 &= |\nabla_{e_i} \varphi|^2 - \frac{2}{d-1} Re(e_i \cdot \nabla_{e_i} \varphi, D\varphi) - \frac{2}{d-1} Re(\nabla_{e_i} \varphi, \langle e_i, \zeta \rangle \zeta \cdot D\varphi) \\ &\quad - 2Re(\nabla_{e_i} \varphi, \langle e_i, \zeta \rangle \nabla_\zeta \varphi) - \frac{2}{(d-1)^2} Re(e_i \cdot D\varphi, \langle e_i, \zeta \rangle \zeta \cdot D\varphi) \\ &\quad + \frac{|D\varphi|^2}{(d-1)^2} - \frac{2}{(d-1)} Re(e_i \cdot D\varphi, \langle e_i, \zeta \rangle \nabla_\zeta \varphi) \\ &\quad + \frac{1}{(d-1)^2} (\langle e_i, \zeta \rangle \zeta \cdot D\varphi, \langle e_i, \zeta \rangle \zeta \cdot D\varphi) \\ &\quad + \frac{2}{(d-1)} Re(\langle e_i, \zeta \rangle \zeta \cdot D\varphi, \langle e_i, \zeta \rangle \nabla_\zeta \varphi) \end{aligned}$$

$$+(\langle e_i, \zeta \rangle \nabla_\zeta \varphi, \langle e_i, \zeta \rangle \nabla_\zeta \varphi). \tag{31}$$

Summing over  $i$  and using the fact that  $\langle \zeta, \zeta \rangle = 1$ , gives

$$\begin{aligned} |T\varphi|^2 &= |\nabla\varphi|^2 - \frac{2}{d-1} |D\varphi|^2 + \frac{2}{d-1} \operatorname{Re}(\zeta \cdot \nabla_\zeta \varphi, D\varphi) - 2|\nabla_\zeta \varphi|^2 - \frac{2}{(d-1)^2} |D\varphi|^2 \\ &\quad + \frac{d}{(d-1)^2} |D\varphi|^2 + \frac{2}{(d-1)} \operatorname{Re}(D\varphi, \zeta \cdot \nabla_\zeta \varphi) + \frac{1}{(d-1)^2} |D\varphi|^2 \\ &\quad - \frac{2}{(d-1)} \operatorname{Re}(D\varphi, \zeta \cdot \nabla_\zeta \varphi) + |\nabla_\zeta \varphi|^2 \\ &= |\nabla\varphi|^2 - |\nabla_\zeta \varphi|^2 + \frac{2}{(d-1)} \operatorname{Re}(D\varphi, \zeta \cdot \nabla_\zeta \varphi) - \frac{1}{(d-1)^2} |D\varphi|^2. \end{aligned} \tag{32}$$

Recall that, the harmonicitW of  $\zeta$  satisfies

$$D(\zeta \cdot \varphi) = -\zeta \cdot D\varphi - 2\nabla_\zeta \varphi. \tag{33}$$

Square norm of (33) is

$$|D(\zeta \cdot \varphi)|^2 = |\zeta \cdot D\varphi|^2 + 4|\nabla_\zeta \varphi|^2 - 4\operatorname{Re}(D\varphi, \zeta \cdot \nabla_\zeta \varphi). \tag{34}$$

Integrating (32) over  $M$  and using (34), we obtain

$$\begin{aligned} \int_M |T\varphi|^2 v_g &= \int_M (|\nabla\varphi|^2 - |\nabla_\zeta \varphi|^2 + \frac{1}{2(d-1)} |\zeta \cdot D\varphi|^2 + \frac{2}{d-1} |\nabla_\zeta \varphi|^2 \\ &\quad - \frac{1}{2(d-1)} |D(\zeta \cdot \varphi)|^2 - \frac{1}{(d-1)^2} |D\varphi|^2) v_g, \end{aligned} \tag{35}$$

where  $v_g$  is the volume element induced by  $g$ .

Inserting (25) in the above equalitW, we get

$$\begin{aligned} \int_M |T\varphi|^2 v_g &= \int_M \left( \left(\frac{d-2}{d-1}\right) |D\varphi|^2 - \frac{R}{4} |\Phi|^2 - \left(\frac{i}{2} \rho(\Omega)\varphi, \varphi\right) - \left(\frac{d-3}{d-1}\right) |\nabla_\zeta \varphi|^2 \right. \\ &\quad \left. - \frac{1}{2(d-1)} (|D(\zeta \cdot \varphi)|^2 - |\zeta \cdot D\varphi|^2) \right) v_g \end{aligned} \tag{36}$$

Using the following Rayleigh inequality (Moroiianu et al., 2004) and  $\langle \zeta, \zeta \rangle = 1$ ,

$$\lambda^2 \leq \frac{\int_M |D\Psi|^2 v_g}{\int_M |\Psi|^2 v_g}, \tag{37}$$

where  $\Psi = \zeta \cdot \varphi$ , we have

$$\begin{aligned} \int_M \left( \left(\frac{d-2}{d-1}\right) \lambda^2 - \frac{R}{4} - \left(\frac{i}{2} \rho(\Omega)\varphi, \varphi\right) \right) |\varphi|^2 v_g &= \int_M (|T\varphi|^2 + \left(\frac{d-3}{d-1}\right) |\nabla_\zeta \varphi|^2 \\ &\quad + \frac{1}{2(d-1)} (|D(\zeta \cdot \varphi)|^2 - |\zeta \cdot D\varphi|^2)) v_g \geq 0, \end{aligned} \tag{38}$$

which implies the inequality (29).



Consider the limiting case of (29). Let  $\lambda$  be an eigenvalue of  $D$  to which is attached an eigenspinor  $\varphi$ . Then,  $T\varphi = 0$ , implies

$$\nabla_{e_i}\varphi + \frac{\lambda}{n-1}e_i \cdot \varphi - \frac{\lambda}{n-1} \langle e_i, \zeta \rangle \zeta \cdot \varphi - \langle e_i, \zeta \rangle \nabla_\zeta \varphi = 0. \tag{39}$$

Performing its Clifford multiplication by  $e_i$  and using  $\langle \zeta, \zeta \rangle = 1$ , yields

$$\begin{aligned} 0 &= \sum_{i=1}^n \left( e_i \cdot \nabla_{e_i}\varphi + \frac{\lambda}{d-1}e_i \cdot e_i \cdot \varphi - \frac{\lambda}{d-1} \langle e_i, \zeta \rangle e_i \cdot \zeta \cdot \varphi - \langle e_i, \zeta \rangle e_i \cdot \nabla_\zeta \varphi \right) \\ &= \lambda\varphi - \frac{d}{d-1}\lambda\varphi + \frac{1}{n-1}\lambda\varphi - \zeta \cdot \nabla_\zeta \varphi \\ &= -\zeta \cdot \nabla_\zeta \varphi. \end{aligned} \tag{40}$$

Equality (40) implies that  $\nabla_\zeta \varphi = 0$ .

As in (Moroianu et al., 2004),  $\varphi$  satisfies the Killing type equation

$$\nabla_V \varphi = -\frac{\lambda}{d-1}V \cdot \varphi + \frac{\lambda}{d-1} \langle V, \zeta \rangle \zeta \cdot \varphi. \tag{41}$$

Before we give an explicit form of the curvature tensor  $\mathcal{R}$  defined in (26), we compute:

$$\begin{aligned} \nabla_V \nabla_W \varphi &= \nabla_V \left( -\frac{\lambda}{d-1} (W - \langle W, \zeta \rangle \zeta) \cdot \varphi \right) \\ &= -\frac{\lambda}{d-1} \nabla_V W \cdot \varphi + \frac{\lambda}{d-1} \nabla_V \langle W, \zeta \rangle \zeta \cdot \varphi + \frac{\lambda}{d-1} \langle W, \zeta \rangle \nabla_V \zeta \cdot \varphi \\ &\quad + \frac{\lambda^2}{(d-1)^2} (W - \langle W, \zeta \rangle \zeta) (V - \langle V, \zeta \rangle \zeta) \cdot \varphi \end{aligned} \tag{42}$$

Also,  $\nabla_W \nabla_V \varphi$  can be calculated in the same way. Now, we can compute the explicit form of  $\mathcal{R}$  as follows:

$$\begin{aligned} \mathcal{R}_{V,W} \varphi &= \nabla_{[V,W]} \varphi - [\nabla_V, \nabla_W] \varphi \\ &= \frac{\lambda}{d-1} (\langle \nabla_V W, \zeta \rangle - \nabla_V \langle W, \zeta \rangle) \zeta \cdot \varphi - \frac{\lambda}{d-1} (\langle \nabla_W V, \zeta \rangle - \nabla_W \langle V, \zeta \rangle) \zeta \cdot \varphi \\ &\quad - \frac{\lambda}{d-1} \langle W, \zeta \rangle \nabla_V \zeta \cdot \varphi + \frac{\lambda}{d-1} \langle V, \zeta \rangle \nabla_W \zeta \cdot \varphi + \frac{\lambda^2}{(d-1)^2} ((V - \langle V, \zeta \rangle \zeta) \\ &\quad (W - \langle W, \zeta \rangle \zeta) - (W - \langle W, \zeta \rangle \zeta) (V - \langle V, \zeta \rangle \zeta)) \cdot \varphi \\ &= \frac{\lambda}{d-1} (\langle V, \nabla_W \zeta \rangle \zeta - \langle W, \nabla_V \zeta \rangle \zeta + \langle V, \zeta \rangle \nabla_W \zeta - \langle W, \zeta \rangle \nabla_V \zeta) \cdot \varphi \\ &\quad + \frac{\lambda^2}{(d-1)^2} ((V - \langle V, \zeta \rangle \zeta) (W - \langle W, \zeta \rangle \zeta) - (W - \langle W, \zeta \rangle \zeta) (V - \langle V, \zeta \rangle \zeta)) \cdot \varphi \end{aligned} \tag{43}$$

Taking  $W = e_j$  and  $V = \zeta$ . Then performing Clifford multiplication with  $e_j$ , we get

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^d e_j \cdot \mathcal{R}_{\zeta, e_j} \varphi &= \frac{1}{2} Ric(\zeta) \cdot \varphi - \frac{i}{2} (\zeta \lrcorner \Omega) \cdot \varphi \\ &= \frac{\lambda}{d-1} \sum_{j=1}^d \left( \langle \zeta, \nabla_{e_j} \zeta \rangle e_j \cdot \zeta - \langle e_j, \nabla_{\zeta} \zeta \rangle e_j \cdot \zeta + \langle \zeta, \zeta \rangle e_j \cdot \nabla_{e_j} \zeta - \langle e_j, \zeta \rangle e_j \cdot \nabla_{\zeta} \zeta \right) \cdot \varphi \\ &= \frac{\lambda}{d-1} \sum_{j=1}^d \left( \langle \zeta, \nabla_{e_j} \zeta \rangle e_j \cdot \zeta - \langle e_j, \nabla_{\zeta} \zeta \rangle e_j \cdot \zeta + e_j \cdot \nabla_{e_j} \zeta - \zeta \cdot \nabla_{\zeta} \zeta \right) \cdot \varphi \end{aligned} \quad (44)$$

The harmonicity of the vector field  $\zeta$  means that  $\langle \nabla_V \zeta, W \rangle - \langle \nabla_W \zeta, V \rangle = 0$  for all  $V, W \in \chi(M)$ . In case of  $V = \zeta$ , one can easily show that  $\langle \nabla_{\zeta} \zeta, W \rangle = 0$  which implies that  $\nabla_{\zeta} \zeta = 0$ . Accordingly, (44) is vanished. This means that

$$\sum_{j=1}^n e_j \cdot \mathcal{R}_{\zeta, e_j} \varphi = \frac{1}{2} Ric(\zeta) \cdot \varphi - \frac{i}{2} (\zeta \lrcorner \Omega) \cdot \varphi = 0. \quad (45)$$

Considering scalar product of (41) with  $\varphi$ . After separating real and imaginary parts of this scalar product, we obtain  $Ric(\zeta) = 0$  and  $(\zeta \lrcorner \Omega) = 0$ . Accordingly,  $\zeta$  is parallel, i.e.,  $\nabla \zeta = 0$  (Lawson et al., 1989).

## CONCLUSION

In this paper,  $\zeta$  is using to give an optimal estimates for the eigenvalue of the  $Spin^c$  Dirac operator.

## REFERENCES

- Bär C, 1992. Lower eigenvalue estimates for Dirac operators. *Math. Ann.*, 239: 39-46.
- Friedrich T, 1980. Der erste Eigenwert des Dirac-Operators einer kompakten, Riemannschen Mannigfaltigkeit nichtnegativer Skalarkrümmung. *Math. Nach.* 97: 117-146.
- Friedrich T, 2000. *Dirac operators in Riemannian geometry*. Graduate Studies in Mathematics, American Mathematical Society, 25.
- Habib G, 2007. Energy-Momentum tensor on foliations. *J. Geom. Phys.* 57: 2234-2248.
- Herzlich M, Moroianu A, 1999. Generalized Killing spinors and conformal eigenvalue estimates for  $Spin^c$  manifold. *Ann. Global Anal. Geom.*, 17: 341-370.
- Hijazi O, 1986. A conformal lower bound for the smallest eigenvalue of the Dirac operator and Killing spinors. *Commun. Math. Phys.* 104: 151-162.
- Hijazi O, 1991. Première valeur propre de l'opérateur de Dirac et nombre de Yamabe. *Comptes rendus de l'Académie des sciences, Série 1, Mathématique*, 313(12): 865-868.
- Hijazi O, 1995. Lower bounds for the eigenvalues of the Dirac operator. *J. Geom. Phys.*, 16: 27-38.
- Lawson H.B, 1989. *Spin Geometry*. Princeton University Press., Princeton.
- Lichnerowicz A, 1963. Spineurs harmoniques. *C.R. Acad. Sci. Paris Ser. AB*, 257.
- Lichnerowicz A, 1988. Killing spinors according to O. Hijazi and Applications. *Spinors in Physics and Geometry (Trieste 1986)*, World Scientific Publishing Singapore 1-19.
- Lichnerowicz A, 1987. Spin manifolds. Killing spinors and the universality of the Hijazi inequality. *Lett. Math. Phys.*, 3: 331-344.

- Moroianu A, Ornea L, 2004. Eigenvalue estimates for the Dirac operator and harmonic 1-forms of constant length. C.R. Math. Acad. Sci. Paris, 338(7): 561-564.
- Nakad R, 2010. Lower bounds for the eigenvalues of the Dirac operator on manifolds. J. Geom. Phys. 60(10): 1634-1642.
- Salamon D, 1995. Spin geometry and Seiberg-Witten invariants. Zurich: ETH.

## Basitlik Leibniz Cebirler Üzerine

Ali AYTEKİN<sup>1\*</sup>

**ÖZET:** Bu makalenin temel amacı, Leibniz cebirler kategorisinde basitlik objeyi tanımlayarak, basitlik Leibniz cebirler kategorisi ile Leibniz cebirler üzerinde çaprazlanmış modüller kategorisinin denkleğini göstermektir.

**Anahtar Kelimeler:** Leibniz cebir, basitlik obje, çaprazlanmış modül.

## On Simplicial Leibniz Algebras

**ABSTRACT:** The main purpose of this paper is to define the simplicial object in the category of Leibniz algebras and to show the equivalence of the category of simplicial Leibniz algebras and the category of crossed modules on Leibniz algebras.

**Keywords:** Leibniz algebra, simplicial object, crossed module.

<sup>1</sup> Ali AYTEKİN (Orcid ID: 0000-0001-7892-6960), Pamukkale Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, Denizli, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ali AYTEKİN, e-mail: aaytekin@pau.edu.tr

Geliş tarihi / *Received:* 10-12-2019

Kabul tarihi / *Accepted:* 01-02-2020

## GİRİŞ

Çaprazlanmış modül kavramı ilk olarak (Whitehead, 1949) tarafından 19. yüzyılın ortalarında relatif homotopi gruplarının cebirsel yapıları üzerine yaptığı çalışmada ortaya atılmıştır. O zamandan itibaren bu kavram diğer alanlarda da önemli bir yer tutmuştur. Bu konuda yapılan çalışmalardan bazıları (Aytekin ve ark., 2012; Emir ve ark., 2019; Şahan, 2019) dır. Günümüzde çaprazlanmış modüller, temel cebirsel yapılardan biri olarak düşünülebilir. Çaprazlanmış modüllerin homotopi teorisi, gruplar üzerinde homoloji ve kohomoloji, cebirsel K-teori, devirli (cyclic) homoloji, kombinatoriyel grup teorisi ve diferensiyel geometri dahil olmak üzere matematiğin birçok alanında önemli rolü vardır. Bu çalışmaların yanısıra simplisel gruplar ilk olarak (Kan, 1958) tarafından tanımlanmıştır. Daha sonra (Ellis, 1993) simplisel Lie cebirlerini tanımlayarak Moore kompleksi 1 olan simplisel Lie cebirlerinin kategorisi ile Lie çaprazlanmış modüller kategorisinin doğal denkleğini ispatlamıştır. Ellis aynı makalesinde Moore kompleksi 2 olan simplisel Lie cebirler kategorisiyle Lie 2-çaprazlanmış modüller kategorisinin doğal denkleğini de göstermiştir. Ayrıca yapının homotopiksel ve homolojiksel özelliklerini de incelemiştir.

Leibniz cebirler (Bloh, 1965) tarafından D-cebirler ismiyle tanımlanmıştır. Fakat Leibniz cebirler (Loday, 1993) in Leibniz cebirlerin (ko)homolojisi hakkında yaptığı çalışması ile popüler olmuştur. Bu yüzden Leibniz cebirleri Loday cebirleri olarak da adlandırılır. Leibniz cebirler Lie cebirlerinin bir genellemesi olarak düşünülebilir, temel farklılık ise Leibniz parantezinde (bracket) anti-simetri özelliğinin sağlanmamasıdır. Aynı zamanda bu yapının Matematik ve fizikte pek çok uygulaması vardır (Şahan ve ark., 2019). Diğer taraftan Leibniz cebirler üzerinde çaprazlanmış modüller kategorisi (Casas, 1999) tarafından literatüre sunulmuştur. Sonrasında pek çok bilim insanı tarafından konu ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Bunlardan bazıları (Casas ve ark., 2008; Atik ve ark., 2017; Casas ve ark., 2018)'dir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Leibniz Cebirler ve Çaprazlanmış Modüller

Bu bölümde literatürde var olan temel tanım ve özelliklere yer verilecektir.  $k$ , birimli ve değişmeli bir hakla olmak üzere makale boyunca tüm Lie ve Leibniz cebirleri  $k$  üzerinde tanımlanmış olarak düşünülecektir. Bu bölümde (Loday ve ark., 1993) temel referans olarak alınacaktır.

**Tanım:**  $L$  bir  $k$ -modül ve  $[-, -]: L \times L \rightarrow L$  bir lineer fonksiyon olsun. Eğer Leibniz özdeşliği olarak adlandırılan her  $x, y, z \in L$  için

$$[x, [y, z]] = [[x, y], z] - [[x, z], y]$$

eşitliği sağlanıyorsa  $L$  ye *Leibniz cebir* denir.

**Örnekler:** 1) Her Lie cebiri bir Leibniz cebiridir.

2)  $A$  bir asosyatif  $k$ -cebir ve  $D: A \rightarrow A$  her  $a, b \in A$  için

$$D(a(Db)) = DaDb = D(D(a)b)$$

şartını sağlayan bir  $k$ -cebir dönüşümü olsun. Bu durumda her  $x, y \in A$  için



$$[\cdot, \cdot]: A \times A \rightarrow A$$

$$(x, y) \rightarrow [x, y] = xD(y) - (Dy)x$$

çarpımı ile birlikte  $A$  bir Leibniz cebirdir.

**Tanım:**  $L$  ve  $L'$  iki Leibniz cebir ve  $h: L \rightarrow L'$  bir  $k$ -lineer fonksiyon olsun. Bu durumda her  $l, l' \in L$  için  $h[l, l'] = [h(l), h(l')]$  ise  $h$  bir *Leibniz cebir homomorfizmi* (veya kısaca Leibniz homomorfizmi) olarak adlandırılır.

Bu tanımlama yardımıyla objeleri Leibniz cebirler ve morfizmleri Leibniz cebir homomorfizmleri olan Leibniz cebirler kategorisi oluşturulur ve bu kategori **Lbnz** ile gösterilir.

**Tanım:**  $L$  ve  $M$  iki Leibniz cebir olsun. Eğer

$$L \times M \rightarrow M \quad M \times L \rightarrow M$$

$$(l, m) \rightarrow {}^l m \quad \text{ve} \quad (l, m) \rightarrow m^l$$

bilineer fonksiyonları her  $l, l' \in L$  ve  $m, m' \in M$  için

$$\mathbf{E}_1) \quad {}^l [m, m'] = [{}^l m, m'] - [{}^l m', m]$$

$$\mathbf{E}_2) \quad [m, {}^l m'] = [m^l, m'] - [m, m']^l$$

$$\mathbf{E}_3) \quad [m, m'^l] = [m, m']^l - [m^l, m']$$

$$\mathbf{E}_4) \quad m^{[l, l']} = (m^l)^{l'} - (m^{l'})^l$$

$$\mathbf{E}_5) \quad {}^l (m^{l'}) = ({}^l m)^{l'} - [{}^l m, l']$$

$$\mathbf{E}_6) \quad {}^l ({}^l m) = [{}^l m, l'] - ({}^l m)^l$$

şartlarını sağlıyorsa  $L, M$  üzerine *etkiyor* (veya Leibniz etkisi) denir.

Verilen bir  $L$  nin  $M$  üzerine etkisi yardımıyla

$$M \times L = \{(m, l) : m \in M \text{ ve } l \in L\}$$

yarı-direkt çarpımı oluşturulabilir. Burada elemanların çarpımı her  $l, l' \in L$  ve  $m, m' \in M$  için

$$[(m, l), (m', l')] = ([m, m'] + {}^l m' + m^l, [l, l'])$$

şeklindedir.

**Tanım:**  $L$  ve  $M$  iki Leibniz cebir olsun. Eğer  $\partial: M \rightarrow L$  Leibniz cebir homomorfizmi  $L$  nin  $M$  üzerine etkisi ile birlikte her  $l \in L$  ve  $m, m' \in M$  için

$$\mathbf{CM}_1) \quad \partial({}^l m) = [l, \partial(m)] \text{ ve } \partial(m') = [\partial(m), l],$$

$$\mathbf{CM}_2) \quad \partial^{(m)} m' = [m, m'] = m^{\partial(m)}$$

şartlarını sağlıyorsa  $(M, L, \partial)$  üçlüsüne Leibniz cebirlerin *çaprazlanmış modülü* (veya kısaca Leibniz çaprazlanmış modül) denir.

$(M, L, \partial)$  ve  $(M', L', \partial')$  iki çaprazlanmış modül olsun. Bu durumda

$$f = (\mu, \eta): (M, L, \partial) \rightarrow (M', L', \partial')$$

Leibniz çaprazlanmış modül homomorfizmi

$$\begin{array}{ccc} \begin{array}{ccc} M & \xrightarrow{\partial} & L \\ \mu \downarrow & & \downarrow \eta \\ M' & \xrightarrow{\partial'} & L' \end{array} & \begin{array}{ccc} M \times L & \longrightarrow & M \\ (\mu, \eta) \downarrow & & \downarrow \mu \\ M' \times L' & \longrightarrow & M' \end{array} & \begin{array}{ccc} L \times M & \longrightarrow & M \\ (\eta, \mu) \downarrow & & \downarrow \mu \\ L' \times M' & \longrightarrow & M' \end{array} \end{array}$$

diyagramları değişmeli olacak şekilde var olan  $\mu: M \rightarrow M'$  ve  $\eta: L \rightarrow L'$  Leibniz cebir homomorfizm çiftidir. Yani

$$\eta \partial = \partial' \mu, \quad \mu({}^l m) = \eta^{(l)} \mu(m) \text{ ve } \mu(m') = \mu(m)^{\eta^{(l)}}$$

dir. Böylece  $\mathbf{XMod}(\mathbf{Lbnz})$  ile gösterilen Leibniz çaprazlanmış modüller kategorisi oluşturulabilir.

**Örnekler:** 1) Herhangi bir  $L$  Leibniz cebir için  $(L, L, id)$  üçlüsü bir Leibniz çaprazlanmış modüldür.

2)  $L$  bir Leibniz cebir  $N$ ,  $L$  nin bir ideali olsun. Bu durumda her  $n \in N$  için

$$\begin{array}{l} inc.: N \rightarrow L \\ n \rightarrow n \end{array}$$

içine dönüşümü ve her  $l \in L$  ve  $n, n' \in N$  için

$$\begin{array}{l} L \times N \rightarrow N \quad N \times L \rightarrow N \\ (l, n) \rightarrow [l, n] = {}^l n \quad \text{ve} \quad (n, l) \rightarrow [n, l] = n^l \end{array}$$

etkileri ile birlikte  $(N, L, inc.)$  üçlüsü bir Leibniz çaprazlanmış modüldür.

3)  $L$  ve  $M$  iki Leibniz cebir ve  $\phi: M \rightarrow L$  Leibniz cebirlerin bir merkezi genişlemesi, yani  $\phi: M \rightarrow L$  örten morfizmasının çekirdeği  $M$  nin merkezinde olsun.  $L$  nin  $M$  üzerine olan etkisi her  $l \in L$  ve  $m \in M$  için

$$\begin{aligned} L \times M &\rightarrow M & M \times L &\rightarrow M \\ (l, m) &\rightarrow {}^l m = [\phi^{-1}(l), m] & \text{ve} & (m, l) \rightarrow m^l = [m, \phi^{-1}(l)] \end{aligned}$$

şeklinde tanımlansın. Böylece  $(M, L, \phi)$  üçlüsü bir Leibniz çaprazlanmış modüldür.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Simplisel Leibniz Cebirler

Bu bölümde simplisel Leibniz cebirler tanımlanarak bu objelerin yardımıyla simplisel Leibniz cebirler kategorisi oluşturulacaktır. Ayrıca bu kategorinin Leibniz cebirler kategorisiyle doğal denkliği de verilecektir.

**Tanım:**  $L = \{L_0, L_1, \dots, L_n, \dots\}$  Leibniz cebirlerin bir ailesi olsun.

$$d_i^n : L_n \rightarrow L_{n-1} \text{ ve } s_i^n : L_n \rightarrow L_{n+1}$$

Leibniz homomorfizmleri olmak üzere  $0 \leq i \leq n$  için simplisel özdeşlikler denilen

$$\begin{aligned} d_i d_j &= d_{j-1} d_i & , i < j \\ d_i s_j &= \begin{cases} s_{j-1} d_i & , i < j \\ id & , i = j \text{ veya } i = j+1 \\ s_j d_{i-1} & , i > j+1 \end{cases} \\ s_i s_j &= s_{j+1} s_i & , i \leq j \end{aligned}$$

özdeşlikler sağlanıyorsa  $((L_n)_{n \in \mathbb{N}}, d_i, s_j)$  üçlüsüne *simplisel Leibniz cebir* denir. Burada  $d_i$  ve  $s_j$  sırasıyla *yüz ve dejenere operatörleri* olarak adlandırılır. Diyagram olarak  $((L_n)_{n \in \mathbb{N}}, d_i, s_j)$  simplisel Leibniz cebiri

$$\begin{array}{ccccccc} & & \longrightarrow & & & & \\ & & \vdots & & & & \\ L : \dots L_k & \xrightleftharpoons{\quad} & L_{k-1} \dots L_2 & \xrightleftharpoons{\quad} & L_1 & \xrightleftharpoons{\quad} & L_0 \\ & & \vdots & & & & \\ & & \longleftarrow & & & & \end{array}$$

$\xrightarrow{d_0, d_1, d_2}$   $\xrightarrow{d_0, d_1}$   $\xleftarrow{s_0, s_1}$   $\xleftarrow{s_0}$

şeklinde gösterilebilir.

**Örnek:**  $L$  bir simplisel Leibniz cebir olsun. Her  $n \in \mathbb{N}$  için  $L_n = L$  ve  $d_i = s_j = id$  olmak üzere  $((L_n)_{n \in \mathbb{N}}, d_i, s_j)$  bir simplisel Leibniz cebirdir. Bu üçlüye sabit simplisel Leibniz cebir denir ve  $k(L, 0)$  ile gösterilir.

$L$  ve  $L'$  birer simplisel Leibniz cebir olsun.  $f : L \rightarrow L'$  simplisel Leibniz cebir morfizmi,  $d_i$  ve  $s_j$  yüz ve dejenere operatörleri ile değişmeli  $f_n : L_n \rightarrow L'_n$  Leibniz cebir homomorfizmlerinin bir ailesidir. Yani; herbir  $i$  ve  $n$  için,

$$d_i f_n = f_{n-1} d_i \text{ ve } f_n s_i = s_i f_{n-1}$$

dir. Böylece **Simp(Lbnz)** ile gösterilen simplisel Leibniz cebirler kategorisi oluşturulabilir.

**Moore Kompleks ve Parçalanmış Objeler**

$L$  bir simplisel Leibniz cebir olsun.

$$NL_0 = L_0 \text{ ve } NL_n = \prod_{i=0}^{n-1} \zeta_k d_i$$

olmak üzere  $d_n$  nin  $NL_n$  ye kısıtlanmış olan

$$\partial : NL_n \rightarrow NL_{n-1}$$

homomorfizmini tanımlayalım. Bu durumda

$$NL : \dots \longrightarrow NL_n \xrightarrow{\partial_n} NL_{n-1} \xrightarrow{\partial_{n-1}} \dots \xrightarrow{\partial_2} NL_1 \xrightarrow{\partial_1} NL_0$$

zinciri simplisel Leibniz cebirin *Moore kompleksi* olarak adlandırılır ve  $(NL, \partial)$  veya kısaca  $NL$  ile gösterilir. Eğer  $n > k$  için  $NL_n = 0$  ise simplisel Leibniz cebirinin boyutu  $k$  dan küçük veya eşittir denir ve  $\leq k$  şeklinde gösterilir. Böylece Moore kompleksinin boyutu  $\leq k$  olan simplisel Leibniz cebirler kategorisi oluşturulur ve bu kategori **Simp<sub>≤k</sub>(Lbnz)** ile gösterilir.

Aşağıdaki tanımın Lie cebirleri için olan durumun incelenmesi (Ellis, 1993) tarafından verilmiştir.

**Tanım:**  $0 \leq i \leq k$  için  $L_i$  ler birer Leibniz cebir olmak üzere

$$\begin{array}{ccccccc} & & \longrightarrow & & & & \\ & & \vdots & & & & \\ \dots & \longrightarrow & 0 & \longrightarrow & L_k & \xrightarrow{\quad} & L_{k-1} \dots L_2 & \xrightarrow{d_0, d_1, d_2} & L_1 & \xrightarrow{d_1, d_0} & L_0 \\ & & & & \longleftarrow & & \longleftarrow & \longleftarrow & \longleftarrow & & \\ & & & & \longleftarrow & & \longleftarrow & \longleftarrow & \longleftarrow & & \\ & & & & \vdots & & & & & & \\ & & & & \longleftarrow & & & & & & \end{array}$$

ile tanımlanan simplisel Leibniz cebire *k-parçalanmış simplisel Leibniz cebir* denir.  $k$ -parçalanmış simplisel Leibniz cebirler kategorisi **Tr<sub>k</sub>Simp(Lbnz)** ile gösterilir. **Simp(Lbnz)** kategorisinden **Tr<sub>k</sub>Simp(Lbnz)** kategorisine kısıtlama ile verilen

$$tr_k : \mathbf{Simp(Lbnz)} \rightarrow \mathbf{Tr}_k \mathbf{Simp(Lbnz)}$$

parçalanmış fonktoru vardır. Aynı zamanda bu fonkturun  $k$ -iskelet fonktor olarak adlandırılan  $st_k$  sol eki ve  $k$ -koiskelet fonktor olarak adlandırılan  $cost_k$  sağ eki vardır. Bu ekler diyagram olarak

$$\mathbf{Tr}_k \mathbf{Simp}(\mathbf{Lbnz}) \xrightleftharpoons[\text{tr}_k]{\text{cost}_k} \mathbf{Simp}(\mathbf{Lbnz}) \xrightleftharpoons[\text{st}_k]{\text{tr}_k} \mathbf{Tr}_k \mathbf{Simp}(\mathbf{Lbnz})$$

şeklinde gösterilir.

**Teorem:** Leibniz çaprazlanmış modüller kategorisi  $\mathbf{XMod}(\mathbf{Lbnz})$  ile Moore kompleksinin boyutu 1 olan simplisel Leibniz cebirler kategorisi  $\mathbf{Simp}_{\leq 1}(\mathbf{Lbnz})$  doğal denktir.

**İspat:**  $L$  Moore kompleksinin boyutu 1 olan simplisel Leibniz cebir,  $L_0$  ve  $L_1$  iki Leibniz cebir olsun.  $M = \text{Çek}d_0$  alalım ve  $\partial, d_1$  in  $M$  ye kısıtlanmış olsun.  $L_0$  ın  $M$  üzerine etkisi her  $l \in L_0$  ve  $m \in M$  için

$$\begin{aligned} L_0 \times M &\rightarrow M & M \times L_0 &\rightarrow M \\ (l, m) &\rightarrow {}^l m = [s_0 l, m] & \text{ve} & (m, l) \rightarrow m' = [m, s_0 l] \end{aligned}$$

şeklinde tanımlansın. Bu etki yardımıyla  $(M, L_0, \partial)$  bir Leibniz çaprazlanmış modül olacaktır. Çünkü, her  $l \in L_0$  ve  $m, m' \in M$  için

$$\begin{aligned} \mathbf{E}_1) \quad {}^l [m, m'] &= [s_0 l, [m, m']] \\ &= [[s_0 l, m], m'] - [[s_0 l, m'], m] \\ &= [{}^l m, m'] - [{}^l m', m] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{E}_2) \quad [m, {}^l m'] &= [m, [s_0 l, m']] \\ &= [[m, s_0 l], m'] - [[m, m'], s_0 l] \\ &= [m', m'] - [m, m']^l \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{E}_3) \quad [m, m'^l] &= [m, [m', s_0 l]] \\ &= [[m, m'], s_0 l] - [[m, s_0 l], m'] \\ &= [m, m']^l - [m', m'] \end{aligned}$$

olup diğer etki şartları da benzer şekilde gösterilebilir. O halde verilen etki Leibniz etkisidir. Şimdi çaprazlanmış modül şartlarını inceleyelim. Her  $l \in L_0$  ve  $m, m' \in M$  için

$$\begin{aligned} \mathbf{CM}_1) \quad \partial({}^l m) &= \partial[s_0 l, m] \\ &= [d_1 s_0 l, d_1(m)] \\ &= [l, \partial(m)] \quad (\text{Q } d_1 s_0 = id) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \partial(m') &= \partial[m, s_0 l] \\ &= [d_1(m), d_1 s_0 l] \\ &= [\partial(m), l] \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
\mathbf{CM}_2) \quad \partial^{(m)} m' &= [s_0 \partial(m), m'] \\
&= [s_0 d_1 m, m'] \\
&= [s_0 d_1 m - m + m, m'] \\
&= [s_0 d_1 m - m, m'] + [m, m'] \\
&= [d_2 s_0 m - d_2 s_1 m, d_2 s_1 m'] + [m, m'] \quad (\text{Q } d_2 s_1 = id, s_0 d_1 = d_2 s_0) \\
&= d_2 [s_0 m - s_1 m, s_1 m'] + [m, m'] \\
&= [m, m']
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
m^{\partial(m')} &= [m, s_0 \partial(m')] \\
&= [m, s_0 d_1 m' - m' + m'] \\
&= [m, s_0 d_1 m' - m'] + [m, m'] \\
&= [d_2 s_1 m, d_2 s_0 m' - d_2 s_1 m'] + [m, m'] \\
&= d_2 [s_1 m, s_0 m' - s_1 m'] + [m, m'] \\
&= [m, m']
\end{aligned}$$

olup  $(M, L_0, \partial)$  üçlüsü bir Leibniz çaprazlanmış modüldür. Böylece

$$U : \mathbf{Simp}_{\leq 1}(\mathbf{Lbnz}) \rightarrow \mathbf{XMod}(\mathbf{Lbnz})$$

funktoru elde edilir.

Tersine,  $\partial : M \rightarrow L_0$  bir çaprazlanmış modül olsun.  $L_0$  in  $M$  üzerine etkisi yardımıyla

$$M \times L_0 = \{(m, l) : m \in M \text{ ve } l \in L_0\}$$

yarı-direkt çarpımı oluşturulabilir. Her  $l, l' \in L_0$  ve  $m, m' \in M$  için

$$[(m, l), (m', l')] = ([m, m'] + {}^l m' + m', [l, l'])$$

olacaktır. Diğer taraftan

$$\begin{aligned}
d_0 : \quad & M \times L_0 \rightarrow L_0 \\
& (m, l) \mapsto l \\
d_1 : \quad & M \times L_0 \rightarrow L_0 \\
& (m, l) \mapsto \partial(m) + l \\
s_0 : \quad & L_0 \rightarrow M \times L_0 \\
& l \mapsto (0, l)
\end{aligned}$$

morfizmlerini ele alalım. Bu morfizmler simplisel özdeşlikleri sağladığı için

$$L_1 \begin{array}{c} \xrightarrow{d_0, d_1} \\ \xleftarrow{s_0} \end{array} L_0$$

1-parçalanmış simplisel Leibniz cebirdir. Sonuç olarak

$$V : \mathbf{XMod}(\mathbf{Lbnz}) \rightarrow \mathbf{Simp}_{\leq 1}(\mathbf{Lbnz})$$

funktoru elde edilir. Böylece, bu fonktörler

$$\mathbf{XMod}(\mathbf{Lbnz}) \begin{array}{c} \xrightarrow{V} \\ \xleftarrow{U} \end{array} \mathbf{Simp}_{\leq 1}(\mathbf{Lbnz})$$

şeklinde gösterilir.

## SONUÇ

Yapılan incelemelerden sonra simplisel Leibniz cebirler tanımlanarak özellikleri hakkında bilgi edinilmiştir. Bu bağlamda, Moore kompleksinin boyutu 1 olan simplisel Leibniz cebirler kategorisiyle Leibniz çaprazlanmış modüller kategorisinin denkliği verilmiştir. Bu denklik bir kategoride olan bir özelliğin incelemeye gerek duyulmaksızın diğerinde de var olduğunu göstermesi açısından oldukça önemlidir.

## KAYNAKLAR

- Atik M, Aytakin A, Uslu EÖ, 2017. Representability of actions in the category of (Pre)crossed modules in Leibniz algebras. *Communications in Algebra*, 45(5): 1825–1841.
- Aytakin A, Casas JM, Uslu EÖ, 2012. Semi-Complete Crossed Modules of Lie Algebras. *Journal of Algebra and Its Applications*, 11(5): 1–24.
- Bloh A, 1965. A generalization of the concept of a Lie algebra. *Doklady Akademii Nauk*, 165 (3): 471–473.
- Casas JM, 1999. Crossed extensions of Leibniz algebras. *Communications in Mathematics*, 27 (12): 6253–6272.
- Casas JM, Fernandez-Casado R, Garcia-Martinez, X, Khmaladze E, 2018. Actor of a Crossed Module of Leibniz Algebras. *Theory and Applications of Categories*, 33(2): 23–42.
- Casas JM, Khmaladze E, Ladra M, 2008. Crossed modules for Leibniz n-algebras. *Forum Mathematicum*, 20: 841–858.
- D.M. Kan, 1958. A Combinatorial Definition of Homotopy Groups. *Annals of Mathematics*, 67(2): 288–312.
- Ellis GJ, 1993. Homotopical aspects of Lie algebras. *Journal of The Australian Mathematical Society*, 54(3): 393–419.
- Emir K, Akay HG, Pullback crossed modules in the category of racks. *Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics*, 48(1): 140–149.
- Loday JL, 1993. Une version non commutative des algèbres de Lie: les algèbres de Leibniz. *L'Enseignement Mathématique*, 39: 269–293.
- Loday JL, Pirashvili T, 1993. Universal enveloping algebras of Leibniz algebras and (co)homology. *Mathematische Annalen*, 296(1): 139–158.
- Şahan T, 2019. Further remarks on liftings of crossed modules. *Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics*, 48(3): 743–752.
- Şahan T, Erciyes A, 2019. Actions of internal groupoids in the category of Leibniz Algebra. *Communications Series A1: Mathematics and Statistics*, 68(1): 619–632.
- Whitehead JHC, 1949. Combinatorial Homotopy. *Bulletin of the American Mathematical Society*, 55: 453–496.

## Çok Kriterli Karar Verme Üzerine Dayalı Yamuksal Bulanık Çoklu Sayıların Yeni Bir Benzerlik Fonksiyonu

Vakkas ULUÇAY<sup>1\*</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmanın temel amacı, çok kriterli karar vermeye dayalı yamuksal bulanık çoklu sayıları üzerinde yeni bir yöntem sunmaktır. Bu nedenle, yamuksal bulanık çoklu sayıların geliştirilmesi için yamuksal bulanık çoklu sayılar üzerine yeni bir benzerlik fonksiyonu, ağırlıklı yeni bir benzerlik fonksiyonu tanımlanmış ve bu benzerlik fonksiyonlarının temel özellikleri incelenmiştir. Buna ek olarak, sunulan yöntemin pratikliğini ve doğruluğunu teyit etmek için metot sayısal bir örneğe uygulanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Bulanık küme, Yamuksal bulanık çoklu sayılar, Benzerlik fonksiyonu, Çok kriterli karar verme.

## A New Similarity Function of Trapezoidal Fuzzy Multi-Numbers Based On Multi-Criteria Decision Making

**ABSTRACT:** The main aim of this study is to introduce a novel method based on multi-criteria decision making trapezoidal fuzzy multi-number. Therefore, in order to develop trapezoidal fuzzy multi-numbers, a new similarity function and weighted new similarity function on trapezoidal fuzzy multi-numbers have been defined and the basic properties of these similarity functions have been examined. In addition, the method is applied to a numerical example in order to confirm the practicality and accuracy of the submitted method.

**Keywords:** Fuzzy set, Trapezoidal Fuzzy Multi-Numbers, Similarity function, Multi-criteria decision making.

<sup>1</sup> Vakkas ULUÇAY (Orcid ID: 0000-0001-5580-7037), Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi Matematik Bölümü, Kilis, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Vakkas ULUÇAY, e-mail: vulucay27@gmail.com

Geliş tarihi / *Received:* 10-11-2019  
Kabul tarihi / *Accepted:* 01-03-2020

## GİRİŞ

1965'te Zadeh (Zadeh,1965) bir klasik evren kümesinin bulanık bir alt kümesi olarak şüpheli ve kesin olmayan bilgiyi işlemek ve geliştirmek için bulanık kümeler kavramını öne sürmüştü. Bulanık kümenin tanımı yapıldıktan sonra, bilim ve teknoloji, oyun teorisi, çok değişkenli sistemler, kontrol sistemleri, karar verme ve bunun gibi alanlarda başarılı bir şekilde uygulandı. Bulanık kümelerde, evrensel küme içerisinde  $[0,1]$  kapalı aralığında bir üyelik değeri bulunmaktadır; fakat bazı problemlerde tam olarak sonucu elde etmede üyelik değeri yeterli olmayabilir. Çünkü her elemanın farklı bir üyelik değerine sahip olduğu durumlarla karşılaşabiliriz. Bu yüzden, Yager (Yager,1986) bulanık kümelerin farklı bir kombinasyonu olarak çoklu bulanık kümeleri tanımladı. Miyamoto (Miyamoto, 2000; Miyamoto,2004), Maturo (Maturo,2009), Syropoulos (Syropoulos,2010; Syropoulos,2012), Sebastian ve Ramakrishnan (Sebastian ve Ramakrishnan, 2010) ve diğerleri çoklu kümeler üzerinde çeşitli çalışmalarda bulundular. Son zamanlarda, bulanık sayılar üzerinde yoğun bir şekilde araştırmalar olduğu için birçok yazar tarafından ayrıntılı bir şekilde çalışıldı. Örneğin, Thouhida ve Ahmad (Thouhida ve Ahmad, 2009) tarafından bulanık sayılar üzerinde lineer üyelik fonksiyonları ile ilgili metotlar geliştirdiler. Chakrabort ve Guha (Chakrabort ve Guha, 2010) genişletme ilkesini kullanarak genelleştirilmiş bulanık sayılar üzerinde çeşitli aritmetik işlemleri geliştirdiler. Alim ve ark. (Alim ve ark.,2015) L-R bulanık sayısı üzerinde temel işlemler için bir metot geliştirmişlerdir. Roseline ve Amirtharaj (Roseline ve Amirtharaj, 2015) genelleştirilmiş yamuksal bulanık taşıma problemlerinin başlangıç çözümünü bulmak için genelleştirilmiş bulanık Macar metodunu daha ileri aşamalara kadar geliştirilmiş ve genelleştirilmiş yamuksal bulanık sayıların sıralaması için bir formül geliştirdi. Buna ek olarak, Roseline ve Amirtharaj (Roseline ve Amirtharaj, 2014) sıralama, çevre uzunluğu, mod, ıraksaklık ve yayılmaya dayalı genelleştirilmiş yamuksal bulanık sayıların sıralama tekniğini öne sürmüştür. Meng ve ark. (Meng ve ark.,2015) tarafından ortalama alan ölçümü metoduna dayalı olarak yamuksal bulanık sayıların üzerine çalışmıştır. Surapati ve Biswas (Surapati ve Biswas, 2012) bulanık sayılarda tam bilginin yerine belirli olmayan maliyet, zaman ve etkisizliği kullanarak çok amaçlı görev problemini incelemiştir. Wang (Wang, 2015) iki bulanık sayının kıyaslanmasında tercih derecesini temsil eden üyelik fonksiyonlu tercih ilişkisi üzerinde çaba harcamış ve bulanık sayılar kümesinin sıralaması için bulanık tercih ilişkisini tanımladı. Sinova ve ark. (Sinova ve ark., 2015) bulanık sayılarda moment üreten fonksiyonu genişleterek çeşitli rastgele faktörün dağılım kuralını öne sürmüştür. Riera ve Torrens (Riera ve Torrens, 2015) bütün ve bütün olmayan niteliksel bilgiyi örnek olarak ayrık bulanık sayılar üzerinde bir yol geliştirmiştir.

Son zamanlarda çok sayıda yazar (Sahin ve ark.,2015; Sahin ve ark.,2018; Uluçay ve ark.,2018a; Uluçay ve ark.,2018b; Uluçay ve ark.,2018c; Uluçay ve ark.,2018d; Uluçay ve ark.,2019; Uluçay ve ark.,2019a; Uluçay ve ark.,2019b; Bakbak ve ark., 2019a; Bakbak ve ark., 2019b; Bakbak ve Uluçay, 2019a; Bakbak ve Uluçay, 2019b), karar verme, geometrik mesafe, ağırlık merkezleri veya çevre arasındaki mesafe gibi çeşitli tanımlayıcı parametreleri kullanarak iki bulanık sayı arasındaki benzerlik derecesini ölçmek için farklı metotlar önerdiler. Örneğin; bulanık sayıların üçgensel yaklaşımlarının varlığı, teklifi, hesabı ve özellikleri üzerine (Ban ve Coroianu, 2015), üçgensel bulanık sayıların çarpımı ile matris oyunları üzerine (Chandra ve Aggarwal, 2015), acil durum reaksiyonunda, acil karar alıcılar üzerinde (Ruan ve ark., 2015), genel bulanık sayıların durulaştırılması üzerine (Rouhparvar ve Pahani, 2015), ayrık bulanık sayılara dayalı bulanık dilsel model üzerine (Riera ve ark., 2015), bulanık sayısının olasılıksal karakterizasyon işlevi üzerine (Saeidifar, 2015), bulanık sayıların aritmetiğine olasılık yaklaşımı üzerine (Stupnanova, 2015) vb. gibi örnekler verilebilir. Bulanık kümeler ve bulanık çoklu kümeler üzerinde bulanık sayılar ve bulanık çoklu sayılar inşa edilmiş ve birçok teorik ve uygulamalı

çalışmalar çeşitli araştırmacılar tarafından artan bir şekilde yapılmaktadır. Fakat yamuksal bulanık çoklu sayılar üzerine böyle çalışmalar yok denecek kadar az olduğundan bu çalışmada da bu konuyu ayrıntılı olarak ele alacağız. Bununla birlikte, bu benzerlik fonksiyonlarının belirli durumlar için dezavantajları vardır. Bu gibi dezavantajların üstesinden gelmeyi amaçlayan yamuksal bulanık çoklu sayılar için yeni bir benzerlik fonksiyonunu öneriyoruz. Bu yeni fonksiyon, ağırlık merkezleri ile geometrik mesafe arasındaki mesafeyi oluşturuyor, ancak bulanık çoklu sayılar arasındaki paylaşılan alana dayalı yeni bir terim de içerir.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde bulanık küme, çoklu bulanık kümeler ve yamuksal bulanık çoklu sayılar ile ilgili bazı temel kavramlar verilecektir. Üçüncü bölümünde yamuksal bulanık çoklu sayılar üzerinde yeni bir benzerlik fonksiyonu tanımlanacak ve temel özellikleri incelenecektir. Daha sonra bu benzerlik fonksiyonu için karar verme metodu geliştirilecek ve bir uygulaması verilecektir. Son bölümde ise bu sonuçlar tartışılacaktır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde sonraki bölümlerde kullanılacak olan bulanık küme (Zadeh, 1965), bulanık sayılar (Kaufmann ve Gupta, 1988) ve çoklu-bulanık küme (Sebastian ve Ramakrishnan, 2010) ile ilgili bazı temel tanımlar verilecektir.

**Tanım 1** (Zadeh, 1965)  $X$  boş olmayan bir küme olsun. Her  $x \in X$ ,  $0 \leq \varphi_F(x) \leq 1$  olmak üzere,  $\varphi_F : X \rightarrow [0,1]$  fonksiyonu ile bir bulanık küme:

$$F = \{ \langle x, \varphi_F(x) \rangle : x \in X \}$$

kümesi verilir.

**Tanım 2** (Zimmermann, 1993)  $t$ -normu  $[0,1] \times [0,1]$ 'den  $[0,1]$ 'e birleşmeli, monoton ve değişmeli iki değerli bir fonksiyondur. Bu özellikler aşağıdaki şekilde tanımlanır:

1.  $t(0,0) = 0$  ve  $t(\varphi_{x_1}, (x), 1) = t(1, \varphi_{x_1}(x)) = \varphi_{x_1}(x)$
2. Eğer  $\varphi_{x_1}(x) \leq \varphi_{x_3}(x)$  ve  $\varphi_{x_2}(x) \leq \varphi_{x_4}(x)$  ise, o zaman  $t(\varphi_{x_1}(x), \varphi_{x_2}(x)) \leq t(\varphi_{x_3}(x), \varphi_{x_4}(x))$  olur.
3.  $t(\varphi_{x_1}(x), \varphi_{x_2}(x)) = t(\varphi_{x_2}(x), \varphi_{x_1}(x))$ ,
4.  $t(\varphi_{x_1}(x), t(\varphi_{x_2}(x), \varphi_{x_3}(x))) = t(t(\varphi_{x_1}(x), \varphi_{x_2}(x)), \varphi_{x_3}(x))$

**Tanım 3** (Zimmermann, 1993)  $s$ -normu  $[0,1] \times [0,1]$ 'den  $[0,1]$ 'e birleşmeli, monoton ve değişmeli iki değerli bir fonksiyondur. Bu özellikler aşağıdaki şekilde tanımlanır:

1.  $s(1,1) = 1$  ve  $s(\varphi_{x_1}(x), 0) = s(0, \varphi_{x_1}(x)) = \varphi_{x_1}(x)$ ,
2. Eğer  $\varphi_{x_1}(x) \leq \varphi_{x_3}(x)$  ve  $\varphi_{x_2}(x) \leq \varphi_{x_4}(x)$  ise, o zaman  $s(\varphi_{x_1}(x), \varphi_{x_2}(x)) \leq s(\varphi_{x_3}(x), \varphi_{x_4}(x))$  olur.
3.  $s(\varphi_{x_1}(x), \varphi_{x_2}(x)) = s(\varphi_{x_2}(x), \varphi_{x_1}(x))$ ,
4.  $s(\varphi_{x_1}(x), s(\varphi_{x_2}(x), \varphi_{x_3}(x))) = s(s(\varphi_{x_1}(x), \varphi_{x_2}(x)), \varphi_{x_3}(x))$   $t$ -norm ve  $t$ -conorm ikili çiftlerinin özellikleri aşağıda verilmiştir:



$$1. \text{ Sert çarpım: } t_w(\varphi_{x_1}(x), \varphi_{x_2}(x)) = \begin{cases} \min \{ \varphi_{x_1}(x), \varphi_{x_2}(x) \}, & \max \{ \varphi_{x_1}(x), \varphi_{x_2}(x) \} = 1 \\ 0 & \text{aksi takdirde} \end{cases}$$

$$2. \text{ Sert toplam: } s_w(\varphi_{x_1}(x), \varphi_{x_2}(x)) = \begin{cases} \max \{ \varphi_{x_1}(x), \varphi_{x_2}(x) \}, & \min \{ \varphi_{x_1}(x), \varphi_{x_2}(x) \} = 0 \\ 1 & \text{aksi takdirde} \end{cases}$$

$$3. \text{ Sınırlı çarpım: } t_1(\varphi_{x_1}(x), \varphi_{x_2}(x)) = \max \{ 0, \varphi_{x_1}(x) + \varphi_{x_2}(x) - 1 \}$$

$$4. \text{ Sınırlı toplam: } s_1(\varphi_{x_1}(x), \varphi_{x_2}(x)) = \min \{ 1, \varphi_{x_1}(x) + \varphi_{x_2}(x) \}$$

$$5. \text{ Einstein çarpım: } t_{1.5}(\varphi_{x_1}(x), \varphi_{x_2}(x)) = \frac{\varphi_{x_1}(x) \cdot \varphi_{x_2}(x)}{2 - [\varphi_{x_1}(x) + \varphi_{x_2}(x) - \varphi_{x_1}(x) \cdot \varphi_{x_2}(x)]}$$

$$6. \text{ Einstein toplam: } s_{1.5}(\varphi_{x_1}(x), \varphi_{x_2}(x)) = \frac{\varphi_{x_1}(x) + \varphi_{x_2}(x)}{1 + \varphi_{x_1}(x) \cdot \varphi_{x_2}(x)}$$

$$7. \text{ Cebirsel çarpım: } t_2(\varphi_{x_1}(x), \varphi_{x_2}(x)) = \varphi_{x_1}(x) \cdot \varphi_{x_2}(x)$$

$$8. \text{ Cebirsel toplam: } s_2(\varphi_{x_1}(x), \varphi_{x_2}(x)) = \varphi_{x_1}(x) + \varphi_{x_2}(x) - \varphi_{x_1}(x) \cdot \varphi_{x_2}(x)$$

$$9. \text{ Hamacher çarpım: } t_{2.5}(\varphi_{x_1}(x), \varphi_{x_2}(x)) = \frac{\varphi_{x_1}(x) \cdot \varphi_{x_2}(x)}{\varphi_{x_1}(x) + \varphi_{x_2}(x) - \varphi_{x_1}(x) \cdot \varphi_{x_2}(x)}$$

$$10. \text{ Hamacher toplam: } s_{2.5}(\varphi_{x_1}(x), \varphi_{x_2}(x)) = \frac{\varphi_{x_1}(x) + \varphi_{x_2}(x) - 2 \cdot \varphi_{x_1}(x) \cdot \varphi_{x_2}(x)}{1 - \varphi_{x_1}(x) \cdot \varphi_{x_2}(x)}$$

$$11. \text{ Minimum: } t_3(\varphi_{x_1}(x), \varphi_{x_2}(x)) = \min \{ \varphi_{x_1}(x), \varphi_{x_2}(x) \}$$

$$12. \text{ Maksimum: } s_3(\varphi_{x_1}(x), \varphi_{x_2}(x)) = \max \{ \varphi_{x_1}(x), \varphi_{x_2}(x) \}$$

**Tanım 4** (Sebastian ve Ramakrishnan, 2010)  $X$  boş olmayan bir küme olsun. Her  $x \in X$  ve  $i \in \{1, 2, \dots, p\}$  için  $\varphi_G^i : X \rightarrow [0, 1]$  olmak üzere  $X$  üzerinde bir  $G$  çoklu-bulanık kümesi

$$G = \left\{ \langle x, \varphi_G^1(x), \varphi_G^2(x), \dots, \varphi_G^i(x), \dots \rangle : x \in X \right\}$$

şeklinde tanımlanır.

**Tanım 5** (Uluçay ve ark., 2018)  $a, b, c, d \in \mathbb{R}$  ve  $a \leq b \leq c \leq d$  olacak şekilde  $\eta_A^i \in [0, 1]$  ( $i \in \{1, 2, \dots, p\}$ ) olsun. Daha sonra  $\mathbb{R}$  reel sayılar kümesi üzerinde özel bir bulanık çoklu küme olan yamuksal bulanık çoklu sayısı (YBÇ sayısı)

$$\varphi_A^i(x) = \begin{cases} (x - a_1)\eta_A^i / (b_1 - a_1) & a_1 \leq x \leq b_1 \\ \eta_A^i & b_1 \leq x \leq c_1 \\ (d_1 - x)\eta_A^i / (d_1 - c_1) & c_1 \leq x \leq d_1 \\ 0 & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

üyelik fonksiyonları ile

$$\tilde{a} = \langle (a, b, c, d); \eta_A^1, \eta_A^2, \dots, \eta_A^p \rangle$$

şeklinde tanımlanır.

Not:  $\mathbb{R}$  üzerindeki bütün YBÇ sayılarının kümesi  $\Lambda$  ile gösterilir.

**Tanım 6** (Uluçay ve ark., 2018)  $A = \langle (a_1, b_1, c_1, d_1); \eta_A^1, \eta_A^2, \dots, \eta_A^p \rangle$ ,  $B = \langle (a_2, b_2, c_2, d_2); \eta_B^1, \eta_B^2, \dots, \eta_B^p \rangle \in \Lambda$  ve  $\gamma \neq 0$  herhangi bir reel sayı olsun. Daha sonra bu iki yamuksal bulanık çoklu sayılar arasındaki aritmetik işlemler

$$1. A + B = \langle (a_1 + a_2, b_1 + b_2, c_1 + c_2, d_1 + d_2); s(\eta_A^1, \eta_B^1), s(\eta_A^2, \eta_B^2), \dots, s(\eta_A^p, \eta_B^p) \rangle$$

$$2. A - B = \langle (a_1 - d_2, b_1 - c_2, c_1 - b_2, d_1 - a_2); s(\eta_A^1, \eta_B^1), s(\eta_A^2, \eta_B^2), \dots, s(\eta_A^p, \eta_B^p) \rangle$$

$$3. A \cdot B = \begin{cases} \langle (a_1 a_2, b_1 b_2, c_1 c_2, d_1 d_2); \\ t(\eta_A^1, \eta_B^1), t(\eta_A^2, \eta_B^2), \dots, t(\eta_A^p, \eta_B^p) \rangle & (d_1 > 0, d_2 > 0) \\ \langle (a_1 d_2, b_1 c_2, c_1 b_2, d_1 a_2); \\ t(\eta_A^1, \eta_B^1), t(\eta_A^2, \eta_B^2), \dots, t(\eta_A^p, \eta_B^p) \rangle & (d_1 < 0, d_2 > 0) \\ \langle (d_1 d_2, c_1 c_2, b_1 b_2, a_1 a_2); \\ t(\eta_A^1, \eta_B^1), t(\eta_A^2, \eta_B^2), \dots, t(\eta_A^p, \eta_B^p) \rangle & (d_1 < 0, d_2 < 0) \end{cases}$$

$$4. A / B = \begin{cases} \langle (a_1 / d_2, b_1 / c_2, c_1 / b_2, d_1 / a_2); \\ t(\eta_A^1, \eta_B^1), t(\eta_A^2, \eta_B^2), \dots, t(\eta_A^p, \eta_B^p) \rangle & (d_1 > 0, d_2 > 0) \\ \langle (d_1 / d_2, c_1 / c_2, b_1 / b_2, a_1 / a_2); \\ t(\eta_A^1, \eta_B^1), t(\eta_A^2, \eta_B^2), \dots, t(\eta_A^p, \eta_B^p) \rangle & (d_1 < 0, d_2 > 0) \\ \langle (d_1 / a_2, c_1 / b_2, b_1 / c_2, a_1 / d_2); \\ t(\eta_A^1, \eta_B^1), t(\eta_A^2, \eta_B^2), \dots, t(\eta_A^p, \eta_B^p) \rangle & (d_1 < 0, d_2 < 0) \end{cases}$$

$$5. \gamma A = \langle (\gamma a_1, \gamma b_1, \gamma c_1, \gamma d_1); 1 - (1 - \eta_A^1)^\gamma, 1 - (1 - \eta_A^2)^\gamma, \dots, 1 - (1 - \eta_A^p)^\gamma \rangle (\gamma \geq 0)$$

$$6. A^\gamma = \langle (a_1^\gamma, b_1^\gamma, c_1^\gamma, d_1^\gamma); (\eta_A^1)^\gamma, (\eta_A^2)^\gamma, \dots, (\eta_A^p)^\gamma \rangle (\gamma \geq 0)$$

şekilinde verilir.

**Tanım 7** (Uluçay ve ark., 2018)  $A = \langle (a_1, b_1, c_1, d_1); \eta_A^1, \eta_A^2, \dots, \eta_A^p \rangle \in \Lambda$  olsun. O zaman,  $A$ 'nın normalleştirilmiş YBC-sayısı

$$\bar{A} = \left\langle \left( \frac{a_1}{a_1 + b_1 + c_1 + d_1}, \frac{b_1}{a_1 + b_1 + c_1 + d_1}, \frac{c_1}{a_1 + b_1 + c_1 + d_1}, \frac{d_1}{a_1 + b_1 + c_1 + d_1} \right); \eta_A^1, \eta_A^2, \dots, \eta_A^p \right\rangle$$

olur.

**Tanım 8** (Wei ve Chen, 2009)  $A = \langle (a_1, b_1, c_1, d_1); \eta_A \rangle$ ,  $B = \langle (a_2, b_2, c_2, d_2); \eta_B \rangle$  iki genelleştirilmiş yamuksal bulanık sayı olduğunu varsayalım. O halde genelleştirilmiş yamuksal bulanık sayılar  $A$  ve  $B$  nin  $S(A, B)$  benzerlik ölçüsü aşağıdaki şekilde hesaplanır

$$S(A, B) = \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^4 |a_i - b_i|}{4} \right] \times \frac{\min \{P(A), P(B)\} + \min \{\eta_A, \eta_B\}}{\max \{P(A), P(B)\} + \max \{\eta_A, \eta_B\}}$$

öyle ki

$$P(A) = \sqrt{(a_1 - a_2)^2 + (\eta_A)^2} + \sqrt{(a_3 - a_4)^2 + (\eta_A)^2} + (a_3 - a_2) + (a_4 - a_1),$$

benzer şekilde  $P(B)$  içinde yazılır. Bu durumda,  $i = 1, 2, \dots, n$  için  $x_i = y_i = 0$  olduğunda ölçüm değeri sıfır olsun. Benzerlik ölçümü aşağıdaki özellikleri sağlar.

(P1)  $0 \leq S(A, B) \leq 1$ ;

(P2)  $S(A, B) = S(B, A)$ ,

(P3)  $S(A, B) = 1$  ancak ve ancak  $A = B$ , yani  $a_i = b_i$  ve  $\eta_A = \eta_B$  'dir. ( $i=1, 2, \dots, n$ ).

## BULGULAR VE TARTIŞMA

**Yamuksal Bulanık Çoklu Sayılar (YBCS) ile Çok-Kriterli Karar Vermeye Dayalı Yeni Bir Benzerlik Fonksiyonu**

**Tanım 9**  $A = \langle (a_1, a_2, a_3, a_4); \eta_A^1, \eta_A^2, \dots, \eta_A^p \rangle$ ,  $B = \langle (b_1, b_2, b_3, b_4); \eta_B^1, \eta_B^2, \dots, \eta_B^p \rangle \mathbb{R}$  reel sayılar kümesi üzerinde iki adet YBC sayı olsun. O zaman;  $A$  ve  $B$  yamuksal bulanık çoklu sayıları arasındaki  $S(A, B)$  ile gösterilen yeni bir benzerlik fonksiyonu şu şekilde tanımlanır;

$$S(A, B) = \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^4 |a_i - b_i|}{4n} \right] \times \frac{\min \{P(A^i), P(B^i)\} + \min \{\eta_A^i, \eta_B^i\}}{\max \{P(A^i), P(B^i)\} + \max \{\eta_A^i, \eta_B^i\}}$$

$$P(A) = \sqrt{(a_1 - a_2)^2 + (\eta_A^1)^2} + \sqrt{(a_3 - a_4)^2 + (\eta_A^2)^2} + (a_3 - a_2) + (a_4 - a_1),$$

$$P(B) = \sqrt{(b_1 - b_2)^2 + (\eta_B^1)^2} + \sqrt{(b_3 - b_4)^2 + (\eta_B^2)^2} + (b_3 - b_2) + (b_4 - b_1).$$

**Önerme 10**  $A$  ve  $B$  yamuksal bulanık çoklu sayıları arasındaki benzerlik fonksiyonu  $S(A, B)$  olsun.  $S(A, B)$  ile gösterilen benzerlik fonksiyonu aşağıdaki özellikleri sağlamalıdır;

- i.  $0 \leq S(A, B) \leq 1$
- ii.  $S(A, B) = S(B, A)$
- iii.  $S(A, B) = 1$  için  $A = B$ , yani  $i = 1, 2, \dots, n$   $a_i = b_i$  ve  $\eta_A^i = \eta_B^i$  'dir.

İspat: i. Tanım 9'ten açık bir şekilde görülmektedir.

$$\text{ii. } S(A, B) = \left[ 1 - \frac{|a_1 - b_1| + |a_2 - b_2| + |a_3 - b_3| + |a_4 - b_4|}{4n} \right]$$

$$\times \frac{\min \{P(A^1), P(B^1), \dots, P(A^n), P(B^n)\} + \min \{\eta_A^1, \eta_B^1, \dots, \eta_A^n, \eta_B^n\}}{\max \{P(A^1), P(B^1), \dots, P(A^n), P(B^n)\} + \max \{\eta_A^1, \eta_B^1, \dots, \eta_A^n, \eta_B^n\}}$$

$$= \left[ 1 - \frac{|b_1 - a_1| + |b_2 - a_2| + |b_3 - a_3| + |b_4 - a_4|}{4n} \right]$$

$$\times \frac{\min \{P(B^1), P(A^1), \dots, P(B^n), P(A^n)\} + \min \{\eta_B^1, \eta_A^1, \dots, \eta_B^n, \eta_A^n\}}{\max \{P(B^1), P(A^1), \dots, P(B^n), P(A^n)\} + \max \{\eta_B^1, \eta_A^1, \dots, \eta_B^n, \eta_A^n\}}$$

$$= S(B, A)$$

$$\text{iii. } S(A, B)$$

$$= \left[ 1 - \frac{|a_1 - b_1| + |a_2 - b_2| + |a_3 - b_3| + |a_4 - b_4|}{4n} \right]$$

$$\times \frac{\min \{P(A^1), P(B^1), \dots, P(A^n), P(B^n)\} + \min \{\eta_A^1, \eta_B^1, \dots, \eta_A^n, \eta_B^n\}}{\max \{P(A^1), P(B^1), \dots, P(A^n), P(B^n)\} + \max \{\eta_A^1, \eta_B^1, \dots, \eta_A^n, \eta_B^n\}}$$

$$S(A, B) = \left[ 1 - \frac{0}{4n} \right]$$

$$\times \frac{\min \{P(A^1), P(B^1), \dots, P(A^n), P(B^n)\} + \min \{\eta_A^1, \eta_B^1, \dots, \eta_A^n, \eta_B^n\}}{\max \{P(A^1), P(B^1), \dots, P(A^n), P(B^n)\} + \max \{\eta_A^1, \eta_B^1, \dots, \eta_A^n, \eta_B^n\}} = 1.$$

**Örnek 11**  $A = \langle (1,2,3,4); 0.3, 0.2, 0.4, 0.6 \rangle$ ,  $B = \langle (3,5,7,9); 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 \rangle$   $\mathbb{R}$  reel sayılar kümesinde iki adet YBÇ sayı olsun. O zaman;  $A$  ve  $B$  yamuksal bulanık çoklu sayıları arasındaki benzerlik fonksiyonu

$$P(A^1) = \sqrt{(1-2)^2 + (0,3)^2} + \sqrt{(3-4)^2 + (0,3)^2} + (3-2) + (4-1) = 6,08$$

$$P(A^2) = \sqrt{(1-2)^2 + (0,2)^2} + \sqrt{(3-4)^2 + (0,2)^2} + (3-2) + (4-1) = 6,02$$

$$P(A^3) = \sqrt{(1-2)^2 + (0,4)^2} + \sqrt{(3-4)^2 + (0,4)^2} + (3-2) + (4-1) = 6,14$$

$$P(A^4) = \sqrt{(1-2)^2 + (0,6)^2} + \sqrt{(3-4)^2 + (0,6)^2} + (3-2) + (4-1) = 6,332$$

$$P(B^1) = \sqrt{(3-5)^2 + (0,2)^2} + \sqrt{(7-9)^2 + (0,2)^2} + (7-5) + (9-3) = 12,02$$

$$P(B^2) = \sqrt{(3-5)^2 + (0,3)^2} + \sqrt{(7-9)^2 + (0,3)^2} + (7-5) + (9-3) = 12,04$$

$$P(B^3) = \sqrt{(3-5)^2 + (0,4)^2} + \sqrt{(7-9)^2 + (0,4)^2} + (7-5) + (9-3) = 12,08$$

$$P(B^4) = \sqrt{(3-5)^2 + (0,5)^2} + \sqrt{(7-9)^2 + (0,5)^2} + (7-5) + (9-3) = 12,12$$

$$S(A, B) = \left[ 1 - \frac{|1-3| + |2-5| + |3-7| + |4-9|}{16} \right] \times \frac{6.02 + 0.2}{12.12 + 0.6} = 0.125375$$

olur.

**Tanım 12**  $A = \langle (a_1, a_2, a_3, a_4); \eta_A^1, \eta_A^2, \dots, \eta_A^p \rangle$ ,  $B = \langle (b_1, b_2, b_3, b_4); \eta_B^1, \eta_B^2, \dots, \eta_B^p \rangle$   $\mathbb{R}$  reel sayılar kümesinde

iki adet YBÇ sayı ve  $w_i \in [0,1]$  olacak şekilde  $\sum_{i=1}^n w_i = 1$   $i = (1, 2, \dots, n)$ , her bir  $x_i$  elemanının ağırlığı

olsun. O zaman  $S_w(A, B)$  ile gösterilen  $A$  ve  $B$  yamuksal bulanık çoklu sayıları arasındaki yeni bir benzerlik fonksiyonu şu şekilde tanımlanır;

$$S_w(A, B) = \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^4 |a_i - b_i|}{4n} \right] \times w_i \times \frac{\min \{P(A^i), P(B^i)\} + \min \{\eta_A^i, \eta_B^i\}}{\max \{P(A^i), P(B^i)\} + \max \{\eta_A^i, \eta_B^i\}}$$

$$P(A) = \sqrt{(a_1 - a_2)^2 + (\eta_A^1)^2} + \sqrt{(a_3 - a_4)^2 + (\eta_A^2)^2} + (a_3 - a_2) + (a_4 - a_1),$$

$$P(B) = \sqrt{(b_1 - b_2)^2 + (\eta_B^1)^2} + \sqrt{(b_3 - b_4)^2 + (\eta_B^2)^2} + (b_3 - b_2) + (b_4 - b_1).$$



**Önerme 13**  $S_w(\bar{A}, \bar{B})$   $A$  ve  $B$  normalleştirilmiş YBÇ sayıları arasındaki ağırlıklı yeni benzerlik fonksiyonu olsun.  $w_j \in [0,1]$  her bir  $x_j$  elemanının ağırlığı  $\sum_{j=1}^n w_j = 1$  olsun. O zaman  $A$  ve  $B$  yamuksal bulanık çoklu sayıları arasındaki ağırlıklı yeni benzerlik fonksiyonu;

i.  $0 \leq S_w(\bar{A}, \bar{B}) \leq 1$

ii.  $S_w(\bar{A}, \bar{B}) = S_w(\bar{B}, \bar{A})$

iii.  $S_w(\bar{A}, \bar{B}) = 1$  for  $\bar{A} = \bar{B}$  i.e.  $(\eta_A^1 = \eta_B^1, \eta_A^2 = \eta_B^2, \dots, \eta_A^n = \eta_B^n)$  olur.

İspat: i. Tanım 12’ten açık bir şekilde görülmektedir.

$$S_w(\bar{A}, \bar{B}) = \left[ 1 - \frac{|a_1 - b_1| + |a_2 - b_2| + |a_3 - b_3| + |a_4 - b_4|}{4n} \right] \times w_i$$

ii.  $\frac{\min \{P(\bar{A}^1), P(\bar{B}^1), \dots, P(\bar{A}^n), P(\bar{B}^n)\} + \min \{\eta_{\bar{A}}^1, \eta_{\bar{B}}^1, \dots, \eta_{\bar{A}}^n, \eta_{\bar{B}}^n\}}{\max \{P(\bar{A}^1), P(\bar{B}^1), \dots, P(\bar{A}^n), P(\bar{B}^n)\} + \max \{\eta_{\bar{A}}^1, \eta_{\bar{B}}^1, \dots, \eta_{\bar{A}}^n, \eta_{\bar{B}}^n\}}$

$$= \left[ 1 - \frac{|b_1 - a_1| + |b_2 - a_2| + |b_3 - a_3| + |b_4 - a_4|}{4n} \right] \times w_i$$

$$\times \frac{\min \{P(\bar{B}^1), P(\bar{A}^1), \dots, P(\bar{B}^n), P(\bar{A}^n)\} + \min \{\eta_{\bar{B}}^1, \eta_{\bar{A}}^1, \dots, \eta_{\bar{B}}^n, \eta_{\bar{A}}^n\}}{\max \{P(\bar{B}^1), P(\bar{A}^1), \dots, P(\bar{B}^n), P(\bar{A}^n)\} + \max \{\eta_{\bar{B}}^1, \eta_{\bar{A}}^1, \dots, \eta_{\bar{B}}^n, \eta_{\bar{A}}^n\}}$$

$$= S_w(\bar{B}, \bar{A})$$

iii.  $S_w(\bar{A}, \bar{B})$

$$= \left[ 1 - \frac{|a_1 - b_1| + |a_2 - b_2| + |a_3 - b_3| + |a_4 - b_4|}{4n} \right] \times w_i$$

$$\times \frac{\min \{P(\bar{A}^1), P(\bar{B}^1), \dots, P(\bar{A}^n), P(\bar{B}^n)\} + \min \{\eta_{\bar{A}}^1, \eta_{\bar{B}}^1, \dots, \eta_{\bar{A}}^n, \eta_{\bar{B}}^n\}}{\max \{P(\bar{A}^1), P(\bar{B}^1), \dots, P(\bar{A}^n), P(\bar{B}^n)\} + \max \{\eta_{\bar{A}}^1, \eta_{\bar{B}}^1, \dots, \eta_{\bar{A}}^n, \eta_{\bar{B}}^n\}}$$

$$S_w(\bar{A}, \bar{B}) = \left[ 1 - \frac{0}{4n} \right] \times w_i$$

$$\times \frac{\min \{P(\bar{A}^1), P(\bar{B}^1), \dots, P(\bar{A}^n), P(\bar{B}^n)\} + \min \{\eta_{\bar{A}}^1, \eta_{\bar{B}}^1, \dots, \eta_{\bar{A}}^n, \eta_{\bar{B}}^n\}}{\max \{P(\bar{A}^1), P(\bar{B}^1), \dots, P(\bar{A}^n), P(\bar{B}^n)\} + \max \{\eta_{\bar{A}}^1, \eta_{\bar{B}}^1, \dots, \eta_{\bar{A}}^n, \eta_{\bar{B}}^n\}} = 1.$$

**Örnek 14**  $A = \langle (2, 3, 5, 6); 0.2, 0.5, 0.6, 0.9 \rangle$ ,  $B = \langle (1, 2, 4, 5); 0.3, 0.4, 0.5, 0.7 \rangle$   $\mathbb{R}$  reel sayılar kümesinde iki adet yamuksal bulanık çoklu sayı ve  $w_i, i = (1, 2)$  her bir  $x_i$  elemanının ağırlığı  $w_1 = 0.6, w_2 = 0.4$  olsun. O zaman  $A$  ve  $B$  yamuksal bulanık çoklu sayıları arasındaki yeni benzerlik fonksiyonu;

$$P(A) = \sqrt{(a_1 - a_2)^2 + (\eta_A^i)^2} + \sqrt{(a_3 - a_4)^2 + (\eta_A^i)^2} + (a_3 - a_2) + (a_4 - a_1),$$

$$P(A^1) = \sqrt{(2-1)^2 + (0,2)^2} + \sqrt{(5-6)^2 + (0,2)^2} + (5-3) + (6-2) = 8.04$$

$$P(A^2) = \sqrt{(2-1)^2 + (0,5)^2} + \sqrt{(5-6)^2 + (0,5)^2} + (5-3) + (6-2) = 8.24$$

$$P(A^3) = \sqrt{(2-1)^2 + (0,6)^2} + \sqrt{(5-6)^2 + (0,6)^2} + (5-3) + (6-2) = 8.334$$

$$P(A^4) = \sqrt{(2-1)^2 + (0,9)^2} + \sqrt{(5-6)^2 + (0,9)^2} + (5-3) + (6-2) = 8.7$$

$$P(B) = \sqrt{(b_1 - b_2)^2 + (\eta_B^i)^2} + \sqrt{(b_3 - b_4)^2 + (\eta_B^i)^2} + (b_3 - b_2) + (b_4 - b_1).$$

$$P(B^1) = \sqrt{(1-2)^2 + (0,3)^2} + \sqrt{(4-5)^2 + (0,3)^2} + (4-2) + (5-1) = 8.1$$

$$P(B^2) = \sqrt{(1-2)^2 + (0,4)^2} + \sqrt{(4-5)^2 + (0,4)^2} + (4-2) + (5-1) = 8.16$$

$$P(B^3) = \sqrt{(1-2)^2 + (0,5)^2} + \sqrt{(4-5)^2 + (0,5)^2} + (4-2) + (5-1) = 8.24$$

$$P(B^4) = \sqrt{(1-2)^2 + (0,7)^2} + \sqrt{(4-5)^2 + (0,7)^2} + (4-2) + (5-1) = 8.44$$

$$\begin{aligned} S_w(A, B) &= \left[ 1 - \frac{|2-1| + |3-2| + |5-4| + |6-5|}{16} \right] \times 0.4 \\ &\times \frac{8.04 + 0.2}{8.7 + 0.9} + \left[ 1 - \frac{|2-1| + |3-2| + |5-4| + |6-5|}{16} \right] \times 0.6 \times \frac{8.04 + 0.2}{8.7 + 0.9} \\ &= 0.378 + 0.252 = 0.63 \end{aligned}$$

### Çok Kriterli Karar Vermeye Dayalı YBÇ-sayısı

Bu bölümde, yamuksal bulanık çoklu sayılar için yeni vektör benzerlik fonksiyonuna dayalı YBÇS-çok kriterli karar verme metodu tanımlanmıştır.

**Tanım 15**  $U = (u_1, u_2, \dots, u_m)$  alternatiflerin kümesi,  $A = (a_1, a_2, \dots, a_n)$  kriterlerin kümesi,  $a_j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ )'nin  $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ 'de  $w_j \geq 0$  ve  $\sum_{i=1}^n w_i = 1$  olacak şekilde ağırlık vektörü olsun. Eğer  $b_{ij} = \langle (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij}); \eta_{ij}^1, \eta_{ij}^2, \dots, \eta_{ij}^p \rangle$  YBÇS ise

$$[b_{ij}]_{m \times n} = \begin{matrix} & a_1 & a_2 & \cdots & a_n \\ \begin{matrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_m \end{matrix} & \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{m1} & b_{m2} & \cdots & b_{mn} \end{pmatrix} \end{matrix}$$

şeklinde verilen matrise karar matrisi denir. Aynı zamanda;  $r^+$ ,  $[b_{ij}]_{m \times n}$  karar matrisinin pozitif ideal yamuksal bulanık çoklu sayılarının (YBÇS) çözümü olur ve şu şekilde gösterilir:

$$r^+ = \langle (1, 1, 1, 1); 1, 1, \dots, 1 \rangle.$$

### Algoritma:

**Adım 1.** Karar için  $[b_{ij}]_{m \times n}$  karar verme matrisini inşa et;

**Adım 2.** Pozitif ideal (veya negaif ideal)  $r^+$  YBÇS çözümü ve  $u_i = \langle (a_i, b_i, c_i, d_i); \eta_A^1, \eta_A^2, \dots, \eta_A^p \rangle$ , ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) arasındaki ağırlıklı yeni vektör benzerliğini  $F_i$  hesapla.

$$S_w(A, B) = \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^4 |a_i - b_i|}{4n} \right] \times w_i \times \frac{\min \{P(A^i), P(B^i)\} + \min \{\eta_A^i, \eta_B^i\}}{\max \{P(A^i), P(B^i)\} + \max \{\eta_A^i, \eta_B^i\}}$$

**Adım 3.**  $F_i = S_{w_i}(u_i, r^+)$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ), ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) artmayan derecesi belirle.

**Adım 4.** En iyi alternatifi seç.

Şimdi, aşağıda nümerik bir örnek verelim;

**Örnek 16** Xu and Cia (Syropoulos, 2010) den uyarladığımız karar verme problemi üzerinde düşünelim. Köklüce Medikal firması sedye almak istesin. Dört çeşit sedye(alternatif)  $u_i$  ( $i = 1, 2, 3, 4$ ) mümkün bulunmaktadır. Müşteri alternatifleri değerlendirmek için dört özelliği dikkate almaktadır;  $a_1$  =katlanabilir sedye;  $a_2$  =makaralı sedye;  $a_3$  =hamak sedye ve yukarıdaki dört özellik altında dört olası alternatifi  $u_i$  ( $i = 1, 2, 3, 4$ ) hesaplamak için YBÇS değerleri kullanılmıştır. Aynı zamanda,  $a_j$  ( $j = 1, 2, 3, 4$ )'nin ağırlık vektörü  $\omega = (0.2, 0.5, 0.1, 0.2)^T$  olur. O zaman,

### Algoritma

**Adım 1.** Köklüce Medikal tarafından sağlanan karar matrisini şu şekilde oluşturalım;

**Tablo 1:** Medikal tarafından verilen karar matrisi;

	$a_1$	$a_2$	$a_3$
$u_1$	$\langle (0.3, 0.5, 0.7, 0.9); 0.4, 0.5, 0.3, 0.6 \rangle$	$\langle (0.6, 0.7, 0.8, 0.9); 0.8, 0.9, 0.6, 0.3 \rangle$	$\langle (0.1, 0.3, 0.5, 0.8); 0.2, 0.5, 0.2, 0.1 \rangle$
$u_2$	$\langle (0.2, 0.3, 0.4, 0.5); 0.8, 0.1, 0.4, 0.2 \rangle$	$\langle (0.5, 0.6, 0.8, 0.9); 0.1, 0.9, 0.3, 0.7 \rangle$	$\langle (0.2, 0.5, 0.8, 0.9); 0.7, 0.7, 0.1, 0.3 \rangle$
$u_3$	$\langle (0.1, 0.5, 0.6, 0.7); 0.2, 0.6, 0.2, 0.5 \rangle$	$\langle (0.4, 0.6, 0.7, 0.9); 0.2, 0.9, 0.1, 0.8 \rangle$	$\langle (0.5, 0.6, 0.7, 0.8); 0.8, 0.8, 0.5, 0.1 \rangle$
$u_4$	$\langle (0.3, 0.4, 0.6, 0.8); 0.6, 0.9, 0.1, 0.2 \rangle$	$\langle (0.2, 0.3, 0.7, 0.8); 0.8, 0.3, 0.2, 0.4 \rangle$	$\langle (0.1, 0.5, 0.6, 0.8); 0.2, 0.3, 0.1, 0.3 \rangle$

**Adım 2.** Pozitif ideal YBÇS-sayılarının çözümünü şu şekilde hesapla;

$$r^+ = \langle (1, 1, 1, 1); 1, 1, \dots, 1 \rangle$$

**Adım 3.** Ağırlıklı yeni vektör benzerlik fonksiyonlarını  $F_i = S_{w_i}(u_i, r^+)$  hesaplanmıştır;

**Tablo 2:**  $F_i = S_{w_i}(u_i, r^+)$  hesaplaması

Önerilen metot	Ölçüm değeri	Sıralama
$F_i = S_{w_i}(u_i, r^+)$	$S_{w_i}(u_1, r^+) = 0,1302$	$F_2 > F_1 > F_4 > F_3$
	$S_{w_i}(u_2, r^+) = 0,3341$	
	$S_{w_i}(u_3, r^+) = 0,0685$	
	$S_{w_i}(u_4, r^+) = 0,1197$	

**Adım 4.**Bu yüzden Köklüce Medikal  $u_2$  sedyesini seçer. Bir takım nedenlerden dolayı eğer onlar  $u_2$  'yi seçmek istemezlerse onların ikinci seçimi  $u_1$  olacaktır.

Önerilen karar verme yaklaşımının fizibilitesini ve etkinliğini doğrulamak için, bulanık çoklu sayılar karar yöntemini kullanan bir karşılaştırma analizi ( Meng ve ark. 2015, Wang 2015 ve Uluçay ve ark. 2018), bölüm 3'tekiyle aynı açıklayıcı örneğe dayanarak aşağıdaki tablo da verilmiştir ve aynı sonuç elde edilmiştir.

**Tablo 3:**

Önerilen metot	Sıralama	En iyi karar
Meng ve ark. 2015	$u_2 > u_3 > u_1$	$u_2$
Wang 2015	$u_2 > u_1 > u_3$	$u_2$
Uluçay ve ark. 2018	$u_2 > u_1 > u_3$	$u_2$
Önerilen metot	$u_2 > u_1 > u_3$	$u_2$

## SONUÇ

Bu çalışmada, yamuksal bulanık çoklu sayılar üzerinde yeni vektör benzerlik fonksiyonu ve ağırlıklı yeni vektör benzerlik fonksiyonu tanımlandı. Verilen bu vektör benzerlik fonksiyonlarının özellikleri incelendi. Daha sonra ağırlıklı yeni vektör benzerlik fonksiyonuna dayalı yamuksal bulanık çoklu sayısı için çok kriterli karar verme metodu geliştirildi ve önerilen metodun doğruluğu ve pratikliğini onaylamak için nümerik bir örneğe uygulanmıştır. Yamuksal bulanık çoklu sayılar ilerleyen zamanlarda birçok belirsizlik içeren olayları modellemek ve çözmek için çok daha fazla alana uygulanabilir. Gelecek dönemlerde bu çalışma, sezgisel bulanık çoklu kümeler ve neutrosophic çoklu kümelerde değişik uygulamalar ve teknikler kullanılarak genişletilebilir.

## KAYNAKLAR

- Alim A, Johora F T, Babu S, Sultana A, 2015. Elementary operations on LR fuzzy number. Adv Pure Math 5(03):131
- Bakbak D, Uluçay V, Şahin M, 2019a. Neutrosophic soft expert multiset and their application to multiple criteria decision making. Mathematics, 7(1), 50.
- Bakbak D, Uluçay V, 2019a. Chapter Eight Multiple Criteria Decision Making in Architecture Based on Q-Neutrosophic Soft Expert Multiset. NEUTROSOPHIC TRIPLET STRUCTURES, 90.
- Bakbak D, Uluçay V, 2019b. Multicriteria Decision-Making Method Using the Cosine Vector Similarity Measure Under Intuitionistic Trapezoidal Fuzzy Multi-Numbers in Architecture. 6th International Multidisciplinary Studies Congress (Multicongress'19) Gaziantep, Türkiye.

- Bakbak D, Uluçay V, and Şahin, M, 2019b. Intuitionistic Trapezoidal Fuzzy Multi-Numbers and Some Arithmetic Averaging Operators with Their Application in Architecture. 6th International Multidisciplinary Studies Congress (Multicongress'19) Gaziantep, Türkiye.
- Ban AI, Coroianu L, 2015. Existence, uniqueness, calculus and properties of triangular approximations of fuzzy numbers under a general condition. *Int. J ApproxReason* 62:1–26
- Chandra S, Aggarwal A, 2015. On solving matrix games with pay-offs of triangular fuzzy numbers: certain observations and generalizations. *Eur. J. Oper. Res.* 246(2):575–581
- Chakraborty D, Guha D, 2010. Addition two generalized fuzzy numbers. *Int. J Ind. Math* 2(1):9–20
- Hassan N, Uluçay V, Şahin M, 2018. Q-neutrosophic soft expert set and its application in decision making. *International Journal of Fuzzy System Applications (IJFSA)*, 7(4), 37-61.
- Kaufmann A, Gupta MM, 1988. *Fuzzy mathematical models in engineering and management science*. Elsevier Science Publishers ,Amsterdam
- Miyamoto S, 2001. Fuzzy multi-sets and their generalizations. *Multi-set processing, Lecture notes in computer science*, vol 2235. Springer, Berlin, pp 225–235
- Miyamoto S, 2004. Data structure and operations for fuzzy multi-sets. *Transactions on rough sets II, Lecture notes in computer science*, vol 3135. Springer, Berlin, pp 189–200
- Maturo A, 2009. On some structures of fuzzy numbers. *Iran J Fuzzy Syst* 6(4):49–59
- Meng Y, Zhou Q, Jiao J, Zheng J, Gao D, 2015. The ordered weighted geometric averaging algorithm to multiple attribute decision making with in triangular fuzzy numbers based on the mean area measurement method1. *Appl. Math Sci.*, 9(43):2147–2151
- Wang YJ, 2015. Ranking triangle and trapezoidal fuzzy numbers based on the relative preference relation. *Appl. Math model*, 39(2):586–599
- Rouhparvar H, Panahi A, 2015. A new definition for defuzzification of Generalized fuzzy numbers and its application. *Appl Soft Comput.*, 30:577–584
- Rezvani S., 2015. Ranking generalized exponential trapezoidal fuzzy numbers based on variance. *Appl Math Comput.*, 262:191–198
- Riera JV, Massanet S, Herrera-Viedma , Torrens J, 2015. Some interesting properties of The fuzzy linguistic model based on discrete fuzzy number stoma age hesitant fuzzy linguistic information. *Appl. Soft Comput.*, 36:383–391
- Riera JV, Torrens J, 2015. Using discrete fuzzy numbers in the aggregation of İn complete qualitative information. *Fuzzy Sets Syst.* 264:121–137
- Roseline S, Amirtharaj S, 2015. Improved ranking of generalized trapezoidal fuzzy numbers. *Int. J Innov. Res Sci. Eng. Techno* 14:6106–6113
- Roseline S, Amirtharaj S, 2014. Generalized fuzzy hungarian method for eneralized trapezoidal fuzzy transportation problem with ranking of Generalized fuzzy numbers. *Int. J Appl. Math Stat. Sci. (IJAMSS)* 1(3):5–12
- Ruan J, Shi P, Lim CC, Wang X, 2015. Relief supplies allocation and optimization by interval and fuzzy number approaches. *Inf.Sci.*,303:15–32.
- Surapati P, Biswas P, 2012. Multi-objective assignment Problem with generalized trapezoidal fuzzy numbers. *Int J Appl Inf Syst* 2(6):13–20
- Sebastian S, Ramakrishnan TV, 2010. Multi-fuzzy sets. *Int Math Forum* 5(50):2471–2476
- Syropoulos A, 2012. On generalized fuzzy multisets and their use in computation. *Iranian Journal of Fuzzy Systems* Vol. 9, No. 2, pp. 113-125.
- Syropoulos A, 2010. On non-symmetric multi-fuzzy sets. *Crit. Rev IV*:35–41
- Saeidifar A, 2015. Possibilistic characteristic functions. *Fuzzy Inf. Eng.* 7(1):61–72
- Sinova B, Casals MR, Gil M A, Lubiano MA , 2015. The fuzzy characterizing function of The distribution of a random fuzzy number. *Appl. Math Model* 39(14):4044–4056
- Stupnanova A, 2015. A probabilistic approach to the arithmetics of fuzzy numbers. *Fuzzy Sets Syst* 264:64–75



- Şahin M, Uluçay V, Acioğlu H, 2018. Some weighted arithmetic operators and geometric operators with SVNNS and their application to multi-criteria decision making problems. *Infinite Study*.
- Şahin M, Alkhazaleh S, Uluçay V, 2015. Neutrosophic soft expert sets. *Applied Mathematics*, 6(1), 116.
- Thowhida A, Ahmad SU, 2009. A computational method for fuzzy arithmetic operations. *Daffodil Int. Univ. J SciTechnol.*,4(1):18–22
- Uluçay V, Deli I, Şahin M, 2018a. Trapezoidal fuzzy multi-number and its application to multi-criteria decision-making problems. *Neural Computing and Applications*, 1-10.
- Uluçay V, Deli I, Şahin M, 2018b. Similarity measures of bipolar neutrosophic sets and their application to multiple criteria decision making. *Neural Computing and Applications*, 29(3), 739-748.
- Uluçay V, Şahin M, Olgun N, 2018c. Time-neutrosophic soft expert sets and its decision making problem. *Matematika*, Volume 34, Number 2, 245–260.
- Uluçay V, Şahin M, Hassan N, 2018d. Generalized neutrosophic soft expert set for multiple-criteria decision-making. *Symmetry*, 10(10), 437.
- Uluçay V, Kılıç A, Şahin M, Deniz H, 2019a. A New Hybrid Distance-Based Similarity Measure for Refined Neutrosophic sets and its Application in Medical Diagnosis. *MATEMATIKA: Malaysian Journal of Industrial and Applied Mathematics*, 35(1), 83-94.
- Uluçay V, Deli I, Şahin M, 2019b. Intuitionistic trapezoidal fuzzy multi-numbers and its application to multi-criteria decision-making problems. *Complex & Intelligent Systems*, 5(1), 65-78.
- Wei SH, Chen SM, 2009. A new approach for fuzzy risk analysis based on similarity measures of generalized fuzzy numbers. *Expert Syst. Appl.* 36, 589-598.
- Ye J, 2012a, Multi criteria decision-making method using the Dice similarity measure based on the reduce intuitionistic fuzzy sets of interval-valued intuitionistic fuzzy sets, *Applied Mathematical Modelling*, 36, 4466–4472.
- Ye J, 2012b. Multi-criteria group decision-making method using vector similarity measures for trapezoidal intuitionistic fuzzy numbers, *Group Decision and Negotiation*, 21, 519–530.
- Yager RR, 1986. On the theory of bags. *Int J Gen Syst.* 13:23–37
- Zadeh LA, 1965 Fuzzy sets. *Inf Control* 8:338–353
- Zimmermann HJ, 1993. Fuzzy set theory and its applications. Kluwer Academic Publishers, Berlin.

**Fekete-Szegö Inequality for  $(p, q)$ -Starlike and  $(p, q)$ -Convex Functions of Complex Order**Feyza YATKIN<sup>1</sup>, Ekrem KADIOĞLU<sup>2\*</sup>

**ABSTRACT:** We have investigated Fekete-Szegö inequality in the classes of  $(p, q)$ -starlike and  $(p, q)$ -convex functions of complex order defined in the disc  $U = \{z \in \mathbb{C}: |z| < 1\}$ . Our main theorems are also a generalization of the result obtained.

**Keywords:** Fekete-Szegö Inequality,  $(p, q)$ -Starlike Functions,  $(p, q)$ -Convex Functions, Complex Order

<sup>1</sup> Feyza YATKIN (**Orcid ID:** 0000-0002-9707-9424), Ataturk University, Institute of Science and Technology, Department of Mathematics, Erzurum, Turkey

<sup>2</sup> Ekrem KADIOĞLU (**Orcid ID:** 0000-0002-0039-4939), Atatürk University, Faculty of Science, Department of Mathematics, Erzurum, Turkey

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ekrem KADIOĞLU, e-mail: ekrem@atauni.edu.tr

\* This study was produced from the ongoing PhD Thesis studies of Feyza YATKIN

Geliş tarihi / *Received:* 07-02-2020

Kabul tarihi / *Accepted:* 08-03-2020

## INTRODUCTION

An application of  $q$ -calculus was firstly studied by Jackson in 1908 (Jackson, 1908).  $(p, q)$ -calculus was defined as a generalization of  $q$ -calculus. The  $(p, q)$ -integer was worked by Chakrabarti and Jagannathan in 1991 (Chakrabarti and Jagannathan, 1991).  $(p, q)$ -calculus is also recently studied in Geometric Function Theory (Seoudy and Aouf, 2016; Srivastava et al., 2019; Uçar, 2016). We have studied Fekete-Szegö inequality for  $(p, q)$ -starlike and  $(p, q)$ -convex functions of complex order.

## MATERIALS AND METHODS

Let  $\mathcal{A}$  be the class of functions which are the form

$$f(z) = z + \sum_{n=2}^{\infty} a_n z^n$$

and analytic in disc  $U = \{z \in \mathbb{C}: |z| < 1\}$ . The function  $f$  is said to be subordinate to  $g$ , and denoted  $f < g$  or  $f(z) < g(z)$ , if there exists a function  $w$  analytic in  $U$  and  $w$  provides the conditions  $w(0) = 0$  and  $|w(z)| < 1$ , and such that  $f(z) = g(w(z))$  where  $f$  and  $g$  be analytic in  $U$  (Miller and Mocanu, 2000). This function  $w$  is called the Schwarz function.

Let  $0 < q < p \leq 1$ . Let  $D_{p,q}f$  be the  $(p, q)$ -derivative of a function  $f$  and we define by

$$(D_{p,q}f)(z) = \frac{f(pz) - f(qz)}{pz - qz} \quad (z \neq 0)$$

and

$$(D_{p,q}f)(0) = f'(0) \quad (p = 1, q \rightarrow 1^-)$$

if  $f$  is differentiable at 0 where  $f'$  is the ordinary derivative (Jagannathan and Rao, 2006; Acar et al., 2016). It is also defined as  $D_{p,q}^2 f(z) = D_{p,q}(D_{p,q}f(z))$ .

The following relation exists between the ordinary derivative  $f'$  and the  $(p, q)$ -derivative

$$f'(z) = \lim_{q \rightarrow 1^-} (D_{1,q}f)(z).$$

by an easy calculation we have

$$D_{p,q}(z^n) = [n]_{p,q} z^{n-1}$$

where

$$[n]_{p,q} = \frac{p^n - q^n}{p - q}.$$

Hence we can write

$$D_{p,q}f(z) = 1 + \sum_{n=2}^{\infty} [n]_{p,q} a_n z^{n-1}$$

such that  $f(z) \in \mathcal{A}$ .

The classes of  $q$ -starlike and  $q$ -convex functions, respectively, are defined by using the subordination principle as

$$\mathcal{S}_q^*(\phi) = \left\{ f \in \mathcal{A}: \frac{zD_q f(z)}{f(z)} < \phi(z), z \in U \right\}, \quad (0 < q < 1)$$

$$\mathcal{C}_q(\phi) = \left\{ f \in \mathcal{A}: \frac{D_q(zD_q f(z))}{D_q f(z)} < \phi(z), z \in U \right\} \quad (0 < q < 1)$$

where the function  $\phi(z)$  is analytic in  $U$  with  $\operatorname{Re} \phi(z) > 0$ ,  $\phi(0) = 1$  and  $\phi'(0) > 0$  (Cetinkaya et al., 2018). On the other hand the classes of  $q$ -starlike and  $q$ -convex functions of complex order, respectively, are defined by using the subordination principle as

$$\mathcal{S}_{q,b}(\phi) = \left\{ f \in \mathcal{A}: 1 + \frac{1}{b} \left[ \frac{zD_q f(z)}{f(z)} - 1 \right] < \phi(z), z \in U \right\} \quad (0 < q < 1; b \in \mathbb{C}^* = \mathbb{C} \setminus \{0\})$$

$$\mathcal{C}_{q,b}(\phi) = \left\{ f \in \mathcal{A}: 1 + \frac{1}{b} \left[ \frac{D_q(zD_q f(z))}{D_q f(z)} - 1 \right] < \phi(z), z \in U \right\} \quad (0 < q < 1; b \in \mathbb{C}^* = \mathbb{C} \setminus \{0\})$$

where the function  $\phi(z)$  is analytic and univalent in  $U$  and  $\phi(U)$  is convex with  $\operatorname{Re} \phi(z) > 0$ ,  $\phi(0) = 1$ ,  $\phi'(0) > 0$  (Seoudy and Aouf, 2016).

## RESULTS AND DISCUSSION

We define the classes of  $(p, q)$ -starlike and  $(p, q)$ -convex functions of complex order by using the  $(p, q)$ -derivative and subordination principle.

**Definition 1.** The class of  $(p, q)$ -starlike functions of complex order which denoted by  $\mathcal{S}_{p,q}^b(\phi)$  is defined by

$$\mathcal{S}_{p,q}^b(\phi) = \left\{ f \in \mathcal{A}: 1 + \frac{1}{b} \left[ \frac{zD_{p,q} f(z)}{f(z)} - 1 \right] < \phi(z), z \in U \right\} \quad (0 < q < p \leq 1; b \in \mathbb{C}^* = \mathbb{C} \setminus \{0\})$$

where the function  $\phi(z)$  is analytic and univalent in  $U$  and  $\phi(U)$  is convex with  $\operatorname{Re} \phi(z) > 0$ ,  $\phi(0) = 1$ ,  $\phi'(0) > 0$ .

**Definition 2.** The class of  $(p, q)$ -convex functions of complex order which denoted by  $\mathcal{C}_{p,q}^b(\phi)$  is defined by

$$\mathcal{C}_{p,q}^b(\phi) = \left\{ f \in \mathcal{A}: 1 + \frac{1}{b} \left[ \frac{D_{p,q}(zD_{p,q} f(z))}{D_{p,q} f(z)} - 1 \right] < \phi(z), z \in U \right\} \quad (0 < q < p \leq 1; b \in \mathbb{C}^* = \mathbb{C} \setminus \{0\})$$

where the function  $\phi(z)$  is analytic and univalent in  $U$  and  $\phi(U)$  is convex with  $\operatorname{Re} \phi(z) > 0$ ,  $\phi(0) = 1$ ,  $\phi'(0) > 0$ .

Now let's give two lemma which we use to prove our theorems:

**Lemma 3.** If  $p(z) = 1 + c_1 z + c_2 z^2 + \dots$  is a function such that  $\operatorname{Re} p(z) > 0$  in  $U$  and  $\mu \in \mathbb{C}$  then

$$|c_2 - \mu c_1^2| \leq 2 \max\{1, |2\mu - 1|\}.$$

The result sharp for

$$p(z) = \frac{1+z^2}{1-z^2} \text{ ve } p(z) = \frac{1+z}{1-z}$$

(Ma and Minda, 1992).

**Theorem 4.** Let  $\phi(z) = 1 + B_1z + B_2z^2 + \dots$  such that  $B_1 \neq 0$ . If  $f \in \mathcal{S}_{p,q}^b(\phi)$ , then

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq \frac{|B_1 b|}{[3]_{p,q} - 1} \max \left\{ 1; \left| \frac{B_2}{B_1} + \frac{B_1 b}{[2]_{p,q} - 1} \left( 1 - \frac{[3]_{p,q} - 1}{[2]_{p,q} - 1} \mu \right) \right| \right\} \quad (2.1)$$

where  $\mu$  is a complex number.

**Proof:** If  $f \in \mathcal{S}_{p,q}^b(\phi)$ , then there is a Schwarz function  $w$  such that

$$1 + \frac{1}{b} \left[ \frac{z D_{p,q} f(z)}{f(z)} - 1 \right] = \phi(w(z)). \quad (2.2)$$

Let define the function  $p(z)$  as

$$p(z) = \frac{1+w(z)}{1-w(z)} = 1 + c_1z + c_2z^2 + \dots \quad (2.3)$$

Since  $w(z)$  is a Schwarz function, we have that  $\operatorname{Re} p(z) > 0$  and  $p(0) = 1$ . Therefore, we have

$$\begin{aligned} \phi(w(z)) &= \phi \left( \frac{p(z) - 1}{p(z) + 1} \right) \\ &= \phi \left( \frac{1}{2} \left[ c_1z + \left( c_2 - \frac{c_1^2}{2} \right) z^2 + \left( c_3 - c_1c_2 + \frac{c_1^3}{4} \right) z^3 + \dots \right] \right) \\ &= 1 + \frac{B_1 c_1}{2} z + \left[ \frac{B_1}{2} \left( c_2 - \frac{c_1^2}{2} \right) + \frac{B_2 c_1^2}{4} \right] z^2 + \dots \end{aligned} \quad (2.4)$$

Now using (2.4) in (2.2), we have

$$1 + \frac{1}{b} \left[ \frac{z D_{p,q} f(z)}{f(z)} - 1 \right] = 1 + \frac{B_1 c_1}{2} z + \left[ \frac{B_1}{2} \left( c_2 - \frac{c_1^2}{2} \right) + \frac{B_2 c_1^2}{4} \right] z^2 + \dots$$

From this equation, we can write

$$\begin{aligned} \frac{[2]_{p,q} - 1}{b} a_2 &= \frac{B_1 c_1}{2} \\ \frac{[3]_{p,q} - 1}{b} a_3 - \frac{[2]_{p,q} - 1}{b} a_2^2 &= \frac{B_1 c_2}{2} - \frac{B_1 c_1^2}{4} + \frac{B_2 c_1^2}{4} \end{aligned}$$

or

$$a_2 = \frac{B_1 c_1 b}{2([2]_{p,q} - 1)}$$



$$a_3 = \frac{B_1 b}{2([3]_{p,q} - 1)} \left\{ c_2 - \frac{1}{2} \left[ 1 - \frac{B_2}{B_1} - \frac{B_1 b}{[2]_{p,q} - 1} \right] c_1^2 \right\}.$$

Considering the complex number  $\mu$  we have

$$a_3 - \mu a_2^2 = \frac{B_1 b}{2([3]_{p,q} - 1)} \{c_2 - v c_1^2\}, \quad (2.5)$$

where

$$v = \frac{1}{2} \left[ 1 - \frac{B_2}{B_1} - \frac{B_1 b}{[2]_{p,q} - 1} \left( 1 - \frac{[3]_{p,q} - 1}{[2]_{p,q} - 1} \mu \right) \right]. \quad (2.6)$$

By application of Lemma 3, we get

$$\begin{aligned} |a_3 - \mu a_2^2| &= \frac{|B_1 b|}{2([3]_{p,q} - 1)} |c_2 - v c_1^2| \\ &\leq \frac{|B_1 b|}{2([3]_{p,q} - 1)} \cdot 2 \max\{1; |2v - 1|\} \\ &= \frac{|B_1 b|}{([3]_{p,q} - 1)} \max \left\{ 1; \left| 2 \cdot \left( \frac{1}{2} \left[ 1 - \frac{B_2}{B_1} - \frac{B_1 b}{[2]_{p,q} - 1} \left( 1 - \frac{[3]_{p,q} - 1}{[2]_{p,q} - 1} \mu \right) \right] \right) - 1 \right| \right\} \\ &= \frac{|B_1 b|}{([3]_{p,q} - 1)} \max \left\{ 1; \left| \frac{B_2}{B_1} - \frac{B_1 b}{[2]_{p,q} - 1} \left( 1 - \frac{[3]_{p,q} - 1}{[2]_{p,q} - 1} \mu \right) \right| \right\}. \end{aligned}$$

**Theorem 5.** Let  $\phi(z) = 1 + B_1 z + B_2 z^2 + \dots$  such that  $B_1 \neq 0$ . If  $f \in \mathcal{C}_{p,q}^b(\phi)$ , then

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq \frac{|B_1 b|}{[3]_{p,q}([3]_{p,q} - 1)} \max \left\{ 1; \left| \frac{B_2}{B_1} + \frac{B_1 b}{[2]_{p,q} - 1} \left( 1 - \frac{[3]_{p,q}([3]_{p,q} - 1)}{([2]_{p,q})^2([2]_{p,q} - 1)} \mu \right) \right| \right\} \quad (2.7)$$

where  $\mu$  is a complex number.

**Proof:** If  $f \in \mathcal{C}_{p,q}^b(\phi)$  then there is a Schwarz function  $w$  such that

$$1 + \frac{1}{b} \left[ \frac{D_{p,q}(z D_{p,q} f(z))}{D_{p,q} f(z)} - 1 \right] = \phi(w(z)). \quad (2.8)$$

Let's define the function  $p(z)$  as

$$p(z) = \frac{1 + w(z)}{1 - w(z)} = 1 + c_1 z + c_2 z^2 + \dots \quad (2.9)$$

Since  $w(z)$  is a Schwarz function, we see that  $\operatorname{Re} p(z) > 0$  and  $p(0) = 1$ . Therefore, we have

$$\phi(w(z)) = \phi \left( \frac{p(z) - 1}{p(z) + 1} \right)$$

$$\begin{aligned}
&= \phi \left( \frac{1}{2} \left[ c_1 z + \left( c_2 - \frac{c_1^2}{2} \right) z^2 + \left( c_3 - c_1 c_2 + \frac{c_1^3}{4} \right) z^3 \right] + \dots \right) \\
&= 1 + \frac{B_1 c_1}{2} z + \left[ \frac{B_1}{2} \left( c_2 - \frac{c_1^2}{2} \right) + \frac{B_2 c_1^2}{4} \right] z^2 + \dots
\end{aligned} \tag{2.10}$$

Now using (2.8), (2.9) and (2.10), we have

$$1 + \frac{1}{b} \left[ \frac{D_{p,q} (z D_{p,q} f(z))}{D_{p,q} (f(z))} - 1 \right] = 1 + \frac{B_1 c_1}{2} z + \left[ \frac{B_1}{2} \left( c_2 - \frac{c_1^2}{2} \right) + \frac{B_2 c_1^2}{4} \right] z^2 + \dots$$

or

$$\begin{aligned}
1 + \frac{[2]_{p,q}([2]_{p,q} - 1)}{b} a_2 z + \frac{[3]_{p,q}([3]_{p,q} - 1) a_3 - [2]_{p,q}^2 ([2]_{p,q} - 1) a_2^2}{b} z^2 + \dots \\
= 1 + \frac{B_1 c_1}{2} z + \left[ \frac{B_1}{2} \left( c_2 - \frac{c_1^2}{2} \right) + \frac{B_2 c_1^2}{4} \right] z^2 + \dots
\end{aligned}$$

From this equation, we can write

$$\begin{aligned}
\frac{[2]_{p,q}([2]_{p,q} - 1)}{b} a_2 &= \frac{B_1 c_1}{2} \\
\frac{[3]_{p,q}([3]_{p,q} - 1) a_3 - [2]_{p,q}^2 ([2]_{p,q} - 1) a_2^2}{b} &= \frac{B_1}{2} \left( c_2 - \frac{c_1^2}{2} \right) + \frac{B_2 c_1^2}{4}
\end{aligned}$$

or

$$\begin{aligned}
a_2 &= \frac{B_1 c_1 b}{2 [2]_{p,q} ([2]_{p,q} - 1)} \\
a_3 &= \frac{B_1 b}{2 [3]_{p,q} ([3]_{p,q} - 1)} \left\{ c_2 - \frac{1}{2} \left( 1 - \frac{B_2}{B_1} - \frac{B_1 b}{[2]_{p,q} - 1} \right) c_1^2 \right\}.
\end{aligned}$$

Considering the complex number  $\mu$  we have

$$\begin{aligned}
a_3 - \mu a_2^2 &= \frac{B_1 b}{2 [3]_{p,q} ([3]_{p,q} - 1)} \left\{ c_2 - \frac{1}{2} \left( 1 - \frac{B_2}{B_1} - \frac{B_1 b}{[2]_{p,q} - 1} \right) c_1^2 \right\} - \mu \frac{B_1^2 c_1^2 b^2}{4 [2]_{p,q}^2 ([2]_{p,q} - 1)^2} \\
&= \frac{B_1 b}{2 [3]_{p,q} ([3]_{p,q} - 1)} \left\{ c_2 - \frac{1}{2} \left( 1 - \frac{B_2}{B_1} - \frac{B_1 b}{[2]_{p,q} - 1} \left[ 1 - \mu \frac{[3]_{p,q} ([3]_{p,q} - 1)}{[2]_{p,q}^2 ([2]_{p,q} - 1)} \right] \right) c_1^2 \right\}.
\end{aligned}$$

By application of Lemma 3, we get

$$|a_3 - \mu a_2^2| = \frac{|B_1 b|}{2 [3]_{p,q} ([3]_{p,q} - 1)} |c_2 - \mu c_1^2|$$

$$\leq \frac{|B_1 b|}{2[3]_{p,q}([3]_{p,q} - 1)} 2^{\max\{1; |2v - 1|\}}$$

$$= \frac{|B_1 b|}{[3]_{p,q}([3]_{p,q} - 1)} \max \left\{ 1; \left| \frac{B_2}{B_1} + \frac{B_1 b}{[2]_{p,q} - 1} \left( 1 - \frac{[3]_{p,q}([3]_{p,q} - 1)}{[2]_{p,q}^2([2]_{p,q} - 1)} \mu \right) \right| \right\}$$

where

$$v = \frac{1}{2} \left( 1 - \frac{B_2}{B_1} - \frac{B_1 b}{[2]_{p,q} - 1} \left[ 1 - \mu \frac{[3]_{p,q}([3]_{p,q} - 1)}{[2]_{p,q}^2([2]_{p,q} - 1)} \right] \right).$$

**Remark 1.** If we take  $b = 1$  in Theorem 4, then we have Theorem 2.1 given by Srivastava et al. (Srivastava et al., 2019).

**Remark 2.** If we take  $p = 1$  in Theorem 4, then we have Theorem 1 given by Seoudy and Aouf (Seoudy and Aouf, 2016).

**Remark 3.** If we take  $b = 1$  in Theorem 5, then we have Theorem 2.2 given by Srivastava et al. (Srivastava et al., 2019).

**Remark 4.** If we take  $p = 1$  in Theorem 5, then we have Theorem 2 given by Seoudy and Aouf (Seoudy and Aouf, 2016).

## CONCLUSION

For  $(p, q)$ -starlike and  $(p, q)$ -convex functions of complex order the Fekete-Szegö inequality investigated. The results obtained in this study generalize some of the previously obtained results.

## REFERENCES

- Acar T, Aral A, Mohiuddine SA, 2016. On Kantorovich modification of  $(p, q)$ -Baskakov operators. J. Inequal. Appl. 13 pages. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s13660-016-1045-9>.
- Cetinkaya A, Kahramaner Y, Polatoglu Y, 2018. Fekete-Szegö inequalities for  $q$ -starlike and  $q$ -convex functions. Acta Univ. Apulensis (53): 55-64.
- Chakrabarti R, Jagannathan R, 1991. A  $(p, q)$ -oscillator realization of two-parameter quantum algebras. J. Phys. A: Math. Gen. 24(13): 711-718.
- Jackson FH, 1908. On  $q$ -functions and a certain difference operator. Trans. Royal Soc. Edinburgh. (46): 253-281.
- Jagannathan R, Rao KS, 2006. Two-parameter quantum algebras, twin-basic numbers, and associated generalized hypergeometric series. arXiv:math/0602613v1: 1-16.
- Ma WC, Minda D, 1992. A unified treatment of some special classes of univalent functions. Proc. Conf. On Complex Analysis, 157-169.
- Miller SS, Mocanu PT, 2000. Differential Subordinations: Theory and Applications, Marcel Dekker, New York, USA.
- Seoudy TM, Aouf MK, 2016. Coefficient estimates of new classes of  $q$ -starlike and  $q$ -convex functions of complex order. J. Math. Inequal. 10(1): 135-145.
- Srivastava HM, Raza N, Abujarad ESA, Srivastava G, Abujarad MH, 2019. Fekete-Szegö inequality for classes of  $(p, q)$ -Starlike and  $(p, q)$ -Convex functions. RASCAM (113): 3563-3584.
- Uçar HEÖ, 2016. Coefficient inequality for  $q$ -starlike functions. Appl. Math. Comput. (276): 122-126.

## Riesz Uzaylarında Otomorfizma ve Biotomorfizmaların $f$ -Cebir Yapıları ve Diğer Bazı Cebir Türleri İle İlişkisi

İbrahim GÖKCAN<sup>1\*</sup>

**ÖZET:**  $f$ -Cebiri,  $d$ -Cebiri, hemen hemen  $f$ -Cebiri ve yarıasal  $f$ -Cebiri yapıları tanıtıldı ve aralarındaki ilişkiler Aliprantis ve Burkinshaw (2006) tarafından çalışıldı. Zaanen, Huijsmans, Boulabiar, Buskes ve Triki gibi matematikçiler tarafından Riesz uzayları üzerinde homomorfizma, izomorfizma, otomorfizma ve biotomorfizma kavramları tanımlandı. Riesz Uzaylarında Biotomorfizmalar üzerinde  $f$ -Cebiri Buskes, Page ve Yılmaz (2010) ve Boulabiar ve Brahmi (2016) tarafından çalışıldı. Boulabiar ve Brahmi (2016) tarafından biotomorfizma uzayının cebirsel yapısı incelenerek  $e \in X^+$ ,  $\forall x_1, x_2 \in X$  ve  $f_1, f_2 \in Orth(X, X)$  için

$$(f_1 *_e f_2)(x_1, x_2) = f_1(x_1, f_2(e, x_2))$$

şeklinde tanımlanan çarpım yardımıyla bu uzayın bir  $f$ -Cebir yapısına sahip olduğu gösterildi. Bu çalışmada,  $Orth(X, X)$  uzayında  $f$ -Cebiri,  $d$ -Cebiri, hemen hemen  $f$ -Cebiri ve yarıasal  $f$ -Cebiri aralarındaki ilişkiyi  $*_e$  çarpımı yardımıyla incelemek ve Teorem 1.10 ile verilen  $X$  yarıasal  $f$ -Cebiri ile  $d$ -Cebiri ve hemen hemen  $f$ -Cebiri arasındaki geçişlerin biotomorfizmalar üzerinde tanımlanan cebir türlerinde de sağlanıp sağlanmadığını incelemek istiyoruz. Daha önceki çalışmalardan Riesz Uzaylarında biotomorfizmalar üzerinde  $f$ -Cebirin tanımlı olduğunu biliyoruz. Çalışmamızda  $X$  üzerinde tanımlanan otomorfizmalar uzayı  $Orth(X)$  ile bitomorfizmalar uzayı ise  $Orth(X, X)$  ile simgelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Biotomorfizma,  $f$ -cebiri,  $d$ -cebiri, hemen hemen  $f$ -cebiri, yarıasal  $f$ -cebiri

### The $f$ -algebra Structure of Orthomorphisms and Bi-orthomorphisms on Riesz Space and Relation with Some Other Algebra

**ABSTRACT:**  $f$ -Algebra,  $d$ -Algebra, almost  $f$ -Algebra and semiprime  $f$ -Algebra is introduced and is worked their relations by Aliprantis and Burkinshaw (2006). The concepts of homomorphism, isomorphism, automorphism and biotomorphism on Riesz spaces have been defined by mathematicians such as Zaanen, Huijsmans, Boulabiar, Buskes and Triki.  $f$ -Algebra on biorthomorphisms is worked by Buskes, Page and Yılmaz (2010) and by Boulabiar and Brahmi (2016) on Riesz Space. The algebraic structure of the biotomorphism space by examining by Boulabiar and Brahmi (2016), for  $e \in X^+$ ,  $\forall x_1, x_2 \in X$  and  $f_1, f_2 \in Orth(X, X)$ ,

$$(f_1 *_e f_2)(x_1, x_2) = f_1(x_1, f_2(e, x_2))$$

with the help of the product defined as this space has been shown to have an  $f$ -algebra structure. In this study, to examine the relationship between  $f$ -Algebra,  $d$ -Algebra, almost  $f$ -Algebra and semiprime  $f$ -Algebra in  $Orth(X, X)$  space with the help of multiplication  $*_e$  and we want to examine whether the transitions between  $X$  semiprime  $f$ -Algebra and  $d$ -Algebra and almost  $f$ -Algebra given by the Theorem 1.10 are also provided in algebra types defined on biotomorphisms. We already know that  $f$ -algebra on biorthomorphisms in Riesz Space. In this paper, orthomorphisms is introduced on  $X$  is denoted  $Orth(X)$  and biorthomorphisms is denoted  $Orth(X, X)$ .

**Keywords:** Biorthomorphisms,  $f$ -algebra,  $d$ -algebra, almost  $f$ -algebra, semiprime  $f$ -algebra

<sup>1</sup> İbrahim GÖKCAN (Orcid ID: 0000-0002-6933-8494), Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Matematik Anabilim Dalı, Trabzon, Türkiye

\* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: İbrahim GÖKCAN, e-mail: gokcan4385@gmail.com

\* Bu çalışma İbrahim GÖKCAN' ın Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

## GİRİŞ

Riesz uzaylarının ve Riesz cebirlerinin tarihsel gelişimini Riesz'e ve 1928' de Bologna'daki Uluslararası Matematik Kongresine dayandırabiliriz. Dedekind tam sıralı vektör uzayı için  $f$  –cebirlerinin, 1950' de Nakano (Nakano, 1950) ve 1953' te Amemiya (Amemiya, 1953) ve 1956' da Birkhoff ve Pierce (Birkhoff ve Pierce, 1956) in çalışmalarının sonucu olarak bugünkü tanımı yapılmıştır. Riesz uzayları ve sıralı grupları analizciler ve cebirciler tarafından kapsamlı bir şekilde irdelenmeye çalışılmış olup 1950' li yıllardan sonra Riesz uzayları üzerinde tanımlanan  $f$  –cebirleri konusunun tekrar gündeme taşınması 1982 yılında Pagter'in doktora tez çalışmasında ve Lüksemburg tarafından Alkansas ders notlarında ciddi olarak ele alınmasıyla gerçekleşmiştir. Latis uzayları olarak ta anılan Riesz uzayları üzerinde Zaanen, Huijsmans, Boulabiar, Buskes ve Triki gibi matematikçiler tarafından homomorfizma, izomorfizma, otomorfizma ve biotomorfizma yapıları tanımlanmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

**Tanım 1.1**  $(X, \leq)$  bir sıralı vektör uzayı olsun. Her boştan farklı sonlu alt kümenin  $\leq$  bağıntısına göre supremumu varsa  $X$  e bir Riesz uzayı (veya bir vektör latisi) adı verilir. Klasik Riesz uzayı notasyon olarak  $\{x_1, x_2\}$  kümesinin supremumu  $x_1 \vee x_2$  ile infimumu ise  $x_1 \wedge x_2$  gösterilir. Yani

$x_1 \vee x_2 = \sup\{x_1, x_2\}$  ve  $x_1 \wedge x_2 = \inf\{x_1, x_2\}$  olur (Aliprantis ve Burkinshaw, 2006).

**Tanım 1.2**  $X$  bir Riesz uzayı olsun. Herhangi bir  $x_1 \in X$  için;  $x_1^+ = x_1 \vee 0$  ile tanımlanan  $x_1^+$  ya  $x_1$  in pozitif kısmı,  $x_1^- = -x_1 \vee 0$  ile tanımlanan  $x_1^-$  ye  $x_1$  in negatif kısmı denir ve  $|x_1|$  e  $x_1$  in modülüsü denir (Aliprantis ve Burkinshaw, 2006).

**Tanım 1.3**  $X$  bir Riesz uzayı olsun.  $x_1, x_2 \in X^+$  olmak üzere eğer her  $n \in \mathbb{N}$  için  $nx_1 \leq x_2 \Rightarrow x_1 = 0$  sağlanıyorsa  $X$  e Archimedean Riesz uzayı denir. Her Riesz uzayı Archimedean değildir. Örneğin  $X = \mathbb{R}^2$  olarak alınırsa sözlük (lexicographically) sıralamaya göre Archimedean değildir (Aliprantis ve Burkinshaw, 2006).

**Tanım 1.4**  $X$  bir Riesz uzayı olsun.  $X$  bir birleşmeli cebir ve  $\forall x_1, x_2 \in X^+$  için  $x_1 x_2 \in X^+$  ise  $X$  e bir Riesz cebiri (veya sıralı latis cebiri) denir.

**Tanım 1.5**  $X$  bir Riesz cebiri olsun.  $\forall x_1 \in X$  için  $x_1 \cdot x_1 = x_1^2 \in X^+$  ise  $X$  e pozitif kareli veya pozitif kare özelliğine sahiptir denir.

**Tanım 1.6**  $X$  bir Riesz cebiri olsun.  $\forall x_1, x_2 \in X, x_1 \wedge x_2 = 0$  ve  $\forall c \in X^+$  için  $cx_1 \wedge x_2 = x_1 c \wedge x_2 = 0$  sağlanıyorsa  $X$  e bir  $f$  –cebiri denir (Birkhoff ve Pierce, 1956).

**Tanım 1.7**  $X$  bir Riesz cebiri olsun.  $\forall x_1, x_2 \in X, x_1 \wedge x_2 = 0$  için  $x_1 x_2 = 0$  sağlanıyorsa  $X$  e bir hemen hemen  $f$  –cebiri denir (Birkhoff, 1967).

**Tanım 1.8**  $X$  bir Riesz cebiri olsun.  $\forall x_1, x_2 \in X, x_1 \wedge x_2 = 0$  ve  $\forall c \in X^+$  için  $cx_1 \wedge cx_2 = x_1 c \wedge x_2 c = 0$  sağlanıyorsa  $X$  e  $d$  –cebiri denir (Kudlacek, 1962).

Genel olarak her  $f$  –cebiri bir  $d$  –cebiri aynı zamanda bir hemen hemen  $f$  –cebidir. Fakat  $d$  –cebiri ile hemen hemen  $f$  –cebiri genel olarak birbirinden bağımsızdırlar (Huijsmans, 1991).



**Tanım 1.9**  $X$  bir Riesz cebiri olsun.  $x_1 \in X$  ve  $\exists k \in \mathbb{N}$  için  $x_1^k = 0$  iken ancak  $x_1 = 0$  ise  $X$  e yarı asal denir. (Aliprantis ve Burkinshaw, 2006).

**Teorem 1.10**  $X$  bir yarı asal  $f$  –cebiri ise aşağıdaki ifadeler denktir.

i.  $X$ , bir  $f$  –cebiridir.

ii.  $X$ , bir  $d$  –cebiridir.

iii.  $X$ , bir hemen hemen  $f$  –cebiridir (Huijsmans, 1991).

**İspat:  $i \Rightarrow ii$**   $X$  bir Riesz uzayı olsun.  $x_1, x_2 \in X, x_1 \wedge x_2 = 0$  ve

$\forall c \in X^+$  için  $X$  bir  $f$  –cebiri olduğundan

$$cx_1 \wedge x_2 = 0 \Rightarrow cx_1 \wedge cx_2 = 0$$

bulunur. Yine  $f$  –cebiri olma özelliğinden

$$x_1c \wedge x_2 = 0 \Rightarrow x_1c \wedge x_2c = 0$$

elde edilir. O halde  $X$  bir  $d$  –cebiridir.

**$i \Rightarrow iii$**   $x_1, x_2 \in X$  ve  $x_1 \wedge x_2 = 0$  olsun. Buradan  $x_1, x_2 \in X^+$  olduğu açıktır. O halde  $X$   $f$  –cebiri olduğundan

$$x_2 \wedge x_1 = 0 \Rightarrow x_2 \wedge x_1x_2 = 0 \Rightarrow x_1x_2 \wedge x_1x_2 = 0 \Rightarrow x_1x_2 = 0$$

bulunur. O halde  $E$  bir hemen hemen  $f$  –cebirdir.

**$ii \Rightarrow iii$**   $X$  bir  $d$ -cebiri ve  $x_1, x_2 \in E$  için  $x_1 \wedge x_2 = 0$  olsun.  $X$  birleşmeli olduğundan

$$0 \leq (x_1x_2)^2 = (x_1x_2)(x_1x_2)$$

$$= (x_1x_2)(x_1x_2) \wedge (x_1x_2)(x_1x_2)$$

$$= x_1x_2(x_1x_2) \wedge (x_1x_2)x_1x_2$$

$$\leq (x_1 + x_1x_2)x_2(x_1x_2 + x_2) \wedge (x_1 + x_1x_2)x_1(x_2 + x_1x_2)$$

$$= (x_1 + x_1x_2)(x_2(x_2 + x_1x_2) \wedge x_1(x_2 + x_1x_2))$$

$$= (x_1 + x_1x_2)((x_2 \wedge x_1)(x_2 + x_1x_2)) = 0$$

bulunur. Sonuç olarak  $0 \leq (x_1x_2)^2 \leq 0$  bulunur. Buradan  $(x_1x_2)^2 = 0$  olup  $X$  yarı asal olduğundan  $x_1x_2 = 0$  olur. O halde  $X$  bir hemen hemen  $f$  –cebiridir.

iii $\Rightarrow$ i  $X$  bir hemen hemen  $f$  –cebiri ve  $\forall x_1, x_2 \in X^+$  için  $x_1 \wedge x_2 = 0$  olsun. Buradan

$c \in X^+$ keyfi olmak üzere

$$0 \leq cx_1 \wedge x_2 \leq cx_1 \text{ ve } 0 \leq cx_1 \wedge x_2 \leq x_2$$

olduğu açıktır.  $\forall c \in X^+$  için

$$0 \leq (cx_1 \wedge x_2)^2$$

$$= (cx_1 \wedge x_2)(cx_1 \wedge x_2)$$

$$\leq (cx_1)x_2$$

$$= c(x_1x_2) \quad (X \text{ birleşme özelliğine sahip olduğundan})$$

$$= c0 = 0 \quad (X \text{ bir hemen hemen } f \text{ –cebiri olduğundan})$$

elde edilir.

**Tanım 1.11**  $Y$  bir Riesz uzayı ve  $X, Y$  nin bir ideali olsun. Eğer  $X$  in herhangi bir alt kümesinin  $Y$  de supremumu mevcut ve bu supremum  $X$  nin bir elemanı ise, bir başka deyişle,  $Z \subseteq X$  ve  $f = \sup Z$  iken  $f \in X$  sağlanıyorsa,  $X$  idealine  $Y$  de bir bant denir (Zaanen, 1975).

**Tanım 1.12**  $X$  bir Riesz uzayı olmak üzere,  $T: X \rightarrow X$  bir lineer operatör olsun. Eğer ki  $\forall B \subseteq X$  için  $T(B) \subseteq B$  sağlanıyorsa yani  $T$  operatörü  $X$  nin bütün bantlarını değışmez bırakıyorsa,  $T$  operatörüne bant koruyan operatör denir (Aliprantis ve Burkinshaw, 2006).

**Teorem 1.13**  $X$  bir Riesz uzayı ve  $T: X \rightarrow X$  bir lineer operatör olsun. Bu durumda aşağıdaki ifadeler denktir.

i.  $T$  bir bant koruyandır.

ii.  $T$  nin boştan farklı her  $D$  alt kümesi için  $T(D^d) \subseteq D^d$ .

iii.  $X$  de  $x_1 \wedge x_2 = 0$  ise  $Tx_1 \perp x_2$  sağlanır.

iv.  $X$  de  $f \perp g$  ( $|f| \wedge |g| = 0$ ) ise  $Tf \perp g$  sağlanır.

v.  $\forall f \in X$  için  $Tf \in \{f\}^{dd}$  sağlanır.

Eğer yukarıdaki özellikler sağlanırsa  $\forall f \in X$  için  $|Tf| = |T(|f|)|$  sağlanır (Zaanen,

1983).

**Tanım 1.14** Bant koruyan sıralı sınırlı bir operatöre bir otomorfizma denir. O halde  $X$  bir Riesz uzayı ve  $T: X \rightarrow X$  sınırlı bir operatör olsun.  $X$  de  $x_1 \perp x_2$  iken  $Tx_1 \perp x_2$  sağlanır. Ayrıca  $T$  otomorfizması aynı zamanda pozitif ise  $T$  ye bir pozitif otomorfizma denir. Başka bir ifade ile,  $T$  bir pozitif otomorfizmadır ancak ve ancak  $X$  de  $x_1 \wedge x_2 = 0$  iken  $Tx_1 \wedge x_2 = 0$ .  $X$  üzerindeki tüm otomorfizmalar kümesi  $Orth(X)$  ile gösterilir, yani

$$Orth(X) := \{T \in E_b(X) : x_1 \perp x_2 \text{ ise } Tx_1 \perp x_2\} \text{ (Aliprantis ve Burkinshaw, 2006) .}$$

**Teorem 1.15**  $X$  Archimedean Riesz uzayı olsun. Bu durumda  $Orth(X)$  otomorfizmalar uzayı bileşke işlemine göre birim elemanlı bir  $f$ -cebiri.

**Tanım 1.16**  $X$  bir Archimedean (reel) Riesz uzayı olsun.  $T: X \times X \rightarrow X$  bilinear dönüşümü  $X$  in her bir bileşeninde bir otomorfizma ise  $T$  ye bir biotomorfizma denir. Diğer bir deyişle,  $\forall x_1 \in X$  için  $T(x_1, \cdot), T(\cdot, x_1) \in Orth(X)$  ise  $T: X \times X \rightarrow X$  bilinear dönüşümüne  $X$  üzerinde bir biotomorfizma denir.  $X$  üzerindeki tüm biotomorfizmaların kümesi  $Orth(X, X)$  ile gösterilir.

**Notasyon 1.17**  $\forall A \in Orth(X, X)$  için  $K(A) := \{x_1 \in X : A(x_1, x_1) = 0\}$ .

**Lemma 1.18**  $X$  bir Archimedean Riesz uzayı ve  $A \in Orth(X, X)$  olsun.

$$K(A) = \{x_1 \in X : A(x_1, x_2) = 0, \forall x_2 \in X\}.$$

Özellikle  $K(A), X$  de sıralı bir idealdir (Boulabiar ve Brahmi, 2016).

**Lemma 1.19**  $X$  bir Archimedean Riesz uzayı ve  $A \in Orth(X, X)$  olsun. Eğer

$$x_1 \in X \text{ ise } A(x_1, x_1) = 0 \Leftrightarrow A(x_1, x_1) \in K(A) \text{ (Boulabiar ve Brahmi, 2016).}$$

**Sonuç 1.20**  $X, e > 0$  sıralı zayıf birimli bir Archimedean Riesz uzayı olsun. O halde  $Orth(X, X)$  de tanımlanan  $*$  çarpımına göre yarı asal bir  $f$ -cebiri (Boulabiar ve Brahmi, 2016).

**İspat:**  $(Orth(X, X), *_e)$  bir  $f$ -cebiri yapısına sahip olduğunu biliyoruz. Şimdi bunun yarı asal olduğunu göstereyim. Bunun için  $T \in Orth(X, X)$  olmak üzere  $T *_e T = 0$  olsun. Buradan  $\forall x_1, x_2 \in X$  için

$$(T *_e T)(x_1, x_2) = T(x_1, T(e, x_2)) = 0,$$

yani,  $\forall x_2 \in X$  için  $T(e, x_2) \in K(T)$ . Lemmadan  $\forall x_2 \in X$  için  $T(e, x_2) = 0$ . Fakat  $e$  bir sıralı zayıf birim ve  $T(\cdot, x_2) \in Orth(X)$  olduğundan  $\forall x_2 \in X$  için  $T(\cdot, x_2) = 0$  (Zanaan, 1983). Buradan  $T = 0$  elde edilir. Dolayısıyla  $(Orth(X, X), *_e)$  yarı asal bir  $f$ -cebiri olur.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

**Teorem 2.1**  $X$  bir Archimedean Riesz uzayı olsun. Eğer  $e \in X^+$  ise  $\forall x_1, x_2 \in X$  ve  $f_1, f_2 \in Orth(X, X)$  için

$$(f_1 *_e f_2)(x_1, x_2) = f_1(x_1, f_2(e, x_2))$$

şeklinde tanımlanan çarpıma göre  $Orth(X, X)$  bir Archimedean  $f$ -cebiri (Boulabiar ve Brahmi, 2016).

**İspat:**  $e \in X^+$  ve  $f_1, f_2 \in Orth(X, X)$  ise  $\forall x_1, x_2 \in X$  için

$$(f_1 *_e f_2)(x_1, x_2) = f_1(x_1, f_2(e, x_2))$$

olarak tanımlanan  $f_1 *_e f_2: X \times X \rightarrow X$  dönüşümünün bilinear olduğu açıktır. Üstelik, eğer  $x_1 \in X$  ise

$$(f_1 *_e f_2)(x_1, \cdot) = f_1(x_1, f_2(e, \cdot)) \in Orth(X) \text{ ve}$$

$$(f_1 *_e f_2)(\cdot, x_1) = f_1(\cdot, f_2(e, x_1)) \in Orth(X).$$

$$f_1 *_e f_2 \in Orth(X, X).$$

Bununla birlikte  $\forall f_1, f_2 \in Orth(X, X)$  için

$$T_e(f_1, f_2) = f_1 *_e f_2$$

ile tanımlanan  $T_e: Orth(X, X) \times Orth(X, X) \rightarrow Orth(X, X)$  dönüşümü bir pozitif bilineer dönüşümdür. Diğer yandan eğer  $f_1, f_2, f_3 \in Orth(X, X)$  ise  $\forall x_1, x_2 \in X$  için

$$\begin{aligned} ((f_1 *_e f_2) *_e f_3)(x_1, x_2) &= (f_1 *_e f_2)(x_1, f_3(e, x_2)) \\ &= f_1(x_1, f_2(e, f_3(e, x_2))) \\ &= f_1(x_1, (f_2 *_e f_3)(e, x_2)) \\ &= f_1 *_e (f_2 *_e f_3)(x_1, x_2). \end{aligned}$$

Böylece  $(Orth(X, X), *_e)$  Riesz uzayı bir Riesz cebiridir. Hatta biotomorfizmalar simetrik olduğundan  $Orth(X, X)$  aynı zamanda değişme özelliğine sahiptir.

Şimdi  $f_1, f_2 \in Orth(X, X)$  öyleki  $f_1 \wedge f_2 = 0$  olsun.  $\forall 0 \leq C \in Orth(X, X)$  için

$$(f_1 *_e C) \wedge f_2 = (C *_e f_1) \wedge f_2 = 0$$

olduğunu göstermeliyiz.  $(Orth(X, X), *_e)$  değişmeli olduğundan  $(C *_e f_1) \wedge f_2 = 0$  ve  $(f_1 *_e C) \wedge f_2 = 0$  sırası ile ispatlayalım. Bunun için  $x_1, x_2 \in X^+$  keyfi olsun.  $Orth(X, X)$  uzayı üzerindeki latis işlemleri noktasal olduğundan

$$f_1(x_1, x_2) \wedge f_2(x_1, x_2) = 0$$

ve dolayısıyla,  $C(e, \cdot) \in Orth(X)$  olduğundan

$$C(e, f_1(x_1, x_2)) \wedge f_2(x_1, x_2) = 0.$$

Ancak biotomorfizmaların simetrik olduğunu kullanarak;

$$C(e, f_1(x_1, x_2)) = C(x_1, f_1(e, x_2)) = (C *_e f_1)(x_1, x_2)$$

$$C(e, f_1(x_1, x_2)) \wedge f_2(x_1, x_2) = 0.$$

$$(C *_e f_1) \wedge f_2 = 0 \text{ elde edilir.}$$

Benzer şekilde

$$f_1(e, C(x_1, x_2)) = f_1(x_1, C(e, x_2)) = (f_1 *_e C)(x_1, x_2)$$

$$f_1(e, C(x_1, x_2)) \wedge f_2(x_1, x_2) = 0.$$

$$(C *_e f_1) \wedge f_2 = 0 \text{ elde edilir.}$$

**Öneri 2.2**  $Orth(X, X)$  birleşmeli, yarı asal  $f$ -cebiri olsun. O halde  $Orth(X, X)$ , bir  $f$ -cebiri ise bir  $d$ -cebiri.

**İspat:** Biotomorfizmaların  $f$ -cebiri yapısına sahip olduğunu biliyoruz. O halde  $e \in X^+$  ve  $f_1, f_2 \in Orth(X, X)$  ise  $\forall x_1, x_2 \in X$  ve  $\forall 0 \leq C \in Orth(X, X)$  için

$$C(e, f_1(x_1, x_2)) = C(x_1, f_1(e, x_2)) = (C *_e f_1)(x_1, x_2)$$

$$C(e, f_1(x_1, x_2)) \wedge f_2(x_1, x_2) = 0.$$

$(C *_e f_1) \wedge f_2 = 0$  elde edilir.  $d$ -cebiri yapısına sahip olduğunu göstermek için

$$C *_e f_1 \wedge C *_e f_2 = 0$$

eşitliğinin sağlandığını gösterelim.

$$C(e, f_2(x_1, x_2)) = C(x_1, f_2(e, x_2)) = (C *_e f_2)(x_1, x_2)$$

$$\begin{aligned} (C(e, f_1(x_1, x_2)) \wedge C(e, f_2(x_1, x_2))) &= C(x_1, f_1(e, x_2)) \wedge C(x_1, f_2(e, x_2)) \\ &= (C *_e f_1)(x_1, x_2) \wedge (C *_e f_2)(x_1, x_2) \\ &= C *_e f_1(x_1, x_2) \wedge C *_e f_2(x_1, x_2) \\ &= (C *_e f_1 \wedge C *_e f_2)(x_1, x_2) = 0 \end{aligned}$$

$$C *_e f_1 \wedge C *_e f_2 = 0$$

Bu çözüme ilave olarak aşağıda verilen şekilde bir  $f$ -cebiri yapısının bir  $d$ -cebiri olduğu bulunabilir.  $f_1, f_2 \in Orth(X, X)$  ve  $f_1 \wedge f_2 = 0$  için  $Orth(X, X)$ , bir  $f$ -cebiri olduğundan

$(C *_e f_1) \wedge f_2 = 0$  ve  $f_1 \wedge (C *_e f_2) = 0$  olduğu söylenebilir.

$$(C *_e f_1) \wedge f_2 = 0$$

$$f_1 \wedge (C *_e f_2) = 0$$

$$((C *_e f_1) \wedge f_2) \wedge (f_1 \wedge (C *_e f_2)) = 0$$

$$(C *_e f_1) \wedge (C *_e f_2) \wedge f_1 \wedge f_2 = 0$$

$$(C *_e f_1) \wedge (C *_e f_2) = 0$$

**Öneri 2.3**  $Orth(X, X)$  birleşmeli, yarı asal  $f$ -cebiri olsun. O halde  $Orth(X, X)$ , bir  $f$ -cebiri ise bir hemen hemen  $f$ -cebiridir.

**İspat:**  $e \in X^+$  ve  $f_1, f_2 \in Orth(X, X)$  ise  $\forall x_1, x_2 \in X$  ve  $\forall 0 \leq C \in Orth(X, X)$  için

$$C(e, f_1(x_1, x_2)) = C(x_1, f_1(e, x_2)) = (C *_e f_1)(x_1, x_2)$$

$$C(e, f_2(x_1, x_2)) = C(x_1, f_2(e, x_2)) = (C *_e f_2)(x_1, x_2)$$

olur. Eğer özel olarak birinci denklemde  $C := f_2$  ve ikinci denklemde  $C := f_1$  alınırsa

$$f_2(e, f_1(x_1, x_2)) = f_2(x_1, f_1(e, x_2)) = (f_2 *_e f_1)(x_1, x_2)$$

$$f_1(e, f_2(x_1, x_2)) = f_1(x_1, f_2(e, x_2)) = (f_1 *_e f_2)(x_1, x_2)$$

$$\begin{aligned} f_2(e, f_1(x_1, x_2)) \wedge f_1(e, f_2(x_1, x_2)) &= f_2(x_1, f_1(e, x_2)) \wedge f_1(x_1, f_2(e, x_2)) \\ &= f_2(e, f_1(x_1, x_2)) \wedge f_1(e, f_2(x_1, x_2)) \\ &= (f_2 *_e f_1)(x_1, x_2) \wedge (f_1 *_e f_2)(x_1, x_2) \end{aligned}$$



$$= (f_2 *_e f_1 \wedge f_1 *_e f_2)(x_1, x_2) = 0$$

$$f_2 *_e f_1 \wedge f_1 *_e f_2 = 0.$$

$(Orth(X, X), *_e)$  değişmeli olduğundan  $f_2 *_e f_1 = f_1 *_e f_2$  için  $f_1 *_e f_2 = 0$  olur.

**Öneri 2.4**  $Orth(X, X)$  bir hemen hemen  $f$ -cebiri ise bir  $f$ -cebidir.

**İspat:**  $e \in X^+$ ,  $f_1, f_2 \in Orth(X, X), \forall x_1, x_2 \in X$  ve  $\forall 0 \leq C \in Orth(X, X)$ ,  $f_1 \wedge f_2 = 0$  olsun.  $Orth(X, X)$  bir hemen hemen  $f$ -cebiri olduğundan  $f_1 *_e f_2 = 0$  olur.  $(C *_e f_1) \leq (C *_e f_1) *_e f_2$  ve  $x_1 \wedge C(e, x_2) = 0$  olduğunu kabul edelim.

$$0 \leq (C *_e f_1) \wedge f_2 \leq (C *_e f_1) \leq (C *_e f_1) *_e f_2$$

$$\begin{aligned} ((C *_e f_1) *_e f_2)(x_1, x_2) &= (C *_e f_1)(x_1, f_2(e, x_2)) \\ &= C(x_1, f_1(e, f_2(e, x_2))) \\ &= C(x_1, (f_1 *_e f_2)(e, x_2)) \\ &= C *_e (f_1 *_e f_2)(x_1, x_2) \end{aligned}$$

$$C *_e (f_1 *_e f_2)(x_1, x_2) = C *_e 0(x_1, x_2)$$

$(Orth(X, X), *_e)$  değişmeli olduğundan  $C *_e 0 = 0 *_e C$  için

$$\begin{aligned} C *_e (f_1 *_e f_2)(x_1, x_2) &= C *_e 0(x_1, x_2) \\ &= 0 *_e C(x_1, x_2) \\ &= 0(x_1, C(e, x_2)) \in Orth(X) \text{ olur.} \end{aligned}$$

$0(x_1, C(e, x_2)) = 0$  olarak kabul edelim. Bu durumda

$$0 \leq (C *_e f_1) \wedge f_2 \leq (C *_e f_1) \leq (C *_e f_1) *_e f_2 = 0 \text{ olur. Buradan}$$

$(C *_e f_1) \wedge f_2 = 0$   $f$ -cebiri yapısına sahip olduğu görülür.

**Öneri 2.5**  $Orth(X, X)$  birleşmeli, yarı asal  $f$ -cebiri olsun. O halde  $Orth(X, X)$ , hemen hemen bir  $f$ -cebiri ise yarı asaldır.

**İspat:**  $e \in X^+$  ve  $f_1, f_2 \in Orth(X, X)$  ise  $\forall x_1, x_2 \in X$  için

$$f_2(e, f_1(x_1, x_2)) \wedge f_1(e, f_2(x_1, x_2)) = (f_2 *_e f_1 \wedge f_1 *_e f_2)(x_1, x_2) = 0$$

sağlandığını biliyoruz. Özel olarak eğer  $f_2 := f_1 \in Orth(X, X)$  alınırsa

$$\begin{aligned} f_2(e, f_1(x_1, x_2)) \wedge f_1(e, f_2(x_1, x_2)) &= f_1(x_1, f_1(e, x_2)) \wedge f_1(x_1, f_1(e, x_2)) \\ &= f_1 *_e f_1(x_1, x_2) \wedge f_1 *_e f_1(x_1, x_2) = 0 \end{aligned}$$

$$(f_1 *_e f_1 \wedge f_1 *_e f_1)(x_1, x_2) = 0$$

$$f_1 *_e f_1 \wedge f_1 *_e f_1 = 0.$$

$$f_1 *_e f_1 = 0.$$

Buradan  $\forall x_1, x_2 \in X$  için

$$(f_1 *_e f_1)(x_1, x_2) = f_1(x_1, f_1(e, x_2)) = 0,$$

yani,  $\forall x_2 \in X$  için  $f_1(e, x_2) \in K(f_1)$ . O halde  $\forall x_2 \in X$  için  $f_1(e, x_2) = 0$ . Fakat  $e$  bir sıralı zayıf birim ve  $f_1(\cdot, x_2) \in Orth(X)$  olduğundan  $\forall x_2 \in X$  için  $f_1(\cdot, x_2) = 0$  (Zanaan, 1983). Buradan  $f_1 = 0$  elde edilir. Dolayısıyla  $(Orth(X, X), *_e)$  yarı asal bir  $f$ -cebiri olur.

## SONUÇ

$Orth(X, X)$  Biotomorfizmalar uzayı üzerinde tanımlı  $f$ -cebiri yardımıyla  $d$ -cebiri, hemen hemen  $f$ -cebiri yapıları arasında geçişler incelendi. Fakat çalışılan bazı önermelerde koşullu çözümler yapıldı. Daha genel çözümler bulunabilir.

## KAYNAKLAR

- Aliprantis CD, Burkinshaw O, 2006. Pozitif Operators. Springer, Dardrecht.
- Benamor F, 2014. On Bi-orthomorphisms on a Semiprime  $f$ -Algebra. Indag. Math., 25, 44-48.
- Birkhoff G, 1967. Lattice Theory. Amer. Math. Soc. Colloq. Publ., 25, Providence, RI. MR 37 2638.
- Boulabiar K, Brahmi W, 2016. Multiplicative structure of biorthomorphisms and embedding of orthomorphisms. Indag. Mathem, 13 (3), 786-798.
- Buskes G, Page R, Yilmaz R, 2010. A note on bi-orthomorphisms. Vector Measures, Integration and Related Topics, Oper. Theory Adv. Appl., Vol. 201, Birkhauser, Basel, 99-10.
- De Pagter B, 1981.  $f$ -Algebras and orthomorphisms, University of Leiden, Phd. Thesis.
- Huijsmans CB, 1991. Lattice ordered algebras and  $f$ -algebras: A survey. Studies in Economic Theory 2, Positive Operators, Riesz Spaces and Economics (C. D. Aliprantis, K. C. Border and W. A. J. Luxemburg, eds.) Springer, Berlin, 151- 169.
- Gökcan İ, 2017. Biotomorfizmaların Çarpımsal Yapısı ve Otomorfizmalarla İlişkileri, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Kusraev AG, Tabuev SN, 2008. Multiplicative Representation of Bilinear Operators. Siberian Mathematical Journal, Vol. 49, No. 2, pp. 287-294.
- Luxsemburg WAJ, Zaanen AC, 1971. Riesz Spaces I. North-Holland, Amsterdam.
- Zaanen AC, 1983. Riesz Spaces II. North-Holland, Amsterdam.
- Zaanen, AC, 1975. Examples of orthomorphisms. J. Approximation theory 13, 192-204.

## Yeni Bir İterasyon Yöntemi İçin Yakınsaklık Hızı

Samet MALDAR<sup>1\*</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada yeni bir iterasyon yöntemi tanımlanmıştır. Bu iterasyon yönteminin Banach uzaylarında uygun koşullar altında yakınsaklığı incelenmiştir ve başka bir iterasyon yöntemiyle yakınsama anlamında denk olduğu gösterilmiştir. Son olarak yeni iterasyon yönteminin literatürdeki mevcut bir iterasyon yöntemine göre daha iyi bir yakınsama hızına sahip olduğu ispatlanarak bu sonucu destekleyen bir örnek verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sabit nokta, Banach uzayı, denklik

## Rate of Convergence for A New Iteration Method

**ABSTRACT:** In this study, a new iteration method has been defined. The convergence of this iteration method in Banach spaces under appropriate conditions has been examined and it has been shown that this iteration is equivalent in terms of convergence with another iteration method. Finally, it has been proved that the new iteration method has a better convergence rate than the existing iteration method in literature and an example supporting this result has been given.

**Keywords:** Fixed Point, Banach space, equivalence

<sup>1</sup> Samet MALDAR (Orcid ID: 0000-0002-2083-899X), Aksaray Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, Aksaray, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Samet MALDAR, e-mail: mmaldar@aksaray.edu.tr

Geliş tarihi / *Received:* 22-12-2019

Kabul tarihi / *Accepted:* 14-03-2020

## GİRİŞ

Sabit nokta teorisi, matematikte geniş bir araştırma sahasına sahip önemli bir çalışma alanı olmuştur. Bu teoride çalışılan konulardan biri yeni iterasyon yöntemleri tanımlamaktır. İlk olarak Picard (1890) tarafından tanımlanan iterasyon yönteminden elde edilen dizinin daralma dönüşümünün tek olan sabit noktasına uygun şartlar altında yakınsak olduğu Banach tarafından gösterilmiştir (Banach, 1922). Ancak söz konusu şartlar değiştirildiğinde bu dizinin yakınsamadığı görülmüş ve bu nedenle araştırmacılar yeni iterasyon yöntemleri tanımlamaya başlamışlardır. Bu bağlamda 1953 yılında Mann iterasyon yöntemi (Mann, 1953), 1974 yılında Ishikawa iterasyon yöntemi (Ishikawa, 1974), 2000 yılında Noor iterasyon yöntemi (Noor, 2000) gibi birçok iterasyon yöntemi tanımlanmış ve bu anlamda geniş bir literatür oluşmuştur (bkz. Chugh et al., 2012; Gürsoy et al., 2013; Dogan ve Karakaya, 2014; Başarır ve Şahin, 2016; Başarır ve Şahin, 2017; Karakaya et al., 2017; Atalan, 2018).

İterasyon yöntemleri üzerine yapılan çalışmalar şu şekilde özetlenebilir:

Araştırmacılar tarafından tanımlanan iterasyon yöntemlerinin belirli dönüşümlerin sabit noktasına hangi şartlar altında yakınsak olduğu ve yakınsama anlamında denk olan başka iterasyon yöntemlerinin mevcut olup olmadığı incelenmiştir.

İterasyon yöntemleri üzerine yapılan bir diğer tipten çalışma ise yakınsaklık hızlarının karşılaştırılmasıdır. Buradaki temel düşünce, aynı dönüşüm altında oluşturulan iki farklı iterasyon yönteminden elde edilen dizilerin, dönüşümün sabit noktasına daha hızlı yakınsayacak olanı belirlemektir.

Bu çalışmada (2.8) ile verilen yeni tanımlı iterasyon dizisinin yakınsaklığı incelenmiştir. Daha sonra (2.7) ile verilen iterasyon yönteminin ve (2.8) ile verilen iterasyon yönteminin yakınsaklıklarının denkliği sonucu verilmiştir. Son olarak (2.8) ile verilen iterasyon yönteminin, (2.7) ile verilen iterasyon yönteminden daha hızlı yakınsadığı sonucuna varılmış ve elde edilen bu sonuç nümerik olarak örneklendirilmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Şimdi temel sonuçlarımızı elde etmek için ihtiyaç duyulan bazı tanım, lemma ve teoremleri verelim.

**Tanım 2.1** (Berinde, 2003).

$(X, d)$  bir metrik tam metrik uzay olsun.

$$d(Tx, Ty) \leq \delta d(x, y) + Ld(y, Tx) \quad (2.1)$$

olacak şekilde bir  $L \geq 0$  ve  $\delta \in (0,1)$  varsa  $T: X \rightarrow X$  dönüşümüne hemen hemen daralma dönüşümü denir.

**Teorem 2.2** (Berinde, 2003).

$(X, d)$  bir metrik tam metrik uzay ve  $T: X \rightarrow X$  bir hemen hemen daralma dönüşümü olsun. Eğer

$$d(Tx, Ty) \leq \delta d(x, y) + Ld(x, Tx) \quad (2.2)$$

olacak şekilde  $L \geq 0$  ve  $\delta \in (0,1)$  varsa bu taktirde  $T$  bir tek sabit noktaya sahiptir.

**Tanım 2.3** (Knopp, 1931).

$\{a_n\}_{n=1}^{\infty}$  ve  $\{b_n\}_{n=1}^{\infty}$  negatif olmayan ve aynı noktaya yakınsayan iki dizi olsun. Eğer

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{d(a_n, a)}{d(b_n, a)} = 0 \quad (2.3)$$

şartı sağlanıyorsa  $\{a_n\}_{n=1}^{\infty}$  dizisi  $a$  noktasına  $\{b_n\}_{n=1}^{\infty}$  dizisinden daha hızlı yakınsar denir.

**Lemma 2.4** (Berinde, 2007).

$\{a_n\}_{n=1}^{\infty}$  ve  $\{\tau_n\}_{n=1}^{\infty}$  aşağıdaki eşitsizliği sağlayan ve negatif olmayan iki reel sayı dizisi olsun.

$$a_{n+1} \leq \rho a_n + \tau_n$$

Eğer her  $n \in \mathbb{N}$  için  $\lim_{n \rightarrow \infty} \tau_n = 0$  ve  $\rho \in (0,1)$ , oluyorsa  $\lim_{n \rightarrow \infty} a_n = 0$ .

**Lemma 2.5** (Weng, 1991).

$\{a_n\}_{n=1}^{\infty}$  ve  $\{\tau_n\}_{n=1}^{\infty}$  aşağıdaki eşitsizliği sağlayan ve negatif olmayan iki reel sayı dizisi olsun.

$$a_{n+1} \leq (1 - \mu_n)a_n + \tau_n \quad (2.4)$$

Eğer her  $n \in \mathbb{N}$  için  $\{\mu_n\}_{n=0}^{\infty} \subseteq (0,1)$ ,  $\sum_{n=0}^{\infty} \mu_n = \infty$  ve  $n \rightarrow \infty$  iken  $\frac{\tau_n}{\mu_n} \rightarrow 0$  oluyorsa

$$\lim_{n \rightarrow \infty} a_n = 0. \quad (2.5)$$

**Tanım 2.6** (Agarwal, O'Regan ve Sahu, 2007).

Her  $n \in \mathbb{N}$  için  $\{\alpha_n\}_{n=1}^{\infty}, \{\beta_n\}_{n=1}^{\infty} \subseteq [0,1]$  belirli şartları sağlayan reel sayı dizileri olmak üzere;

$$\begin{cases} x_{n+1} = (1 - \alpha_n)Tx_n + \alpha_nTy_n \\ y_n = (1 - \beta_n)x_n + \beta_nTx_n \end{cases} \quad (2.6)$$

şeklinde tanımlanan iterasyon yöntemine Agarwal S-iterasyon yöntemi (Klasik S-iterasyon yöntemi) denir.

2019 yılında tanımlamış olduğumuz iterasyon yöntemi şu şekildedir (Maldar, 2019):

$k \in \mathbb{N}$  ve her  $n \in \mathbb{N}$  için  $\alpha_n, \beta_n \in [0,1]$  belirli şartları sağlayan reel sayı dizileri olmak üzere;

$$\begin{cases} x_{n+1} = \frac{(1 - \alpha_n)}{k}Tx_n + \left(1 - \frac{(1 - \alpha_n)}{k}\right)Ty_n \\ y_n = \frac{(1 - \beta_n)}{k}x_n + \left(1 - \frac{(1 - \beta_n)}{k}\right)Tx_n \end{cases} \quad (2.7)$$

Bu çalışmada yukarıda verilen iterasyon yönteminden esinlenerek tanımlamış olduğumuz yeni iterasyon yöntemi ise şu şekildedir:

$$\begin{cases} x_{n+1} = T\left(\frac{(1 - \alpha_n)}{k}Tx_n + \left(1 - \frac{(1 - \alpha_n)}{k}\right)Ty_n\right) \\ y_n = T\left(\frac{(1 - \beta_n)}{k}x_n + \left(1 - \frac{(1 - \beta_n)}{k}\right)Tx_n\right) \end{cases} \quad (2.8)$$

Burada  $k \in \mathbb{N}$  ve her  $n \in \mathbb{N}$  için  $\alpha_n, \beta_n \in [0,1]$  belirli şartları sağlayan kontrol dizileridir.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

**Teorem 3.1**  $X$  bir Banach uzay ve  $B \subseteq X$ , boştan farklı, kapalı, konveks bir küme ve  $T: B \rightarrow B$  (2.2) ile verilen şartı sağlayan bir hemen hemen daralma dönüşümü olsun.  $k \in \mathbb{N}, \alpha_n, \beta_n \in [0,1]$  ve  $\sum_{n=0}^{\infty} \alpha_n = \infty$  olmak üzere (2.8) ile üretilen iterasyon dizisini  $\{x_n\}_{n=0}^{\infty}$  ile gösterelim. Bu takdirde  $\{x_n\}_{n=0}^{\infty}$  dizisi  $T$  nin teklikle belirli olan  $p$  sabit noktasına yakınsar.

**İspat** (2.8) ile verilen iterasyon yönteminin kullanılmasıyla,

$$\|x_{n+1} - p\| = \left\| T\left(\frac{(1 - \alpha_n)}{k}Tx_n + \left(1 - \frac{(1 - \alpha_n)}{k}\right)Ty_n\right) - Tp \right\|$$



$$\begin{aligned} &\leq \delta^2 \frac{(1 - \alpha_n)}{k} \|x_n - p\| + L\delta \frac{(1 - \alpha_n)}{k} \|p - Tp\| + L\|p - Tp\| \\ &+ \delta^2 \left(1 - \frac{(1 - \alpha_n)}{k}\right) \|y_n - p\| + L\delta \left(1 - \frac{(1 - \alpha_n)}{k}\right) \|p - Tp\| \end{aligned} \quad (3.1)$$

elde edilir. Benzer şekilde

$$\begin{aligned} \|y_n - p\| &= \left\| T \left( \frac{(1 - \beta_n)}{k} x_n + \left(1 - \frac{(1 - \beta_n)}{k}\right) Tx_n \right) - Tp \right\| \\ &\leq \delta \frac{(1 - \beta_n)}{k} \|x_n - p\| + \delta^2 \left(1 - \frac{(1 - \beta_n)}{k}\right) \|x_n - p\| + L\|p - Tp\| \\ &+ L\delta \left(1 - \frac{(1 - \beta_n)}{k}\right) \|p - Tp\| \\ &\leq \delta \left(1 - \frac{\beta_n(1 - \delta)}{k}\right) \|x_n - p\| + \left(L + L\delta \left(1 - \frac{(1 - \beta_n)}{k}\right)\right) \|p - Tp\| \end{aligned} \quad (3.2)$$

eşitsizliğine ulaşılır.  $\|p - Tp\| = 0$  olduğundan, (3.2) eşitsizliği de (3.1) eşitsizliğinde yerine yazılırsa ve

$$\|x_{n+1} - p\| \leq \delta^3 \left(1 + \frac{(1 - \alpha_n)(1 - \delta)}{k\delta}\right) \|x_n - p\| \quad (3.3)$$

elde edilir ve aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$\|x_{n+1} - p\| \leq \delta^2 \left(1 - \frac{\alpha_n(1 - \delta)}{k}\right) \|x_n - p\| \quad (3.4)$$

(3.4) eşitsizliğinde gerekli düzenlemeler yapılırsa;

$$\begin{aligned} \|x_{n+1} - p\| &\leq \delta^2 \left(1 - \frac{\alpha_n(1 - \delta)}{k}\right) \|x_n - p\| \\ \|x_n - p\| &\leq \delta^2 \left(1 - \frac{\alpha_{n-1}(1 - \delta)}{k}\right) \|x_{n-1} - p\| \\ \|x_{n-1} - p\| &\leq \delta^2 \left(1 - \frac{\alpha_{n-2}(1 - \delta)}{k}\right) \|x_{n-2} - p\| \\ \|x_{n-2} - p\| &\leq \delta^2 \left(1 - \frac{\alpha_{n-3}(1 - \delta)}{k}\right) \|x_{n-3} - p\| \end{aligned} \quad (3.5)$$

ve bu şekilde devam edilirse

$$\|x_1 - p\| \leq \delta^2 \left(1 - \frac{\alpha_0(1 - \delta)}{k}\right) \|x_0 - p\|$$

elde edilir. Böylece

$$\begin{aligned} \|x_{n+1} - p\| &\leq \delta^{2(n+1)} \prod_{i=0}^n \left(1 - \frac{\alpha_i(1 - \delta)}{k}\right) \|x_0 - p\| \\ &\leq \delta^{2(n+1)} \prod_{i=0}^n e^{\left(\frac{\alpha_i(1 - \delta)}{k}\right)} \|x_0 - p\| \end{aligned} \quad (3.6)$$

$$= \delta^{2(n+1)} \frac{1}{e^{\left(\frac{(1-\delta)\sum_{i=0}^n \alpha_i}{k}\right)}} \|x_0 - p\|$$

eşitsizliği elde edilir.

$n \rightarrow \infty$  için yukarıdaki eşitsizlikte limit alınırsa  $\lim_{n \rightarrow \infty} \|x_{n+1} - p\| = 0$  elde edilir. Bu ise ispatı tamamlar.

**Teorem 3.2**  $X, B$  ve  $T$  Teorem 3.1 ile verilen koşulları sağlasın.  $\sum_{n=0}^{\infty} \alpha_n = \infty$  olmak üzere,  $x_0, u_0 \in B$  başlangıç noktaları için (2.8) ve (2.7) ile verilen iterasyon yöntemlerinden elde edilen diziler sırasıyla  $\{x_n\}_{n=0}^{\infty}$  ve  $\{u_n\}_{n=0}^{\infty}$  olsun. Bu durumda aşağıdaki ifadeler denktir:

i) (2.7) ile verilen iterasyon yönteminden elde edilen dizi  $p$ 'ye yakınsar.

ii) (2.8) ile verilen iterasyon yönteminden elde edilen dizi  $p$ 'ye yakınsar.

**İspat**  $i) \Rightarrow ii)$ : (2.7) ile verilen iterasyon yönteminden elde edilen dizinin  $T$  dönüşümünün teklikle belirli olan  $p$  sabit noktasına yakınsadığını kabul edelim. Bu durumda (2.8) ile verilen iterasyon yönteminden elde edilen dizinin de  $p$  ye yakınsadığını göstereceğiz. Bunu göstermek için (2.2), (2.7) ve (2.8) ifadeleri ele alındığında

$$\begin{aligned} & \|u_{n+1} - x_{n+1}\| \\ &= \left\| \frac{(1-\alpha_n)}{k} T u_n + \left(1 - \frac{(1-\alpha_n)}{k}\right) T v_n \right. \\ &\quad \left. - T \left( \frac{(1-\alpha_n)}{k} T x_n + \left(1 - \frac{(1-\alpha_n)}{k}\right) T y_n \right) \right\| \\ &\leq \frac{(1-\alpha_n)}{k} \delta \left\| u_n - \frac{(1-\alpha_n)}{k} T x_n - \left(1 - \frac{(1-\alpha_n)}{k}\right) T y_n \right\| \\ &\quad + L \frac{(1-\alpha_n)}{k} \|u_n - T u_n\| + L \left(1 - \frac{(1-\alpha_n)}{k}\right) \|v_n - T v_n\| \\ &\quad + \left(1 - \frac{(1-\alpha_n)}{k}\right) \delta \left\| v_n - \frac{(1-\alpha_n)}{k} T x_n - \left(1 - \frac{(1-\alpha_n)}{k}\right) T y_n \right\| \\ &\leq \left(\frac{(1-\alpha_n)}{k}\right)^2 \delta^2 \|u_n - x_n\| + \left(1 - \frac{(1-\alpha_n)}{k}\right)^2 \delta^2 \|v_n - y_n\| \\ &\quad + \left(\frac{(1-\alpha_n)}{k}\right) \left(1 - \frac{(1-\alpha_n)}{k}\right) \delta \|u_n - y_n\| \\ &\quad + \left(1 - \frac{(1-\alpha_n)}{k}\right) \frac{(1-\alpha_n)}{k} \delta^2 \|v_n - x_n\| \\ &\quad + \frac{(1-\alpha_n)}{k} (\delta + L + \delta L) \|u_n - T u_n\| \\ &\quad + \left(1 - \frac{(1-\alpha_n)}{k}\right) (L + \delta + \delta L) \|v_n - T v_n\| \end{aligned} \tag{3.7}$$

ve

$$\begin{aligned} \|u_n - y_n\| &= \left\| u_n - T \left( \frac{(1-\beta_n)}{k} x_n + \left(1 - \frac{(1-\beta_n)}{k}\right) T x_n \right) \right\| \\ &\leq \|u_n - T u_n\| + \left\| T u_n - T \left( \frac{(1-\beta_n)}{k} x_n + \left(1 - \frac{(1-\beta_n)}{k}\right) T x_n \right) \right\| \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&\leq (1+L)\|u_n - Tu_n\| + \delta \left\| u_n - \frac{(1-\beta_n)}{k}x_n - \left(1 - \frac{(1-\beta_n)}{k}\right)Tx_n \right\| \\
&\leq (1+L)\|u_n - Tu_n\| + \delta \frac{(1-\beta_n)}{k} \|u_n - x_n\| \\
&\quad + \delta \left(1 - \frac{(1-\beta_n)}{k}\right) \|u_n - Tu_n\| + \delta \left(1 - \frac{(1-\beta_n)}{k}\right) \|Tu_n - Tx_n\| \\
&\leq \left(1+L + \delta \left(1 - \frac{(1-\beta_n)}{k}\right) + L\delta \left(1 - \frac{(1-\beta_n)}{k}\right)\right) \|u_n - Tu_n\| \\
&\quad + \delta \left(\frac{(1-\beta_n)}{k} + \delta \left(1 - \frac{(1-\beta_n)}{k}\right)\right) \|u_n - x_n\|
\end{aligned} \tag{3.8}$$

ve benzer işlemler yapılarak

$$\begin{aligned}
\|v_n - y_n\| &= \left\| \frac{(1-\beta_n)}{k}u_n + \left(1 - \frac{(1-\beta_n)}{k}\right)Tu_n \right. \\
&\quad \left. - T\left(\frac{(1-\beta_n)}{k}x_n + \left(1 - \frac{(1-\beta_n)}{k}\right)Tx_n\right) \right\| \\
&\leq \frac{(1-\beta_n)}{k} \left\| u_n - T\left(\frac{(1-\beta_n)}{k}x_n + \left(1 - \frac{(1-\beta_n)}{k}\right)Tx_n\right) \right\| \\
&\quad + \left(1 - \frac{(1-\beta_n)}{k}\right) \left\| Tu_n - T\left(\frac{(1-\beta_n)}{k}x_n + \left(1 - \frac{(1-\beta_n)}{k}\right)Tx_n\right) \right\| \\
&\leq \delta \left(\frac{(1-\beta_n)}{k} + \delta \left(1 - \frac{(1-\beta_n)}{k}\right)\right) \|u_n - x_n\| \\
&\quad + \left(\frac{(1-\beta_n)}{k} + L + \delta \left(1 - \frac{(1-\beta_n)}{k}\right) + L\delta \left(1 - \frac{(1-\beta_n)}{k}\right)\right) \|u_n - Tu_n\|
\end{aligned} \tag{3.9}$$

ve

$$\begin{aligned}
\|v_n - x_n\| &= \left\| \frac{(1-\beta_n)}{k}u_n + \left(1 - \frac{(1-\beta_n)}{k}\right)Tu_n - x_n \right\| \\
&\leq \frac{(1-\beta_n)}{k} \|u_n - x_n\| + \left(1 - \frac{(1-\beta_n)}{k}\right) \|Tu_n - x_n\| \\
&\leq \|u_n - x_n\| + \left(1 - \frac{(1-\beta_n)}{k}\right) \|Tu_n - u_n\|
\end{aligned} \tag{3.10}$$

elde edilir. Burada

$$\begin{aligned}
\|u_n - Tu_n\| &= \|u_n - p + p - Tu_n\| \\
&\leq \|u_n - p\| + \|Tu_n - p\| \\
&\leq (1+\delta)\|u_n - p\| + L\|p - Tp\|
\end{aligned} \tag{3.11}$$

ve

$$\begin{aligned}
\|v_n - Tv_n\| &\leq \|v_n - p\| + \|p - Tv_n\| \\
&\leq (1+\delta)\|v_n - p\| + L\|p - Tp\|
\end{aligned} \tag{3.12}$$

yazılabilir. Ayrıca

$$\begin{aligned} \|v_n - p\| &= \left\| \frac{(1 - \beta_n)}{k} u_n + \left(1 - \frac{(1 - \beta_n)}{k}\right) Tu_n - p \right\| \\ &\leq \frac{(1 - \beta_n)}{k} \|u_n - p\| + \left(1 - \frac{(1 - \beta_n)}{k}\right) \|Tu_n - p\| \leq \\ &\leq \left[ \frac{(1 - \beta_n)}{k} + \left(1 - \frac{(1 - \beta_n)}{k}\right) \delta \right] \|u_n - p\| + L \left(1 - \frac{(1 - \beta_n)}{k}\right) \|p - Tp\| \end{aligned} \quad (3.13)$$

yazılabilir. (3.8), (3.9) ve (3.10) eşitsizlikleri (3.7) eşitsizliğinde yerine yazılırsa

$$\begin{aligned} \|u_{n+1} - x_{n+1}\| &\leq \delta^2 \|u_n - x_n\| \\ &+ \left(1 - \frac{(1 - \alpha_n)}{k}\right)^2 \delta^2 \left\{ \begin{array}{l} \frac{(1 - \beta_n)}{k} + L + \delta \left(1 - \frac{(1 - \beta_n)}{k}\right) \\ + L\delta \left(1 - \frac{(1 - \beta_n)}{k}\right) \end{array} \right\} \|u_n - Tu_n\| \\ &+ \left(\frac{(1 - \alpha_n)}{k}\right) \left(1 - \frac{(1 - \alpha_n)}{k}\right) \left\{ \begin{array}{l} \frac{\delta(1 - \beta_n)}{k} + \delta L \\ + \delta^2 \left(1 - \frac{(1 - \beta_n)}{k}\right) \\ + L\delta^2 \left(1 - \frac{(1 - \beta_n)}{k}\right) \end{array} \right\} \|u_n - Tu_n\| \\ &+ \left(\frac{(1 - \alpha_n)}{k}\right) \left(1 - \frac{(1 - \alpha_n)}{k}\right) \delta^2 \left(1 - \frac{(1 - \beta_n)}{k}\right) \|Tu_n - u_n\| \\ &+ \frac{(1 - \alpha_n)}{k} (\delta + L + \delta L) \|u_n - Tu_n\| \\ &+ \left(1 - \frac{(1 - \alpha_n)}{k}\right) (L + \delta + \delta L) \|v_n - Tv_n\| \end{aligned} \quad (3.14)$$

elde edilir. Burada  $A$  ve  $B$  sırasıyla  $\|u_n - Tu_n\|$  ve  $\|v_n - Tv_n\|$  nin katsayıları olmak üzere

$$a_n = \|u_n - x_n\|$$

$$\rho = \delta^2 \in (0,1)$$

$$\tau_n = A \|u_n - Tu_n\| + B \|v_n - Tv_n\|$$

şeklinde yazılabilir.

(3.14) eşitsizliğindeki  $\|u_n - Tu_n\|$  ve  $\|v_n - Tv_n\|$  ifadeleri için (3.11), (3.12) ve (3.13) ile verilen eşitsizlikler kullanılarak  $n \rightarrow \infty$  için  $\|u_n - Tu_n\| \rightarrow 0$  ve  $\|v_n - Tv_n\| \rightarrow 0$  olduğu görülür. Lemma 2.4 ten yararlanarak  $n \rightarrow \infty$  için  $\|u_{n+1} - x_{n+1}\| \rightarrow 0$  elde edilir.

Yukarıdaki işlemlere benzer şekilde  $ii) \Rightarrow i)$  sonucu elde edilir.

**Teorem 3.3**  $X, B$  ve  $T$  Teorem 3.1 ile verilen koşulları sağlasın. Ayrıca  $k \in \mathbb{N}$  olmak üzere  $\alpha_n \in [0,1]$  dizisi  $\sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n = \infty$  ve  $\alpha_0 \leq \alpha_n \leq 1$  koşullarını sağlasın.  $x_0 = u_0 \in B$  için (2.8) ve (2.7) ile verilen iterasyon yöntemlerinden elde edilen diziler sırasıyla  $\{x_n\}_{n=0}^{\infty}$  ve  $\{u_n\}_{n=0}^{\infty}$  olsun. Bu durumda  $\{x_n\}_{n=0}^{\infty}$  dizisi  $p$  noktasına  $\{u_n\}_{n=0}^{\infty}$  dizisinden daha hızlı yakınsar.

**İspat.** Teorem 3.1’de (3.6) ile verilen eşitsizlikten

$$\|x_{n+1} - p\| = \delta^{2(n+1)} \prod_{i=0}^n \left(1 - \frac{\alpha_i(1 - \delta)}{k}\right) \|x_0 - p\| \quad (3.15)$$

yazılabilir. Ayrıca (Maldar, 2019) ile verilen çalışmada elde edilen ve Teorem 2.1’de eşitsizlik 18) ile gösterilen

$$\|u_{n+1} - p\| = \prod_{i=0}^n \left(1 - \frac{\alpha_i(1 - \delta)}{k}\right) \|u_0 - p\| \quad (3.16)$$

ifadeyi göz önüne alalım. (3.15) ve (3.16) ile verilen ifadeler kullanılarak;

$$w_n = \frac{\delta^{2(n+1)} \prod_{i=0}^n \left(1 - \frac{\alpha_i(1 - \delta)}{k}\right) \|x_0 - p\|}{\prod_{i=0}^n \left(1 - \frac{\alpha_i(1 - \delta)}{k}\right) \|u_0 - p\|} = \delta^{2(n+1)}$$

şeklinde tanımlansın.  $\delta \in (0,1)$  olduğundan yukarıda verilen ifadede gerekli sadeleştirmeler yapıldıktan sonra  $\lim_{n \rightarrow \infty} w_n = 0$  olduğu görülür. Tanım 2.3 gereği  $\{x_n\}_{n=1}^{\infty}$  dizisinin  $p$  sabit noktasına yakınsaması  $\{u_n\}_{n=1}^{\infty}$  dizisinin yakınsamasından daha hızlıdır.

Bu teoremden elde edilen sonucunun bir uygulaması için MATLABR2015a programı kullanılarak aşağıdaki örnek verilmiştir:

**Örnek 3.4**  $X = \mathbb{R}$ ,  $C \subseteq X$  ve  $C = [0,1]$  olsun. Her  $x \in C$  için  $T: C \rightarrow C$  operatörü

$$Tx = \cos(\cos x) + e^{-x} - 1$$

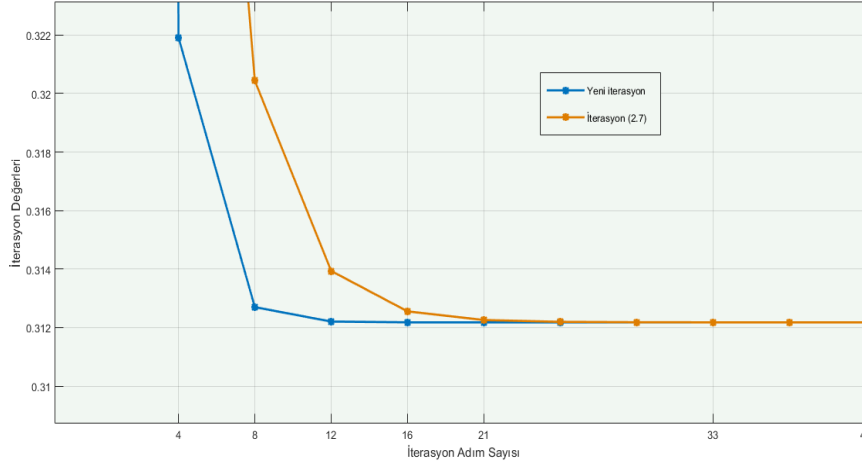
şeklinde tanımlansın.  $T$  nin tek bir sabit noktaya sahip olduğu ve bu noktanın  $p = 0.31217776495902$  olduğu kolaylıkla görülebilir.  $x_0 = 1$  ve  $x_0 = 0.6$  başlangıç noktası için  $\alpha_n = \beta_n = \frac{1}{2}$ ,  $k = 40$  ve  $\delta = 0,59$  olarak seçelim. Bu durumda MATLABR2015a programı kullanılarak elde edilen aşağıdaki tablo göstermektedir ki (2.8) ile verilen iterasyon yöntemi, (2.7) ile verilen iterasyon yönteminden daha hızlıdır.

**Tablo 1.**  $x_0 = 1$  ve  $x_0 = 0.6$  başlangıç noktaları için (2.7) iterasyon yöntemi ile (2.8) iterasyon yönteminin yakınsaklık hızlarının karşılaştırılması

İterasyon Adım Sayısı	Yeni İterasyon Yöntemi (2.8)	İterasyon Yöntemi (2.7)	Yeni İterasyon Yöntemi (2.8)	İterasyon Yöntemi (2.7)
1	1.000 000 000 000 00	1.000 000 000 000 00	0.600 000 000 000 00	0.600 000 000 000 00
2	0.321 915 481 676 17	0.352 122 256 835 77	0.322 330 235 111 74	0.354 119 399 461 37
3	0.312 698 589 843 82	0.320 434 479 321 87	0.312 720 532 320 41	0.320 830 259 839 35
:	:	:	:	:
11	0.312 177 764 959 06	0.312 177 801 401 16	0.312 177 764 959 06	0.312 177 803 131 54
12	0.312 177 764 959 02	0.312 177 772 769 62	0.312 177 764 959 02	0.312 177 773 140 49
:	:	:	:	:
20	0.312 177 764 959 02	0.312 177 764 959 05	0.312 177 764 959 02	0.312 177 764 959 05
21	0.312 177 764 959 02	0.312 177 764 959 02	0.312 177 764 959 02	0.312 177 764 959 02



Yukarıdaki tablodan görülmektedir ki  $x_0 = 1$  başlangıç noktası için (2.7) ile gösterilen iterasyon yöntemi 21. adımda operatörün sabit noktasına yakınsarken (2.8) ile verilen yeni iterasyon yöntemi 12. adımda yakınsamaktadır. Aşağıda verilen grafik bu durumu göstermektedir:



**Grafik 1.** İki iterasyon yöntemi için yakınsama hızlarının grafik gösterimi

## SONUÇ

Bu çalışmada yeni tanımlanan iterasyon yönteminin bir Banach uzayında uygun şartlar altında yakınsaklığı elde edilmiş ve literatürde bulunan başka bir iterasyon yöntemiyle yakınsaklığının denkliği incelenmiştir. Ayrıca yeni iterasyon yönteminin daha iyi bir yakınsama hızına sahip olduğu ispatlanarak bu sonucu destekleyen bir örnek verilmiştir. Tablo 1 ve Grafik 1 incelendiğinde bir iterasyon yönteminin yakınsaklık hızının test edilmesinde kontrol dizilerinin seçimi önem arz etmektedir.

## KAYNAKLAR

- Agarwal R, O'Regan D, Sahu D, 2007. Iterative Construction of Fixed Points of Nearly Asymptotically Nonexpansive Mappings. *Journal of Nonlinear and Convex Analysis*, 8 (1): 61-79.
- Atalan Y, 2018. Yeni Bir İterasyon Yöntemi İçin Hemen-Hemen Büzülme Dönüşümleri Altında Bazı Sabit Nokta Teoremleri. *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, 30 (3): 276-285.
- Banach S, 1922. Sur les opérations dans les ensembles abstraits et leur application aux équations intégrales, *Fundamenta Mathematicae* 1 (3): 133-181.
- Başarır M, 1988. On rates of convergence of sequences. *Journal of the Orissa Mathematical Society*, 7 (2): 89-98.
- Başarır M, Şahin A, 2016. Two General Iteration Schemes for Multi-Valued Maps in Hyperbolic Spaces, *Communications of the Korean Mathematical Society*, 31 (4): 713-727.
- 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.
- Berinde V, 2003. On The Approximation of Fixed Points of Weak Contractive Mappings. *Carpathian Journal of Mathematics*, 19 (1): 7-22.
- Berinde V, 2007. *Iterative Approximation of Fixed Points*, Springer, Berlin, 2007
- Chugh R, Kumar V, Kumar S, 2012. Strong Convergence of a New Three Step Iterative Scheme in Banach Spaces. *American Journal of Computational Mathematics*, 2 (4): 345-357.
- Dogan K, Karakaya V, 2014. On the Convergence and Stability Results for a New General Iterative Process. *The Scientific World Journal*, 2014: 1-8.
- Gürsoy F, Karakaya V, Rhoades BE, 2013. Data dependence results of new multistep and S-iterative schemes for contractive-like operators. *Fixed Point Theory and Applications*, 2013: 1-12.
- Ishikawa S, 1974. Fixed Point By a New Iteration Method. *Proceedings of the American Mathematical Society*, 44: 147-150.

- Karakaya V, Atalan Y, Dogan K, Bouzara NEH, 2017. Some Fixed Point Results for a New Three Steps Iteration Process in Banach Spaces. *Fixed Point Theory*, 18 (2): 625-640.
- Knopp K, 1931. *Theory and Application of Infinite Series*. Berlin.
- Mann W R, 1953. Mean Value Methods in Iteration. *Proceedings of the American Mathematical Society*, 4 (3): 506-510.
- Maldar S, 2019. Geleceğin Dünyasında Bilimsel ve Mesleki Çalışmalar: Matematik ve Fen Bilimleri. Ekin Basım Yayın Dağıtım No:1, s. 167-181, Bursa-Türkiye.
- Miller HI, 1973. Rates of convergence and summability. *Rad. Odjeljenje Prir. Mat. Nauka*, 12 (1973), 85-92.
- Noor MA, 2000. New Approximation Schemes for General Variational Inequalities. *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, 251 (1): 217-229.
- Picard E, 1890. Mémoire Sur la Théorie des Équations Aux Dérivées Partielles et la Méthode des Approximations Successives. *Journal de mathématiques pures et appliquées*, 6: 145-210.
- Weng X, 1991. Fixed Point Iteration for Local Strictly Pseudo-Contractive Mapping. *Proceedings of the American Mathematical Society*, 113 (3): 727-731.

**Some Characterizations of Curves in  $n$ -dimensional Euclidean Space  $IE^n$** Sezgin BÜYÜKKÜTÜK<sup>1\*</sup>, İlim KİŞİ<sup>2</sup>, Günay ÖZTÜRK<sup>3</sup>, Kadri ARSLAN<sup>4</sup>

**ABSTRACT:** In this work, we deal with a curve whose position vector can be expressed with the help of Frenet Frame in  $n$  – dimensional Euclidean space  $IE^n$ . We classify this type of curve with regards to curvature functions and get certain consequences for  $T$  – constant,  $N$  – constant and constant ratio curves in  $IE^n$ .

**Keywords:** Constant ratio curves,  $W$  – curves, position vector

<sup>1</sup> Sezgin BÜYÜKKÜTÜK (Orcid ID: 0000-0002-1845-0822), Kocaeli Üniversitesi, Gölcük Meslek Yüksekokulu, Kocaeli, Türkiye

<sup>2</sup> İlim KİŞİ (Orcid ID: 0000-0002-4785-8165), Kocaeli Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, Kocaeli, Türkiye

<sup>3</sup> Günay ÖZTÜRK (Orcid ID: 0000-0002-1608-0354), İzmir Demokrasi Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, İzmir, Türkiye

<sup>4</sup> Kadri ARSLAN (Orcid ID: 0000-0002-1440-7050), Uludağ Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, Bursa, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Sezgin BÜYÜKKÜTÜK, e-mail: sezgin.buyukkutuk@kocaeli.edu.tr

Geliş tarihi / *Received:* 09-10-2019

Kabul tarihi / *Accepted:* 12-01-2020

## INTRODUCTION

A unit speed curve is described by most geometers, as a curve  $x = x(s)$  whose parametrization is written by arclength parameter  $s$ . So as to define curvatures of a curve, the well-known Frenet formulas can be explained as follows:

A regular curve  $x = x(s) : I \subset \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{E}^3$ , given with the arclength parameter, has at least four continuous derivatives. Denote by the tangent vector  $T = x'(s)$ ; we suppose  $T'(s)$  is nonzero for all  $s$ . Then, it is possible to define the principle normal vector field  $N_1$  and the curvature  $\kappa_1$  by  $T'(s) = \kappa_1 N_1$ . Since the vectors  $T$  and  $N_1$  are orthogonal, the binormal vector field is yield by the relation  $N_2' = -\kappa_2 N_1$  defines the torsion  $\kappa_2$ .  $\kappa_1$  and  $\kappa_2$  are also called the first and the second curvatures of the curve.

The Frenet formulas are

$$\begin{aligned} T' &= \kappa_1 N_1, \\ N_1' &= -\kappa_1 T + \kappa_2 N_2, \quad (1) \\ N_2' &= -\kappa_2 N_1. \end{aligned}$$

The significant planes in  $\mathbb{E}^3$  are osculating, rectifying and normal planes which are spanned by  $\{T, N_1\}$ ,  $\{T, N_2\}$ , and  $\{N_1, N_2\}$ , respectively. If a curve's position vector is orthogonal to its normal vector field, then it is called a rectifying curve in  $\mathbb{E}^3$ . In  $n$ -dimensional Euclidean space, we have a similar definition as 3-dimensional Euclidean space. In  $\mathbb{E}^n$ , rectifying curve's position vector is spanned by  $\{T, N_2, N_3, \dots, N_{n-1}\}$ .

B.Y. Chen introduces the notion of the rectifying curves in his study (Chen, 2003). In that paper, he gives a basic classification of rectifying curves. Especially, in (Chen et al., 2005), the author gives the connection between these curves and centrodes that have a place in kinematics and mechanics. Also in the study (İlarslan et al., 2008), the authors give some characterizations about rectifying curves. Recently in (Cambie et al., 2016), rectifying curves have been studied in arbitrary Euclidean space.

In (Chen, 2001), B.Y. Chen gives a new concept for Euclidean spaces: constant ratio curves. The author presents in this study which curves satisfy the condition of being a constant ratio curve. Also in (Chen, 2002), B.Y. Chen announces the notion of  $N$ -constant and  $T$ -constant types of curves. In studies (Büyükkütük et al., 2015, 2016, 2017; Gürpınar et al., 2015; Kişi et al., 2015, 2017, 2018, Öztürk et al., 2017, 2018), by using Frenet and Bishop frame, the necessary and sufficient conditions are given for curves to become  $T$ -constant and  $N$ -constant, respectively.

In this study, we deal with any curve in  $n$ -dimensional Euclidean space  $\mathbb{E}^n$  with regard to its Frenet frame  $\{T, N_1, N_2, \dots, N_{n-1}\}$ . So, we can write the parametrization of the curve as:

$$x(s) = m_0(s)T(s) + \sum_{i=1}^{n-1} m_i(s)N_i(s) \quad (2)$$

where the functions  $m_i(s)$ ,  $i = 0, 1, 2, \dots, n-1$  are differentiable. We classify this curve with regards to curvature functions and obtain the sufficient and necessary conditions for this curve to become  $T$ -constant,  $N$ -constant and constant-ratio.

### BASIC NOTATION

In  $n$ -dimensional Euclidean space, a unit speed curve  $x: I \rightarrow IE^n$  can be described by the Frenet frame, which is associated with the vectors  $T, N_1, N_2, \dots, N_{n-1}$  and  $n-1$  functions  $\kappa_1, \kappa_2, \dots, \kappa_{n-1}: I \rightarrow IR$ . Thus, for  $n$ -dimensional Euclidean space, Frenet formulas can be given by

$$\begin{bmatrix} T' \\ N_1' \\ N_2' \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ N_{n-2}' \\ N_{n-1}' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \kappa_1 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & 0 & 0 \\ -\kappa_1 & 0 & \kappa_2 & \cdot & \cdot & \cdot & 0 & 0 \\ 0 & -\kappa_2 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & 0 & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \kappa_{n-1} \\ 0 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & -\kappa_{n-1} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T \\ N_1 \\ N_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ N_{n-2} \\ N_{n-1} \end{bmatrix}. \quad (3)$$

If any curve has constant Frenet curvatures, then it is known as  $W$ -curve. A parametrization of a unit speed  $W$ -curve in  $IE^{2r}$  is represented by

$$x(s) = a_0 + \sum_{i=1}^r (a_i \cos \mu_i s + b_i \sin \mu_i s), \quad (4)$$

and a unit speed  $W$ -curve in  $IE^{2r+1}$  is represented by

$$x(s) = a_0 + b_0 s + \sum_{i=1}^r (a_i \cos \mu_i s + b_i \sin \mu_i s), \quad (5)$$

where  $a_0, b_0, a_1, \dots, a_r, b_1, \dots, b_r$  are constant vectors in  $IE^n$  and  $\mu_1 < \mu_2 < \dots < \mu_r$  are real numbers (Gluck, 1966; Gray, 1993; Klein et al., 1871).

### CHARACTERIZATIONS OF CURVES IN $IE^n$

Now, we consider curves given with Equality 2. Differentiating Eq. 2. with regard to arclength parameter, we get

$$x'(s) = m_0'(s)T(s) + m_0(s)T'(s) + \sum_{i=1}^{n-1} (m_i'(s)N_i(s) + m_i(s)N_i'(s)). \quad (6)$$

Then, by the use of Frenet formulas 3., we yield

$$\begin{aligned} T(s) &= m_0'(s)T(s) + m_0(\kappa_1(s)N_1(s)) \\ &+ m_1'(s)N_1(s) + m_1(s)(-\kappa_1(s)T(s) + \kappa_2(s)N_2(s)) + \sum_{i=2}^{n-1} (m_i'(s)N_i(s)) \\ &+ \sum_{i=2}^{n-2} m_i(s)(-\kappa_i(s)N_{i-1}(s) + \kappa_{i+1}(s)N_{i+1}(s)) - \kappa_{n-1}(s)N_{n-2}(s). \end{aligned} \quad (7)$$

Equivalently,



$$\begin{aligned}
T(s) &= (m'_0(s) - \kappa_1(s)m_1(s))T(s) \\
&+ \sum_{i=2}^{n-2} (m'_i(s) + \kappa_i(s)m_{i-1}(s) - \kappa_{i+1}(s)m_{i+1}(s))N_i(s) \\
&+ (m'_{n-1}(s) + \kappa_{n-1}(s)m_{n-2}(s))N_{n-1}(s). \quad (8)
\end{aligned}$$

It follows that,

$$\begin{aligned}
m'_0(s) - \kappa_1(s)m_1(s) &= 1 \\
m'_1(s) + \kappa_1(s)m_0(s) - \kappa_2(s)m_2(s) &= 0, \quad (9) \\
m'_i(s) + \kappa_i(s)m_{i-1}(s) - \kappa_{i+1}(s)m_{i+1}(s) &= 0 \quad \text{with } i \in \{2, 3, \dots, n-2\}, \\
m'_{n-1}(s) + \kappa_{n-1}(s)m_{n-2}(s) &= 0.
\end{aligned}$$

The functions  $m_i(s)$ ,  $1 \leq i \leq n-1$ , can be given with the Frenet curvatures, the curvature function  $m_0(s)$ , and their derivatives. From the Equation system 9.,

$$m_1(s) = \frac{m'_0(s) - 1}{\kappa_1(s)} \quad (10)$$

and

$$m_2(s) = \frac{\kappa_1^2(s)m_0(s)}{\kappa_2(s)(m'_0(s) - 1)} \left( \frac{m'_0(s) - 1}{\kappa_1(s)} \right) + \frac{1}{\kappa_2(s)} \left( \frac{m'_0(s) - 1}{\kappa_1(s)} \right)'. \quad (11)$$

Introducing functions  $m_{1,0}$ ,  $m_{2,0}$ , and  $m_{2,1}$ , we rewrite these equations as

$$m_1(s) = m_{1,0}(s) \frac{m'_0(s) - 1}{\kappa_1(s)}, \quad (12)$$

$$m_2(s) = m_{2,0}(s) \left( \frac{m'_0(s) - 1}{\kappa_1(s)} \right) + m_{2,1}(s) \left( \frac{m'_0(s) - 1}{\kappa_1(s)} \right)'. \quad (13)$$

By induction method for the Equation system 9., we get

$$m_i(s) = \sum_{k=0}^{i-1} m_{i,k}(s) \frac{\partial^k}{\partial s^k} \left( \frac{m'_0(s) - 1}{\kappa_1(s)} \right), \quad (14)$$

for  $i \in \{3, 4, \dots, n-1\}$ . Inductively, we can give the functions  $m_{i,k}$  by the following system

$$\begin{cases} m_{1,0} = 1 \\ m_{2,0} = \frac{\kappa_1^2(s)m_0(s)}{\kappa_2(s)(m'_0(s) - 1)}, \quad m_{2,1} = \frac{1}{\kappa_2(s)} \end{cases} \quad (15)$$

and for  $i \in \{3, 4, \dots, n-1\}$ ,

$$\left\{ \begin{array}{l} m_{i,0}(s) = \frac{m'_{i-1,0}(s) + \kappa_{i-1}(s)m_{i-2,0}(s)}{\kappa_i(s)} \\ m_{i,k}(s) = \frac{m'_{i-1,k}(s) + m_{i-1,k-1}(s) + \kappa_{i-1}(s)m_{i-2,k}(s)}{\kappa_i(s)}, \quad \text{for } k \in \{1,2,\dots,i-3\} \\ m_{i,i-2}(s) = \frac{m'_{i-1,i-2}(s) + m_{i-1,i-3}(s)}{\kappa_i(s)}, \\ m_{i,i-1}(s) = \frac{m_{i-1,i-2}(s)}{\kappa_i(s)}. \end{array} \right. \quad (16)$$

**Theorem 1:** Let a unit speed curve  $x : I \subset \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{E}^n$  has nonzero curvatures. Thus, we have

$$\kappa_{n-1}(s) \sum_{k=0}^{n-3} m_{n-2,k}(s) \frac{\partial^k}{\partial s^k} \left( \frac{m'_0(s)-1}{\kappa_1(s)} \right) + \left( \sum_{k=0}^{n-2} m_{n-1,k}(s) \frac{\partial^k}{\partial s^k} \left( \frac{m'_0(s)-1}{\kappa_1(s)} \right) \right)' = 0, \quad (17)$$

where  $m_{i,k}$  are inductively defined by the Systems 15. and 16.

**Theorem 2:** Let a unit speed curve  $x : I \subset \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{E}^n$  has the parametrization 2.

(i) If the curve is unit speed  $W$  – curve in  $\mathbb{E}^n$  ( $n=2r$ ), then it satisfies the vectorial equation

$$m_0^{(n)} + \sum_{k=1}^{\frac{n}{2}} a_k m_0^{(n-2k)} = 0. \quad (18)$$

(ii) If the curve is unit speed  $W$  – curve in  $\mathbb{E}^n$  ( $n=2r+1$ ), then it satisfies the vectorial equation

$$m_0^{(n)} + \sum_{k=1}^{\frac{n-1}{2}} a_k m_0^{(n-2k)} - a_{\frac{n+1}{2}} = 0, \quad (19)$$

where

$$a_1 = \sum_{i=1}^{n-1} \kappa_i^2,$$

$$a_2 = \sum_{i=3}^{n-1} \kappa_i^2 \left( \sum_{j=1}^{i-2} \kappa_j^2 \right),$$

$$a_3 = \sum_{i=5}^{n-1} \kappa_i^2 \left( \sum_{j=3}^{i-2} \kappa_j^2 \left( \sum_{t=1}^{j-2} \kappa_t^2 \right) \right),$$

$$a_k = \sum_{i=2k-1}^{n-1} \kappa_i^2 \left( \sum_{j=2k-3}^{i-2} \kappa_j^2 \left( \sum_{t=2k-5}^{j-2} \kappa_t^2 (\dots) \right) \right), \quad (20)$$

$$a_{\frac{n-1}{2}} = \prod_{i=1}^{\frac{n-1}{2}} \kappa_{2i-1}^2,$$

$$a_{\frac{n}{2}} = \prod_{i=1}^{\frac{n}{2}} \kappa_{2i-1}^2,$$

$$a_{\frac{n+1}{2}} = \prod_{i=1}^{\frac{n+1}{2}} \kappa_{2i}^2,$$

**Proof.** Let a unit speed curve  $x: I \subset \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{E}^n$  has the parametrization 2. By the use of the first equation in Eq. 9., we write

$$m_1(s) = \frac{m_0'(s) - 1}{\kappa_1(s)}. \quad (21)$$

Since all curvatures are real constants, we get

$$m_1' = \frac{m_0''}{\kappa_1}. \quad (22)$$

Putting this value into the second equation in Eq. 9., we write

$$m_2' = \frac{m_0'''}{\kappa_1 \kappa_2} + \frac{\kappa_1}{\kappa_2} m_0. \quad (23)$$

In this way, by induction, for odd  $\alpha$  and for even  $\beta$ , we obtain

$$m_\alpha = \frac{m_0^{(\alpha)}}{\prod_{i=1}^{\alpha} \kappa_i} + \frac{\sum_{i=1}^{\alpha-1} \kappa_i^2}{\prod_{i=1}^{\alpha} \kappa_i} m_0^{(\alpha-2)} + \frac{\sum_{i=3}^{\alpha-1} \kappa_i^2 \left( \sum_{j=1}^{i-2} \kappa_j^2 \right)}{\prod_{i=1}^{\alpha} \kappa_i} m_0^{(\alpha-4)} + \dots - \frac{\prod_{i=1}^{\frac{\alpha-1}{2}} (\kappa_{2i})^2}{\prod_{i=1}^{\alpha} \kappa_i} \quad (24)$$

and

$$m_\beta = \frac{m_0^{(\beta)}}{\prod_{i=1}^{\beta} \kappa_i} + \frac{\sum_{i=1}^{\beta-1} \kappa_i^2}{\prod_{i=1}^{\beta} \kappa_i} m_0^{(\beta-2)} + \frac{\sum_{i=3}^{\beta-1} \kappa_i^2 \left( \sum_{j=1}^{i-2} \kappa_j^2 \right)}{\prod_{i=1}^{\beta} \kappa_i} m_0^{(\beta-4)} + \dots + \frac{\prod_{i=1}^{\frac{\beta}{2}} (\kappa_{2i-1})^2}{\prod_{i=1}^{\beta} \kappa_i} m_0. \quad (25)$$

We substitute these results into the last equation of the System 9., so obtain the differential equations 18. and 19., which completes the proof of the theorem.

Using Theorem 2, we can get all curvature functions. Hence, we have the following result:

**Corollary 1:** Let a unit speed curve  $x: I \subset \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{E}^n$  has the parametrization 2.

(i) If the curve is unit speed  $W$ -curve in  $\mathbb{E}^n$  ( $n=2r$ ), then the curvature functions of the curve are

$$\begin{aligned}
m_0(s) &= \sum_{i=1}^{\frac{n}{2}} c_i e^{-\lambda_i s} + \sum_{i=1}^{\frac{n}{2}} d_i e^{\lambda_i s}, \\
m_1(s) &= \frac{1}{\kappa_1} \left( \sum_{i=1}^{\frac{n}{2}} -c_i \lambda_i e^{-\lambda_i s} + \sum_{i=1}^{\frac{n}{2}} d_i \lambda_i e^{\lambda_i s} - 1 \right), \\
m_j(s) &= \sum_{i=1}^{\frac{n}{2}} c_{ij} e^{-\lambda_i s} + \sum_{i=1}^{\frac{n}{2}} d_{ij} e^{\lambda_i s}, \quad j = 2, 4, \dots, n-2 \quad (26) \\
m_k(s) &= \sum_{i=1}^{\frac{n}{2}} c_{ik} e^{-\lambda_i s} + \sum_{i=1}^{\frac{n}{2}} d_{ik} e^{\lambda_i s} + a_k, \quad k = 3, 5, \dots, n-1,
\end{aligned}$$

(ii) If the curve is unit speed  $W$ -curve in  $IE^n$  ( $n=2r+1$ ), then the curvature functions of the curve are

$$\begin{aligned}
m_0(s) &= \sum_{i=1}^{\frac{n-1}{2}} c_i e^{-\lambda_i s} + \sum_{i=1}^{\frac{n-1}{2}} d_i e^{\lambda_i s} + as + b, \\
m_1(s) &= \frac{1}{\kappa_1} \left( \sum_{i=1}^{\frac{n-1}{2}} -c_i \lambda_i e^{-\lambda_i s} + \sum_{i=1}^{\frac{n-1}{2}} d_i \lambda_i e^{\lambda_i s} + a - 1 \right), \\
m_j(s) &= \sum_{i=1}^{\frac{n-1}{2}} c_{ij} e^{-\lambda_i s} + \sum_{i=1}^{\frac{n-1}{2}} d_{ij} e^{\lambda_i s} + a_j s + b_j, \quad j = 2, 4, \dots, n-1 \quad (27) \\
m_k(s) &= \sum_{i=1}^{\frac{n-1}{2}} c_{ik} e^{-\lambda_i s} + \sum_{i=1}^{\frac{n-1}{2}} d_{ik} e^{\lambda_i s} + a_k, \quad k = 3, 5, \dots, n-1,
\end{aligned}$$

where  $a, a_j, a_k, b, b_j, c_i, c_{ij}, c_{ik}, d_i, d_{ij}, d_{ik}$  and  $\lambda_i$  are real constants.

### Curves of Constant-ratio

**Definition 1:** Let any curve  $x: I \subset \mathbb{R} \rightarrow IE^n$  be unit speed in  $IE^n$ . The sum of the tangential and normal part of the curve gives its position vector as:

$$x = x^T + x^N. \quad (28)$$

In case of  $\|x^T\|: \|x^N\|$  or  $\|x^T\|: \|x\|$  is constant on all points of the curve, then  $x$  is called as a constant ratio curve (Chen, 2001).

Let  $\rho = \|x(s)\|$  is the distance function and  $T$  is the tangent vector field, then the gradient is defined as

$$\text{grad} \rho = \frac{d\rho}{ds} T(s) = \frac{\langle x(s), T(s) \rangle}{\|x(s)\|} T(s). \quad (29)$$

**Theorem 3:** (Chen, 2003) Let any curve  $x: I \subset \mathbb{R} \rightarrow IE^n$  be unit speed in  $IE^n$ . Then  $\|\text{grad} \rho\|$  is constant if and only if there exist three possible cases:

(i) The curve is in the sphere of  $IE^n$  where the center is the origin.

(ii) The curve is a line which passes the origin

(iii) The curve is given by  $x(s) = cs\alpha(s)$ ,  $c \in (0,1)$ . Here,  $\alpha = \alpha(t)$ ,  $t = \frac{\sqrt{1-c^2}}{c} \ln s$  is a unit speed curve and it lies on a sphere whose center is origin.

**Corollary 2:** (Chen, 2003) Let any curve  $x : I \subset \mathbb{R} \rightarrow IE^n$  be unit speed in  $IE^n$ . Then

(i)  $\|\text{grad}\rho\| = 0$  if and only if the curve is in a sphere of  $IE^n$  whose center is the origin.

(ii)  $\|\text{grad}\rho\| = 1$  if and only if the curve is a line which passes the origin.

(iii)  $\|\text{grad}\rho\| = c$  if and only if, for  $c \in (0,1)$ ,  $cs = \|x(s)\| = \rho$ .

(iv) In case of  $\|\text{grad}\rho\| = c$ ,  $c \in (0,1)$  and two-dimensional Euclidean space, the curvature is given by

$$\kappa^2 = \frac{1-c^2}{c^2(s^2+a)} \quad (30)$$

where  $a$  is a real constant.

The following result characterizes constant ratio curves in  $IE^n$ .

**Proposition 1:** Let any curve  $x : I \subset \mathbb{R} \rightarrow IE^n$  be unit speed in  $IE^n$ . In case of  $x$  is a constant ratio, then it has the parametrization

$$\begin{aligned} x(s) = & (c^2s + bc)T(s) + (1-c^2)\left(\frac{-1}{\kappa_1(s)}\right)N_1(s) \\ & + \left(\frac{-\kappa_1^2(s)(c^2s + bc)}{\kappa_2(s)}\left(\frac{-1}{\kappa_1(s)}\right) + \frac{1-c^2}{\kappa_2(s)}\left(\frac{-1}{\kappa_1(s)}\right)'\right)N_2(s) \quad (31) \\ & + \sum_{i=3}^{n-1} \left(\sum_{k=0}^{i-1} m_{i,k}(s) \frac{\partial^k}{\partial s^k} \left(\frac{-1}{\kappa_1(s)}\right)\right)N_i(s). \end{aligned}$$

Here,  $m_{i,k}$  are inductively defined by the system 16. where  $m_{1,0}(s) = 1 - c^2$ ,

$$m_{2,0}(s) = \frac{-\kappa_1^2(s)(c^2s + bc)}{\kappa_2(s)}, \text{ and } m_{2,1}(s) = \frac{1-c^2}{\kappa_2(s)}.$$

**Proof.** Let any curve  $x : I \subset \mathbb{R} \rightarrow IE^n$  be unit speed and constant ratio in  $IE^n$ . Then  $\rho = \|x(s)\| = cs$ .

By the use of Equation 29., we obtain

$$\|\text{grad}\rho\| = \frac{\langle x(s), x'(s) \rangle}{\|x(s)\|} = c. \quad (32)$$



So, from the Equation 2. and 32., we yield  $m_0 = c^2 s + cb$ . Then, if we substitute it into Eq. 9, we have

$$m_1(s) = (1 - c^2) \left( \frac{-1}{\kappa_1(s)} \right), \quad (33)$$

$$m_2(s) = \frac{-\kappa_1^2(s)(c^2 s + cb)}{\kappa_2(s)} \left( \frac{-1}{\kappa_1(s)} \right) + \frac{1 - c^2}{\kappa_2(s)} \left( \frac{-1}{\kappa_1(s)} \right)'$$

By using the functions  $m_{1,0}$ ,  $m_{2,0}$ , and  $m_{2,1}$ , we rewrite these equations as

$$m_1(s) = m_{1,0} \left( \frac{-1}{\kappa_1(s)} \right) \quad \text{and} \quad m_2(s) = m_{2,0} \left( \frac{-1}{\kappa_1(s)} \right) + m_{2,1} \left( \frac{-1}{\kappa_1(s)} \right)'. \quad (34)$$

By induction method for equation system,

$$m_i(s) = \sum_{k=0}^{i-1} m_{i,k}(s) \frac{\partial^k}{\partial s^k} \left( \frac{-1}{\kappa_1(s)} \right) \quad (35)$$

for  $i \in \{3, 4, \dots, n-1\}$ . Here

$$\begin{cases} m_{1,0} = 1 - c^2 \\ m_{2,0} = \frac{-\kappa_1^2(s)(c^2 s + cb)}{\kappa_2(s)}, \quad m_{2,1} = \frac{1 - c^2}{\kappa_2(s)} \end{cases} \quad (36)$$

and for  $i \in \{3, 4, \dots, n-1\}$ ,  $m_{i,k}$  satisfy the Equation system 16. As a result of these, substituting the values into Eq 2., we get the result.

### T – Constant Curves

**Definition 2:** Let any curve  $x : I \subset \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{E}^n$  be unit speed in  $\mathbb{E}^n$ . In case of  $\|x^T\|$  is constant or zero on all points of the curve, then  $x$  is called as a  $T$  – constant curve (Gürpınar et al., 2015). Besides that, if  $\|x^T\| = 0$ , then  $x$  is called  $T$  – constant curve of the first kind, if not second kind.

As a result of Eq. 9., we have the following theorem.

**Theorem 4:** Let any curve  $x : I \subset \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{E}^n$  be unit speed in  $\mathbb{E}^n$  with the parametrization 2. In case of  $x$  is a  $T$  – constant curve of the first kind, then it has the position vector as

$$x(s) = \left( \frac{-1}{\kappa_1(s)} \right) N_1(s) + \frac{1}{\kappa_2(s)} \left( \frac{-1}{\kappa_1(s)} \right)' N_2(s) + \sum_{i=3}^{n-1} \left( \sum_{k=0}^{i-1} m_{i,k}(s) \frac{\partial^k}{\partial s^k} \left( \frac{-1}{\kappa_1(s)} \right) \right) N_i(s). \quad (37)$$

Here,  $m_{i,k}$  are inductively defined by the system 16. where  $m_{1,0}(s) = 1$ ,  $m_{2,0}(s) = 0$ , and

$$m_{2,1}(s) = \frac{1}{\kappa_2(s)}.$$

**Proof.** Let any curve  $x: I \subset \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{E}^n$  be  $T$ -constant first kind in  $\mathbb{E}^n$ . Then, from the Frenet equations 9., we obtain  $m_1(s) = \frac{-1}{\kappa_1(s)}$  and  $m_2(s) = \frac{1}{\kappa_2(s)} \left( \frac{-1}{\kappa_1(s)} \right)'$ . By using the functions  $m_{1,0}$ ,  $m_{2,0}$ , and  $m_{2,1}$ , we rewrite these equations as

$$m_1(s) = m_{1,0} \left( \frac{-1}{\kappa_1(s)} \right) \quad \text{and} \quad m_2(s) = m_{2,0} \left( \frac{-1}{\kappa_1(s)} \right) + m_{2,1} \left( \frac{-1}{\kappa_1(s)} \right)'. \quad (38)$$

By induction method for equation system,

$$m_i(s) = \sum_{k=0}^{i-1} m_{i,k}(s) \frac{\partial^k}{\partial s^k} \left( \frac{-1}{\kappa_1(s)} \right) \quad (39)$$

for  $i \in \{3, 4, \dots, n-1\}$ . Here

$$\begin{cases} m_{1,0} = 1 - c^2 \\ m_{2,0} = \frac{-\kappa_1^2(s)(c^2s + cb)}{\kappa_2(s)}, \quad m_{2,1} = \frac{1 - c^2}{\kappa_2(s)} \end{cases} \quad (40)$$

and for  $i \in \{3, 4, \dots, n-1\}$ ,  $m_{i,k}$  satisfy the equation system 16. As a result of these, substituting the values into Eq. 2., we get the result.

**Theorem 5:** Let any curve  $x: I \subset \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{E}^n$  be unit speed in  $\mathbb{E}^n$ . In case of  $x$  is  $T$ -constant curve of second kind, then it has the position vector as

$$x(s) = cT(s) + \left( \frac{-1}{\kappa_1(s)} \right) N_1(s) + \left( \frac{-\kappa_1^2(s)c}{\kappa_2(s)} \left( \frac{-1}{\kappa_1(s)} \right) + \frac{1}{\kappa_2(s)} \left( \frac{-1}{\kappa_1(s)} \right)' \right) N_2(s) + \sum_{i=3}^{n-1} \left( \sum_{k=0}^{i-1} m_{i,k}(s) \frac{\partial^k}{\partial s^k} \left( \frac{-1}{\kappa_1(s)} \right) \right) N_i(s).$$

where  $c$  is a constant function.

**Proof.** Assume that  $x$  is  $T$ -constant curve of the second kind ( $m_0 = c$ ). Then, from by using Eq. 9.,

we obtain  $m_1(s) = \frac{-1}{\kappa_1(s)}$  and  $m_2(s) = \frac{-\kappa_1^2(s)c}{\kappa_2(s)} \left( \frac{-1}{\kappa_1(s)} \right) + \frac{1}{\kappa_2(s)} \left( \frac{-1}{\kappa_1(s)} \right)'$ . By using the functions  $m_{1,0}$ ,  $m_{2,0}$ , and  $m_{2,1}$ , we rewrite these equations as

$$m_1(s) = m_{1,0} \left( \frac{-1}{\kappa_1(s)} \right) \quad \text{and} \quad m_2(s) = m_{2,0} \left( \frac{-1}{\kappa_1(s)} \right) + m_{2,1} \left( \frac{-1}{\kappa_1(s)} \right)'. \quad (41)$$

By induction method for equation system,

$$m_i(s) = \sum_{k=0}^{i-1} m_{i,k}(s) \frac{\partial^k}{\partial s^k} \left( \frac{-1}{\kappa_1(s)} \right) \quad (42)$$

for  $i \in \{3, 4, \dots, n-1\}$ . Here

$$\begin{cases} m_{1,0} = 1 \\ m_{2,0} = \frac{-\kappa_1^2(s)c}{\kappa_2(s)}, \quad m_{2,1} = \frac{1}{\kappa_2(s)} \end{cases} \quad (43)$$

and for  $i \in \{3, 4, \dots, n-1\}$ ,  $m_{i,k}$  satisfy the equation system 16. As a result of these, substituting the values into Eq. 2., we get the result.

### N – Constant Curves

**Definition 3:** Let any curve  $x : I \subset \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{E}^n$  be unit speed in  $\mathbb{E}^n$ . In case of  $\|x^N\|$  is constant or zero on all points of the curve, then  $x$  is called as  $N$  – constant curve (Chen, 2002). In addition that, if  $\|x^N\| = 0$ , then  $x$  is called a  $N$  – constant curve of the first kind, if not second kind (Gürpınar et al., 2015).

Thus, for the curve of  $N$  – constant

$$\|x^N(s)\|^2 = \sum_{i=1}^{n-1} m_i^2(s) \quad (44)$$

becomes a constant function.

As a result of Eq. 2., 9. and 44., we have the following:

**Lemma 1:** Let any curve  $x : I \subset \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{E}^n$  be unit speed in  $\mathbb{E}^n$ . The necessary and sufficient condition for  $x$  to become  $N$  – constant is

$$\begin{aligned} m'_0(s) &= 1 + \kappa_1(s)m_1(s) \\ m'_1(s) &= \kappa_2(s)m_2(s) - \kappa_1(s)m_0(s), \\ m'_i(s) &= \kappa_{i+1}(s)m_{i+1}(s) - \kappa_i(s)m_{i-1}(s) \quad \text{with } i \in \{2, 3, \dots, n-2\} \\ m'_{n-1}(s) &= -\kappa_{n-1}(s)m_{n-2}(s) \\ 0 &= \sum_{i=1}^{n-1} m_i^2(s) \end{aligned} \quad (45)$$

hold, where  $m_i(s)$ ,  $1 \leq i \leq n-1$  are differentiable functions.

**Theorem 6:** Let any curve  $x : I \subset \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{E}^n$  be unit speed in  $\mathbb{E}^n$ . The necessary and sufficient condition for the curve to become  $N$  – constant first kind is that  $x$  is congruent to a line which passes the origin.

**Proof.** Assume that  $x$  is  $N$  – constant in  $\mathbb{E}^n$ , then the equation system 45. holds. Further,  $x$  is a  $N$  – constant curve of the first kind then from Eq. 45.,  $m_i = 0$  for  $i \in \{1, 2, \dots, n-1\}$ . Namely, the parametrization is  $x(s) = (s+b)T(s)$ . Consequently,  $x$  is congruent to a line.

**Theorem 7:** Let a unit speed curve  $x : I \subset \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{E}^n$  has nonzero curvatures in  $\mathbb{E}^n$ . In case of  $x$  is a  $N$  – constant curve of the second kind, then the following cases are validated:

- (i)  $x$  is  $T$  – constant curve of first kind,  
 (ii)  $x$  is congruent to a rectifying curve in  $IE^n$ .

**Proof.** Let  $x$  is a  $N$  – constant curve of the second kind, then the equation system 45. holds. By multiplying every  $k$  – th equations by  $-m_{k-1}$  ( $1 \leq k \leq n$ ) in Eq. 45., and combining them with the last equation in Eq. 45., we get  $\kappa_1(s)m_1(s)m_0(s) = 0$ .

Since all curvatures are nonzero, there are two possible cases;  $m_0 = 0$ ,  $m_1 = 0$ . If  $m_0 = 0$ , then  $x$  is of a  $T$  – constant first kind. Finally, if  $m_1 = 0$ , then  $x$  is congruent to a rectifying curve in  $IE^n$ .

## CONCLUSION

$T$  – constant,  $N$  – constant and constant ratio curves are first defined by B.Y. Chen. In this study, with regards to these definitions, we focus on these types of curves with Frenet frame in  $n$  – dimensional Euclidean space and we present some results about  $T$  – constant,  $N$  – constant and constant ratio curves.

## REFERENCES

- Büyükkütük S, Öztürk G, 2015. Constant ratio curves according to Bishop frame in Euclidean 3 – space  $IE^3$ . General Mathematics Notes, 28: 81-91.
- Büyükkütük S, Kişi İ, Öztürk G, 2017. A characterization of curves according to paralel transport frame in Euclidean  $n$  – space  $IE^n$ . New Trends in Mathematical Sciences, 5: 61-68.
- Büyükkütük S, Kişi İ, Mishra V. N, Öztürk G. 2016. Some characterizations of curves in Galilean 3 – space  $G_3$ . Facta Universitatis-Series Mathematics and Informatics, 31: 503-512..
- Chen BY, 2001. Constant ratio Hypersurfaces. Soochow Journal of Mathematics, 28: 353-362.
- Chen BY, 2003. When does the position vector of a space curve always lies in its rectifying plane? The American Mathematical Monthly, 110: 147-152.
- Chen BY, 2002. Geometry of warped products as Riemannian submanifolds and related problems. Soochow Journal of Mathematics, 28: 125-156.
- Chen BY, 2003. More on convolution of Riemannian manifolds. Beitrage Zur Algebra Und Geometrie, 44: 9-27.
- Chen BY, Dillen F, 2005. Rectifying curves as centrodes and extremal curves. Bulletin of the InsituteMathematics. Acedemia Sinica, 33: 77–90.
- Cambie S, Geomans W, Bussche IVD, 2016. Rectifying curves in the  $n$  – dimensional Euclidean space. Turkish Journal of Mathematics, 40: 210-223.
- Gluck H, 1966. Higher curvatures of curves in Euclidean space. The American Mathematical Monthly, 73: 699–704.
- Gray A, 1993. Modern differential geometry of curves and surfaces. CRS Press, Inc.
- Gürpınar S, Arslan K, Öztürk G, 2015. A characterization of constant ratio curves in Euclidean 3 – space  $IE^3$ . Acta Universtatis Apulensis, 44: 39-51.
- İlarslan K, Nesovic E, 2008. Some characterizations of rectifying curves in the Euclidean space  $IE^4$ . Turkish Journal of Mathematics, 32: 21-30.

- Kişi İ, Öztürk G, 2015. Constant ratio curves according to Bishop frame in Minkowski 3 – space  $IE_1^3$ . Facta Universtatis, Series: Mathematics and Informatics, 30: 527-538.
- Kişi İ, Büyükkütük S, Öztürk G, 2018. Constant ratio timelike curves in pseudo-Galilean 3 – space  $G_3^1$ . Creat. Math. Inform., 27: 57-62.
- Kişi İ, Büyükkütük S, Öztürk G, Zor A, 2017. A new characterization of curves on dual unit sphere. Journal of Abstract and Computational Mathematics, 2: 71-76.
- Klein F, Lie S, 1871. Über diejenigen ebenenen kurven welche durch ein geschlossenes system von einfach unendlich vielen vertauschbaren Transformationen in sich übergeben. Mathematische Annalen, 4: 50–84.
- Öztürk G, Arslan K, Kişi İ, 2018. Constant ratio curves in Minkowski 3 – space  $IE_1^3$ . Matematicki Bilten, 42: 49-60.
- Öztürk G, Büyükkütük S, Kişi İ, 2017. A characterization of curves in Galilean 4 – space  $G_4$ . Bulletin of the Irannian Mathematical Society, 43: 771-780.
- Öztürk G, Kişi İ, Büyükkütük S, 2017. Constant ratio quaternionic curves in Euclidean spaces. Applied Clifford Algebras, 27: 1659-1673.



## Urban Resilience Assessment of Trabzon

Doğan DURSUN<sup>1\*</sup>, Defne DURSUN<sup>1</sup>, Ahmet Burak KAYA<sup>1</sup>

**ABSTRACT:** Negative environmental developments in the modern urban world such as pollution, disasters, scarcity of sources and climate change necessitates regulations and introduce the urgent need for new urban planning approaches. The concept of “resilience” becomes a contemporary issue in this process and it takes the discussions on sustainability, management of risks and governance a step further. Resilience is mainly 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, risks, disasters and emergencies which may arise. The main aim of this study is to evaluate existing urbanization practices of Trabzon in terms of the concept of resilience. In the first stage, the resilience concept and its new initiatives in the planning area are discussed. Then, framework for the analysis of Trabzon is presented. Later, Criteria and measurement methods were analyzed within the framework of twelve different studies. In the scope of these studies, social, economic, physical-ecological, administrative and political resilience perspectives were defined. In this direction, 49 indicators were prepared in accordance with the national database and new method was searched for the evaluation of the Turkish case within the resilience perspective. The findings showed that Trabzon is a non-resilient city and creating risks in terms of the topics studied. A planning approach should be developed from the perspective of resilience for the city. Otherwise, it is obvious that the city will be faced with big risks in the future in terms of livability.

**Keywords:** Resilient city, adaptation, planning, Trabzon

<sup>1</sup>Doğan DURSUN (**Orcid ID:** 0000-0003-3791-0027), Defne DURSUN (**Orcid ID:** 0000-0003-4560-744X), Ahmet Burak KAYA (**Orcid ID:** 0000-0002-1530-9671), Atatürk Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Erzurum, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Doğan DURSUN, e-mail: dogan08@gmail.com

Makale 30Ağustos-1 Eylül 2019 tarihlerinde Chiba Üniversitesi’nde (Japonya) düzenlenen “International Conference on Spatial Planning and Sustainable Development” sözlü olarak sunulmuştur.

**Geliş tarihi / Received: 06-12-2019**

**Kabul tarihi / Accepted: 25-01-2020**

## INTRODUCTION

The importance of the concept of resilience is increasing as it refers to sustainable urban development and ways how to deal with the factors threatening urban life. Actually, resilience concept, which is predicated on increasing the capacities to struggle and survive at sudden shocks and stress conditions, also involves diminishing the vulnerabilities. While this concept is generally used in ecology field, nowadays it is started to be used within economic and social fields, too.

There are threats and risks for cities to preserve and develop their existing economic, social and ecological positions. Cities should be dynamic and creative as they may face a new development in this global competitive economy, any time. They should also develop environmental decisions, which provide the development of spatial improvements sensitive to ecological changes such as global warming. Thus, cities should develop strategies to increase their resilience capacities in such an environment where the attitude of social structures; that is both innovator and open to diversities; determines other resilience capacities of them.

The aim of this study is to discuss the resilience concept and make some urban analysis for the city of Trabzon through this perspective. Thus, first of all, the concept of resilience was explained and its scope was specified. Then, the indicators for analysis regarding economic, social, physical, ecological, administrative and political resilience were determined. At the third stage, all these variables were tested through Trabzon case and it is compared and evaluated with OECD countries over 100 points. The last section of the paper includes the determination of the ecologic, spatial, economic, social, administrative and political resilience levels of Trabzon within the scope of these variables. Thus, the main problem areas of Trabzon to increase the resilience of it were identified.

### The Concept of Resilience and Planning

The main feature of a resilient system is its capacity to deal with change and degeneration (Walker and Salt, 2006; Eraydın, 2010). Providing the preservation and continuity of a system as it is with its basic functions and structures is important with regards to resilience. In fact, resilience is the *defense capacity* that can be described as being prepared to future shocks (Adger, 2000; Eraydın, 2010). It is a concept contrary to fragility; because if a system loses its economic, ecologic and social resilience, it becomes vulnerable to changes, risks and shocks. Resilience as *foreseeing capacity* comprises the process of planning and minimizing the effects of crisis through system changes by predicting them beforehand (Aguirre, 2006). Thus, this concept does not only involve answering and adaptation but also involves preventive arrangements (Baud and Hordijk, 2009). In this context, resilience concept becomes an approach that can be involved in urban planning, design and participation processes. Thus, resilience concept, its approach and policies change direction from controlling the changes in order to provide the system to maintain its condition, to multiple meanings such as struggling, adaptation, managing the change, creating new opportunities and innovation. (Eraydın, 2010). Resilience perspective provides an important framework to provide the sustainability of development, for the conditions that it is possible to encounter some negative surprises and when the future cannot be estimated. All these approaches come forward as the facilitator elements for the use of resilience concept in urban planning field.

Both urban planning and urban resilience approaches accept cities as complicated social and ecologic systems that are also adaptive. Determination of the fragility and adaptation capacities of cities comprises the first step for the resilience based urban planning works. Thus, putting forward the indicators and techniques of detecting the existing situation; determining the principles and opportunities has been the key actions for *resilience planning*.

The guide made for understanding the resilience of urban systems (Urban Resilience Research Prospectus, 2007) states that understanding the quality of life, governance networks, learning capability of societies, social dynamics, flows between urban activities, economic activities, built structure and the relations with it has an important role in this process. Thus, resilience concept is no more limited with ecology; from which it shaped, but involves social and economic resilience concepts, too. The works emphasizing the versatile structure of resilience (Berkes and Folke, 1998; Adger, 2000; Folke and Carpenter, 2000; Abel et.al, 2006; Eraydın, 2010) also states that all three fields are interconnected with each other. That is, to increase the resilience capacity of an urban system and a region, an analysis made with ecologic, economic and social indicators and a plan developed by means of the findings of this analysis is needed.

The fluctuations in the world caused by intensive globalization reveal that any time there can be a new development, a threat, a disaster or a shock. Resilient city and resilient planning approach provides a framework for the existing systems not to collapse but to sustain with more power.

### **Economic Resilience**

Economic resilience is one of the concepts become prominent as the production and consumption chains get more complicated owing to the increasing global network relations. Cities are the nodes for the flows of goods, capital, ideologies, technology and people. The world economy had been reorganized according to these flows and the cities that control them and still open to perpetual change; which makes it harder to sustain the economic success. Thus, cities and regions should develop their capacities in order to adapt the changing conditions, to be sensitive to the changing flows, rivalry conditions, crisis and alterations of global economy.

There are three different types of results of these economic crisis and shocks for cities and regions (Eraydın et.al., 2011). Some of the cities; which called to be *economically resilient cities*; can go back to their previous development levels and even sometimes pass it being more successful. Some other cities are not affected by crisis or any shocks and continue to sustain their existing development levels. These cities are called to be *resilient cities*. However, third type of cities/regions, the ones that are not resilient; cannot compete with those crises and cannot catch up their previous development levels (Hill et.al., 2008).

To analyze the economic resilience of cities/regions, it is enough to look at the economic performances of them before and after the crisis. Indicators such as increase in capital and population, employment and quality of life are also used to measure the economic resilience. However, to talk about the resilience of a city, we should talk about its economic success.

### **Social Resilience**

The social structure of a city or a region is the determinant of its adaptation capacity against new situations. The character of the people is the distinctive property of them providing them to survive after crisis, shocks or threats. Maguire and Hagan (2007) define social resilience concept as the capability of societies to overcome negative situations and transform them to positive. According to them social resilience concept has three components; i.e. resistance, recovery/overcoming, and creativity. The societies with these properties are accepted to have very high degree of resilience. 'Resistance' is about surviving of the societies from the disasters, acute shocks and their unfavorable results; while 'recovery' indicates the capability of the society to heal and turn back to the previous conditions. 'Creativity' states the capacity of the society to learn from unfavorable situations, to adapt these conditions and grow to a better position from its previous one. These arguments put forward that these three components of social

resilience also determine economic resilience, as being resilient due to the structure of the society reveals betterment in the economy of the city/region.

The question is how to evaluate the social resilience of a city or a region; as the social structure has so many variables that cannot be measured quantitatively. It is decided upon that, the demographic properties and the changes in demographic structure of a settlement are the ones to start with. Thus, education level, age and gender structure, age dependency ratios, flow to and from the city, and some variables related to quality of life are the foremost indicators of social resilience. High levels of education, high ratios of young population, increased labor force participation of women, and higher levels of education of the ones migrated to the city indicate higher levels of social resilience for the case city/region. However, as the start to loose regarding these variables, it became more vulnerable to any threats and shocks.

### **Ecological-Physical Resilience**

*Ecological resilience* concept is related with ecosystems and needed to provide their continuity. Ecosystem itself is used as a potential in future scenarios. However, its damages negatively affect existing living conditions. Both natural developments such as disasters and other developments reasoned by human beings damages the ecosystem and thus the ecological resilience. The adaptation capacity of a city or a region to changing conditions is also affected by the damages made to ecosystems. The natural values that are lost and the urban ecosystems that were incorrectly built downscale the resilience of the related city/region against disasters and other changes increasing their fragility.

First two of the indicators used to determine the ecological resilience is urban sprawl and unplanned developments (Eraydın et.al., 2011). These two developments which decreases both ecological and spatial resilience, also minimizes the adaptation capacities. Except from consuming the natural resources, wrong land use decisions also trigger some negativities. Unplanned development process through the formation of urban macroform increases the problems and diminishes the resilience. Moreover, adaptation capacity of cities also diminishes as the urban sprawl process ends up with the consumption of agricultural areas. Travels increase in both number and time, traffic problems arise and energy waste rises. Inadequacy of public transportation systems encourages the usage of personal vehicles, and then the increasing traffic and pollution caused negatively effects ecological resilience.

The effects of urban development models to ecosystems are highly discussed in the literature. Sprawled and compact urban models have different affects to the environment. However, compact urban models are preferred from the ecological resilience perspective.

### **Administrative-Politic Resilience**

Within the globalized capitalist system, management organization is one of the prominent concepts. In this new global system where cities are the focal points, there is an importance of the capital, commodity and production of technology, as well as the increasing importance of administrative organizations in urban area.

Resilience management has started to be discussed in the literature as an important branch of the resilience concept in recent years. Administrative resilience aims to provide administrative flexibility as a part of daily work with the intention of helping cities in a time of any possible crisis. Administrative Resilience; clarify the inter-agency tasks by defining how different activities will be carried on. Also, it helps the creation of institutional rules.

There are some indicators used for determining the administrative-political resilience. One of them is about the existence of the emergency action plans of administrative organizations. Absence of the

emergency action plan is accepted as a factor decreasing the adaptive capacity of both ecological and physical resilience (McManus et al., 2007). Another indicator is administrative instability (Sharifi and Yamagata, 2016). The existence of administrative stability increases the speed of intervention by strengthening the link between various elements of the system.

## MATERIALS AND METHOD

This research was carried out for Trabzon with the aim of analyzing resiliency by using the international criteria and calculate the resistance level of the city quantitatively. The 12 different studies were analyzed and 49 indicators were prepared in accordance with the national database within the framework of social, economic, physical, administrative-political and ecological resilience (Table 1). In this context, new evaluation method and scoring system are developed with the qualitative and quantitative indicators and the level of resilience for Trabzon is calculated. Quantitative indicators were compared with OECD countries and 2.04 points was calculated for the indicators having values higher than OECD average. 2.04 as the value of indicators is calculated by dividing 100 points to 49 indicators. If the value is less than OECD average, it was calculated as 0 points. In terms of qualitative indicators, if the answer is “Yes”, the indicator gets 2.04 points. If it is “No”, indicator get 0 points. Qualitative indicators were not used for physical and ecological resilience evaluation.

**Table 1.** List of studies used for the determination of resilience indicators

Year	Title	References
2013	Determination of Vulnerability of Cities to Climate Change: The Case of Ankara	Çobanyılmaz, Duman
2014	City resilience index: City resilience framework.	TRF
2016	Urban Resilience Assessment: Multiple Dimensions, Criteria, and Indicators	Sharifi , Yamagata
2009	Disaster Response: Research Findings and Their Implications for Resilience Measures	Tierney
2008	Institute of Urban and Regional Development UC Berkeley	Hill, Wial, & Wolman
2008	Towards the Resilient Region?	Stuart Dawley, Andy Pike, & John Tomaney
2006	Performance-Based Planning Perspectives from the United States, Australia, and New Zealand	Douglas C. Baker, Neil G. Sipe, and Brendan J. Gleeson
2010	Understanding social resilience to climate variability in primary enterprises and industries	Marshall
2019	Analysis of the Global Resilience Assessment Frameworks for the Urban Realm	Diaz J.
2005	An Exploratory Framework for the Empirical Measurement of Resilience	G. S. Cumming, G. Barnes, S. Perz, M. Schmink, K. E. Sieving, J. Southworth, M. Binford, R. D. Holt, C. Stickler, and T. Van Holt
2008	Community and Regional Resilience: Perspectives from Hazards, Disasters and Emergency Management	Susan L. Cutter, Lindsey Barnes, Melissa Berry, Christopher Burton, Elijah Evans, Eric Tate, and Jennifer Webb
2008	Community Resilience: A Social Justice Perspective	Morrow B.H.

## RESULTS AND DISCUSSION

In order to see the economic situation of Trabzon and its resiliency, three categories of indicators were defined related with general structure; economic dynamism; and socio-economic structure. Added value, unemployment and employment ratio, average age of working population, saving deposits, employment in agricultural sector, bank number and change in export figures are the criteria determined



for the evaluation of general structure of economy. As it can be seen in Table 2, general economic structure Trabzon has shown low scores below the average of OECD. However, the city has increased saving deposits, number of bank and export volume in the last ten years. They can be evaluated positive developments in terms of economic resilience. In the second category, economic dynamism of the city is measured with the two indicators such as the existence of cooperative association and decreasing tendency of unemployment rate. They showed positive changes in terms of these indicators. When the socio-economic structure is analyzed in the last category of general economic situation, migration, active population, GDP, education and gender of working population are assessed. Only the active population number has a value above the average of OECD. The other indicators have displayed that educated people are going from the Trabzon to the other cities. Socio-economic structure and indicator based analyses demonstrated that Trabzon is a non-resilient city. But the city has a big potential to overcome existing economic problems. High number of young active population and increasing trend in general economic indicators in the last ten years are the positive developments for the resiliency of the city in the future.

**Table 2.** Evaluation of Economic Resilience in Trabzon

Economic Resilience				
Evaluation	Criteria	Trabzon	OECD	Number
General Structure	<sup>1</sup> Added Value Per Capita \$	3 388	17 542	Above Average Below Average
	Unemployment Ratio %	7.4	5.7	Above Average Below Average
	Employment Ratio %	46.8	72.1	Above Average Below Average
	<sup>2</sup> Average Age of Working Population	38.8	45.4	Above Average Below Average
	Is the Ratio of Employment in Agricultural Sector to Whole Employment less than the ratio of OECD %	36.65	29.3	Above Average Below Average
	Is there an upward trend in the Saving Deposit accounts in the last 10 years?	+44.7	Yes	
	Is there a tendency of increase in the numbers of bank in the last ten years?	+ %40	Yes	
	<sup>3</sup> Has the rate of change in export figures tended to decline in the last 10 years?	+% 187		No
	Is there a national cooperative association?		Yes	
	<sup>4</sup> Is there a tendency of decrease on unemployment rate in the last 10 years?	-%2.3	Yes	
Economic Dynamism	Ratio of high school graduated working population %	18.4	75.6	Above Average Below Average
	Is the ratio of high school graduates of incoming immigrants higher than the high school graduates rate of outgoing migration?	28.9	38.4	Above Average Below Average
	Active Population Ratio (15-64 age)	79.2	77.9	Above Average Below Average
	GDP Per Capita (\$)	8.439	38.164	Above Average Below Average
	Female Gender Ratio of Working Population %	44.3	47.7	Above Average Below Average

<sup>1</sup>Value added per capita OECD data: The added value of 20 OECD members was collected and get an average

<sup>2</sup>Average of the working population: It is calculated by proportioning the values of employment separated by age groups in the Turkish Statistical Institute system with the age group weight

<sup>3</sup>Change of Export figures in Trabzon: The export values of 2007 were calculated by proportioning the 2017 export data

<sup>4</sup>Change in the unemployment rate of Trabzon: The unemployment rate values of 2007 were calculated by proportions with the 2017 export data

Social resilience is also examined for Trabzon in the context of this study. In this direction, social resilience indicators are defined under five categories as general structure, welfare state parameters, safety, health conditions and social capital (Table 3). In order to display general social structure, urbanization ratio, average household size, dependency ratio, child/mother ratio, net migration, number of elderly people, population growth, literacy rate and number of higher educated people are used as indicators. They showed that general social structure of Trabzon has non-resilient characteristics. In the future, Trabzon will need higher educated people to continue its economic and social level but indicators show the opposite. Car ownership is the only indicator showing welfare state for Trabzon due to the lack of data and demonstrated that it is below the OECD average. Safety issue is important for social resilience and Trabzon is solving this problem by increasing the number of police. This shows the unsafe conditions and low resilience of the city. Health conditions is the third category of indicators measured with the number of medical doctors, beds, life expectancy and suicide rate. They showed the score as not good as OECD examples and low resiliency for Trabzon. Social capital is the last category measured with the existence of only non-governmental organization due to the absence of data. There is no international non-governmental organization in Trabzon.

Ecological resilience is the other important category for the evaluation of Trabzon and examined under three categories in this study. Settlement pattern is tested with the indicators such as suitable areas, existence of slum areas, flood disasters, existence of sea fill areas and settlements on it. Trabzon has all those categories and ecologically non-resilient city. Sea fill area is increasing in each year. Open and green areas is the other parameters tested for Trabzon. They are not well organized spaces in the city and their areas are not consistent with the standards. Physical infrastructure seems good for nowadays.

**Table 3.** Evaluation of Social Resilience in Trabzon

Social Resilience				
Evaluation	Criteria	Trabzon	OECD	Number
General Structure	<sup>1</sup> Urbanization Ratio (%)	56	70	Above Average
				Below Average
	<sup>2</sup> Average Household Size	4.25	2.6	Above Average
				Below Average
	Dependency Ratio (%)	28.7	27.9	Above Average
				Below Average
	<sup>3</sup> Child/Mother Ratio	1.9	1.7	Above Average
				Below Average
	Net Migration Ratio (%)	0.7+	+2.5	Above Average
				Below Average
	Ratio of population aged over 65 in total population (%)	8.42	15.2	Above Average
				Below Average
	Is the rate of population growth increasing (%)?	0.87+	Yes	
	Ratio of population between 0-15 years in total population (%)	18.75	18.4	Above Average
Below Average				
Literacy rate (%)	95.4	98.5	Above Average	
			Below Average	
Higher education graduate rate (%)	17.4	44.5	Above Average	
			Below Average	
Welfare state	Car ownership (# / 10,000people)	298	600	Above Average
				Below Average

<sup>1</sup>OECD urbanization rate: The urbanization rate of OECD member countries was collected and divided by the number of members

<sup>2</sup>OECD Average Household Size: The average household size of the OECD member countries in 2017 was collected and divided by the number of members

<sup>3</sup>Child / Mother Ratio in Trabzon: The female population is divided to the fertility rate and the number of mothers has been found. Afterwards, the population between the ages of 0-15 is proportioned to the number of mothers

**Table 3.** Evaluation of Social Resilience in Trabzon (continued)

Safety				Above Average
	Number of police / military police per 1000 people	275	31.8	
	Is the crime rate for 1000 people under the OECD average?	10.37		Below Average
				No
Health Conditions	<sup>4</sup> Number of medical doctor for per 100.000 people	224	322	Above Average
				Below Average
	<sup>5</sup> Number of beds per 1000 persons	7.4	5.2	Above Average
				Below Average
	<sup>6</sup> Average life expectancy	77.3	82.8	Above Average
			Below Average	
	Crude suicide rate (% per hundred thousand)	4.34	5.25	Above Average
				Below Average
<b>Social Capital</b>	Are there strong international non-governmental organizations?			No

<sup>4</sup>OECD. Number of medical doctors per 100.000 people: The number of doctors per 1000 people of OECD member countries was collected and divided by the number of members for 2017. Then, it is multiplied by 100

<sup>5</sup>OECD. Number of beds per 100.000 persons: The number of beds for 1000 people in OECD member countries was collected and divided the number of members. Then, it is multiplied by 100

<sup>6</sup>OECD. Average life expectancy: Average life expectancy values of OECD member countries were collected and divided by the number of members for 2017

**Table 4.** Evaluation of Physical-Ecological Resilience in Trabzon

Physical-Ecological Resilience		
Evaluation	Criteria	
Settlement Pattern	Are there any settlements that are not suitable for settlement?	Yes
	Does the city have slum areas?	Yes
	Is there a flood disaster in the city? (10 years)	Yes
	Is there a sea fill area in the city?	Yes
	Are there any settlements on the sea fill areas?	Yes
Open and Green Areas Pattern	Is the open green space system fragmented in the city?	Yes
	Is green space per person (m <sup>2</sup> ) less than the standard?	Yes
Physical Infrastructure	Is there a water shortage?	No
	Is there any housing not connected to the sewer system?	No
	Is there a house not connected to the electricity grid?	No

**Table 5.** Evaluation of Administrative-Politic Resilience in Trabzon

Administrative-Politic Resilience		
Evaluation	Criteria	
Political Stability and Participation	Local Government preference is the same party (10 years)	Yes
	Over the last decade, is the participation to election more than 65% (%)?	Yes
Emergency and Exception Plans	Is there any immigration action plan?	No
	Is there a disaster action plan?	Yes
	Is there a Climate Action Plan?	No
	Is there a local government fund to do research on risks?	No

The last resilience analyze is about the administrative or politic resilience. They are examined under two categories as political stability and participation, and emergency plans. Political stability is discussed with the ratio of participation to general election and same party preferences of residents. They have demonstrated that Trabzon is politically stable city and participation ratio to elections is high. Existence of emergency plans such as immigration action plan, disaster action plan and climate action plan is the second category of administrative resilience. They showed that Trabzon is not ready against the shocks and disasters in terms of action plans. This situation decreases the resiliency of the city.

## CONCLUSION

Resilience analyses offer a new approach for the future of the cities regarding the possible shocks the cities may face and their capacities to adapt them. Planning discipline should adopt this approach and try to find new ways to intervene cities through a resilient planning perspective. Thus, this study aims to analyze the urbanization experience of Trabzon through the resilience perspective using economic, social and administrative indicators; questioning its capability to adapt.

The resistance level is calculated as %34.68 for Trabzon. As it can be understood from the calculation, Trabzon is in the list of non-resilient city category.

**Table 6.** Resilience Level of Trabzon

Trabzon	Physical and Ecological Resilience	Economic Resilience	Social Resilience	Administrative and Politic Resilience
<b>Resilience Level</b>	%10	%46.7	%44.5	%33.2
Total Point: % 34.68 (within 49 Indicators)				

Physical analyses of Trabzon have shown that urbanization process in the city creates fragilities (such as sea fill areas) and generate ecological risks. They make the city unprovided for ecologically possible shocks, risks and threats. Physical resilience of Trabzon is the worst category of resilience with its 10 points. According to the analysis on economic structure, the economy of the city has the tendency to grow in the last ten years but it is still very behind of OECD averages. Thus, the capital accumulation is provided mainly through service sectors in Trabzon. However, this accumulated capital cannot be adequately transferred to productive facilities in the city; which makes it vulnerable to any crises. Actually, the migration of investors and educated people to bigger cities from Trabzon after accumulating a significant capital and education is the explicit signal of such a crisis. Social resilience analysis states that Trabzon is a stable city. It does not lose its population; but especially the educated ones are migrating from the city. The qualified manpower is likely to migrate from the city. In addition, the population is aging; which increases the dependency ratio of the elderly. All of these characteristics of the city reduce the capacity of Trabzon to resist a possible crisis and recover afterwards.

In fact, resilience analyses are made using more indicators comprising more issues within a long period. However, we confronted to the general problem of Turkey on deficiency of data and their inconsistencies. This study should be thought as a starter for the analysis on economic, social and ecological resilience putting forward the fragilities of the city and should be supported with additional analysis.

## REFERENCES

- Abel N D, Cumming H M, Anderies J M, 2006. Collapse and reorganization in social-ecological systems: questions, some ideas, and policy implications. *Ecology and Society*, 11(1): 17.
- Adger W N, 2000. Social and ecological resilience: are they related? *Progress in human geography*, 24, 347.
- Aguirre B E, 2006. Preliminary Paper 356: On the Concept of Resilience. Disaster Research Centre, University of Delaware.
- Altuntaş Ö, 2018. 2018-2019 Eğitim Öğretim Yılı Başları, Türkiye OECD sıralamasında Nerede? BBC News, <https://www.bbc.com/turkce/haberler-turkiye-45547955> (Date of Access: 17 September 2018).
- Anonim, 2013. Kooperatif İstatistikleri Bülteni. T.C. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı, Ankara.
- Baker D, Sipe N, and Gleeson B, 2006. Performance-Based Planning Perspectives from the United States, Australia, and New Zealand. *Journal of Planning Education and Research*, 396-409.
- Baud I S A, 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 (IFoU) 2009 Amsterdam/Delft The New Urban Question – Urbanism beyond Neo-Liberalism
- Berkes F, Folke, C, eds., 1998. *Linking Social and Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience*. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press.
- Canada O, 2011. *Literacy for Life: Further Results from the Adult Literacy and Life Skills Survey*. Organisation for Economic Cooperation and Development.
- Cumming G, Barnes G, Perz S, Schmink M, Sieving K, Southworth J, Van Holt T, 2005. An Exploratory Framework for the Empirical Measurement of Resilience. *Ecosystems*, 975-987.
- Cutter S, Barnes L, Berry M, Burton C, Evans E, Tate E, Webb J, 2008. *Community And Regional Resilience: Perspectives From Hazards, Disasters, And Emergency Management*. Washington.
- Çobanyılmaz P, Duman Yüksel Ü, 2013. Kentlerin İklim Değişikliğinden Zarar Görebilirliğinin Belirlenmesi: Ankara Örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 39-50.
- Dedekoca E, 2018. Türkiye'nin OECD rekorları. *Aydınlık.com.tr*, <https://www.aydinlik.com.tr/turkiye-nin-oecd-rekorlari-ersin-dedekoca-kose-yazilari-mart-2018> (Date of Access: 2 March 2018)
- Diaz J, 2019. Analysis of the Global Resilience Assessment Frameworks for the Urban Realm. 5th International Conference on Sustainable Development, (s. 1-8). Belgrade.
- Dursun D, 2015. The Effects of Restructuring in the Property Development Sector on Urban Processes: A Case Study on Erzurum and Kayseri, Unpublished PhD Thesis, Department of Urban Public Policy and Local Governments, METU, Ankara
- Dursun D, Yılmaz S, Yılmaz H, Irmak A, Demir M, Yavaş M, 2015. Hava Kirliliğinde Ekolojik Koridor Senaryoları: Erzurum Kenti, Rana Medya, Erzurum
- Eraydın A, 2010. Resilience Thinking for Urban Analysis and Planning: An Exploratory Research on Istanbul, 24th AESOP Annual Conference, Finland
- Eraydın A, Durmaz B, Erdem A, Yaman C, Yavuz B, 2011. The Concept of Resilience: Ankara Region Case Study, Unpublished Working Report of Regional Development Studio, DEpartment of Regional Deveelopment, METU, Ankara
- Folke C, Carpenter S, eds, 2000. *Resilience and Sustainable Development: Building Adaptive Capacity in a World of Transformations*, Stockholm, Edita Norstedts Tryckeri AB.
- Hill E, Wial H, Wolman H, 2008. Exploring Regional Economic Resilience. Institute of Urban and Regional UC Berkeley, 1-17.
- Hill EW, Wial H, Wolman H, 2008. Exploring Regional Economic Resilience, Working Paper 2008-04, University of California, USA
- Keeley B, 2007. *Human Capital: How What You Know Shapes Your Life*. Organisation for Economic Cooperation and Development.



- Maguire B, Hagan P, 2007. Disasters and Communities: Understanding Social Resilience. *The Australian Journal of Emergency Management*, 22(2), 16-20.
- Marshall N, 2010. Understanding social resilience to climate variability in primary enterprises and industries. *Global Environmental Change*, 36-43.
- McManus S, Seville E, Brunsdon D, Vargo, J, 2007. *Resilience Management – A Framework for Assessing and Improving the Resilience of Organizations*, Resilient Organisations Programme, New Zealand
- Morrow B, 2008. *Community Resilience: A Social Justice Perspective*. Washington.
- OECD. 2017. *Education at a glance 2017*. Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development.
- OECD. 2018. *International Migration Statistics*. OECDiLibrary: [https://www.oecd-ilibrary.org/social-issues-migration-health/data/oecd-international-migration-statistics\\_mig-data-en](https://www.oecd-ilibrary.org/social-issues-migration-health/data/oecd-international-migration-statistics_mig-data-en) (Date of Access: 20 June 2018)
- OECD 2010. *Trends in Urbanisation and Urban Policies in OECD Countries: What Lessons for China?* Organisation for Economic Cooperation and Development.
- OECD 2015. *Environment at a Glance*. Organisation for Economic Cooperation and Development.
- OECD 2015. *The Metropolitan Century Understanding Urbanisation and its Consequences*. Organisation for Economic Cooperation and Development.
- OECD 2015. *The Metropolitan Century Understanding Urbanisation and its Consequences*. Organisation for Economic Cooperation and Development.
- OECD 2016. *OECD Regions at a Glance 2016*. Organisation for Economic Cooperation and Development.
- OECD 2017. *Health at a Glance 2017*. Organisation for Economic Cooperation and Development.
- OECD 2017. *International Migration Outlook 2017*. Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development.
- OECD 2017. *ITF Transport Outlook* . Organisation for Economic Cooperation and Development.
- OECD 2017. *Employment Outlook 2017*. Organisation for Economic Cooperation and Development.
- OECD 2017. *Pensions at a Glance 2017*. Organisation for Economic Cooperation and Development.
- OECD 2017. *Health care use*. OECD iLibrary: [https://www.oecd-ilibrary.org/social-issues-migration-health/health-care-use/indicator-group/english\\_1a1ac034-en](https://www.oecd-ilibrary.org/social-issues-migration-health/health-care-use/indicator-group/english_1a1ac034-en) (Date of Access:10 November 2017)
- OECD 2018. *International Migration Outlook 2018*. Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development.
- OECD 2018. *OECD Economic Outlook, Volume 2018 Issue 1*. Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development.
- OECD 2018. *OECD Economic Outlook, Volume 2018 Issue 2*. Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development.
- OECD 2018. *OECD Labour Force Statistics* . Organisation for Economic Cooperation and Development.
- OECD 2018. *OECD-FAO Agricultural Outlook 2018-2027*. Organisation for Economic Cooperation and Development.
- OECD 2018. *Human Capital How what you know shapes your life. Population with tertiary education*. OECD iLibrary: [https://www.oecd-ilibrary.org/education/education-at-a-glance\\_19991487](https://www.oecd-ilibrary.org/education/education-at-a-glance_19991487) (Date of Access:11 September 2018)
- Resilience Alliance, 2007. *Urban Resilience Research Prospectus*, CSIRO, Australia — Arizona State University, USA — Stockholm University, Sweden
- Sharifi A, Yamagata Y, 2016. *Urban Resilience Assessment: Multiple Dimensions, Criteria, and Indicators*. in Sharifi A, Yamagata, Y, *Urban Resilience: A Transformative Approach*, pp. 259-274. Switzerland: Springer.
- Stuart Dawley A P, 2008. *Towards the Resilient Region*. *Local Economy*, pp.650–667.
- Tedmem, 2018. *Bir Bakışta Eğitim 2018*. Tedmem: <https://tedmem.org/mem-notlari/degerlendirme/bir-bakista-egitim-2018#return-note-2766-1> (Date of Access: 17 September 2018)

- Ticaret Bakanlığı Risk Yönetimi, T. v. 2017. OECD Küresel Ekonomik Görünüm Raporları. <https://risk.ticaret.gov.tr>: <https://risk.ticaret.gov.tr/bilgi-bankasi/diger-yayin-ve-raporlar/oeed-kuresel-ekonomik-gorunum-raporlari> (Date of Access: 23 July 2017)
- Tierney K, 2009. Disaster Response: Research Findings and Their Implications for Resilience Measures. Washington: CARRI .
- TÜİK, 2017. Bölgesel İstatistikler
- TÜİK, 2017. Gayri Safi Katma Değer Bölgesel Sonuçlar 2004-2011
- TÜİK, 2017. Hanehalkı İşgücü Anketleri
- TÜİK, 2018. [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr)
- Walker B, Salt D, Reid W, 2006. Resilience Thinking: Sustaining Ecosystems and People in a Changing World, Island Pr.

**Ağaçların Bina ile Olan Mesafesinin Dış Mekan Termal Konfor Üzerine Etkisi: Erzurum Kenti Örneği**Ayşegül AKSU <sup>1\*</sup>, Sevgi YILMAZ <sup>1</sup>, Başak ERTEM MUTLU<sup>1</sup>, Hasan YILMAZ<sup>1</sup>

**ÖZET:** Kentleşmeyle birlikte artan kentsel ısı adası etkisi sıcak iklim bölgelerinde yazın daha fazla serinletme, soğuk iklim bölgelerinde ise kışın daha fazla ısıtma talebiyle enerji kullanımının artmasına sebep olmuştur. Son yıllarda güneş enerjisinden en üst seviyede faydalanarak enerji tasarrufu sağlama, hava kirliliğini azaltmak için çözümler üretme, ısıtma ve soğutma maliyetlerini azaltmak için öneriler sunma ile ilgili birçok çalışma yapılmaktadır. Kentlerdeki yeşil alan varlığının fazla olması yansımaya azaltacağı için ısı adası etkisini de azaltmaktadır. Yapılan çalışmalarda genellikle ağaçların soğutma etkileri vurgulanmaktadır. Ancak soğuk iklim bölgeleri için ağaçların ortamın ısınmasına olan katkıları da incelenmelidir. Bu araştırma; yüksek rakım ve soğuk iklim şartlarının hakim olduğu Erzurum kentinde, yeni bir yerleşim alanı olan Yıldızkent mevkiinde bulunan bir site bahçesinde yürütülmüştür. Bu site 16 adet villadan oluşmaktadır. Bu alanda, çevresinde bitki örtüsü bulunan bir evin birinci katına, güney ve kuzey cephelere 2 adet meteorolojik veri ölçüm cihazı yerleştirilmiştir. Aralık 2017’de araştırma alanından 24 saatlik mikroiklim verileri kaydedilmiş olup, ortalama değerleri hazırlanan senaryolar için ENVI-met yazılım programı kullanılmıştır. Bu senaryolarda, binanın ağaçlar ile olan farklı mesafelerinin termal konfor üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Mesafeler; binaya bitişik, 2m ve 4m olarak belirlenerek, hangi senaryonun konforlu olduğu analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, ağaçlar ve bina arasındaki mesafe 2m olduğunda, ortamın sıcaklığının mevcut durumdan 9.2 °C daha sıcak olduğu belirlenmiştir. Verilere ait Tahmini Ortalama Oy (PMV) analizi ile insanlar tarafından hissedilir mevcut durum ve alternatif senaryolar için haritalar oluşturulmuştur. Sonuç olarak termal konforlu ve termal stresin olmadığı durum bitkilerin binaya 2m ve 4m aralıklarla dikildiği senaryolar olup, 0.2-0.3 °C PMV değeri belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Envi-met, PMV, soğuk şehirler, Erzurum, dış mekan termal konforu.

**Effect on Outdoor Thermal Comfort of the Distance Between the Building and The Trees: A Case Study Erzurum**

**ABSTRACT:** The increasing heat island effect caused by urbanization has led to an increase in energy demand. Often the cooling effects of trees are emphasized. However, the contribution of trees to the warming of the environment for cold climatic zones should also be examined. This research; In the city of Erzurum, where there are high altitude and cold climatic conditions, it was carried out in the site garden of Yıldızkent, a new settlement area. This site consists of 16 villas. On the ground floor of a house with existing plants, two meteorological data measuring devices were placed on the south and north sides. In December 2017, 24-hour microclimate data were recorded from the research area and the ENVI-met software program was used for scenarios with average values. In these scenarios, the effect of different distances of the building with trees on thermal comfort was investigated. Distances; adjacent to the building, 2m and 4m, the scenario was analyzed which was comfortable. According to the results of the analysis, when the distance between trees and building is 2m, the temperature of the environment is 9.2 °C warmer than the current situation. Estimated Average Votes (PMV) analysis of the data is used to create maps for current situation and alternative scenarios. As a result, thermal comfort and thermal stress are the scenarios in which the plants are planted at 2m and 4m intervals and 0.2-0.3 °C PMV value is determined.

**Keywords:** ENVI-met, PMV, cold cities, Erzurum, outdoor thermal comfort.

<sup>1</sup> Ayşegül AKSU (Orcid ID: 0000-0002-6720-0256), Sevgi YILMAZ (Orcid ID: 0000-0001-7668-5788), Başak ERTEM MUTLU (Orcid ID: 0000-0002-0394-4950), Hasan YILMAZ (Orcid ID: 0000-0003-3768-4760) Atatürk Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Erzurum, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ayşegül AKSU, e-mail: aysegulaaksu@hotmail.com

Bu çalışmanın bir kısmı Eskişehir’de “Uluslararası Kentleşme ve Çevre Sorunları Sempozyumu: Değişim/Dönüşüm/Özgünlük 28-30 Haziran 2018 (ISUEP 2018 Anadolu Üniversitesi / Eskişehir)” tam metin bildiri olarak sunulmuştur.

## GİRİŞ

Kentleşmenin günümüzde her geçen gün daha hızlı artması toprağın fiziksel özelliklerinde, sıcaklıklarda ve diğer meteorolojik parametrelerde çok çeşitli değişiklikler meydana getirmiş, ayrıca küresel değişim ile birlikte çevre sorunlarında da büyük oranda artış olmuştur (Decker ve ark., 2000; Kolokotroni ve ark., 2006; Sarrat ve ark., 2006; Kjellstrom ve ark., 2009; Mirzaei ve Haghghat, 2010; Tian ve Qiao, 2014; Chen ve ark., 2016; Zittis ve ark., 2016; Daemei ve ark., 2018; Khalil ve ark., 2018). 1930'lardan, özellikle İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra köylerden kentlere göçün artması ile birlikte yerel iklim değişikliği ortaya çıkmıştır (Tang ve ark., 2010; Daemei ve ark., 2018).

Kentlerde iklim ile ilgili yapılan çalışmalar enerji tasarrufu, iklim değişikliği etkisini azaltmak ve kentlerdeki yaşanabilir ortamların sayısını artırmak için dış mekan termal konforu değerlendirilmektedir. Dış mekan termal konforu; insan, iklim ve kent bileşenlerinin ortak noktasıdır (Pedzara, 2016). İnsan termal konforu kavramında 3 ayrı yaklaşım vardır. Bunlar; psikolojik, termofizyolojik ve vücut ısı dengesi yaklaşımıdır (Höppe, 2002). İnsan termal konforuna etki eden faktörler; çevresel faktörler (hava sıcaklığı, rüzgar, havanın nispi nemi, güneş radyasyonu), kişisel faktörler (metabolik ısı, cilt sıcaklığı ve ıslaklığı, giysinin sarmalayıcı etkisi) ve ilave faktörlerdir (iklime alışma durumu, vücudun boy/kilo oranı, deri altı yağ tabakasının varlığı, yaş ve cinsiyet) (Höppe, 2002).

Yeşil alanların her geçen gün daha fazla tahrip edilmesi ve betonlaşmış geçirimsiz yüzeylerin artırılması, kentsel ısı adası oluşumunu da artırmaktadır (Daemei ve ark., 2018). Bu durumda yeşil alanların önemi ortaya çıkmaktadır. Yeşil alanlar, kentsel mekanların kalitesini arttırmak, gölgeleme ve buharlaşma yoluyla enerji tasarrufu yapmak, termal konforu iyileştirmek, ortamın sıcaklığını düzenlemek ve yazın daha serin kentsel alanlar oluşturmaktadır (Stemmers, 2003; Yezioro ve ark., 2006; Fahmy ve Sharples 2009; Lin ve ark., 2010; Shashua-Bar ve ark., 2010; Müller ve ark., 2014; Wang ve ark., 2014; Klemm ve ark., 2015).

Yeşil alanlar ile hava sıcaklığı düşüşü arasında doğrusal bir ilişki vardır (Lobaccaro ve Acero, 2015). Mevcut ağaç gölgelik örtüsünün %15 oranında artırılması, konut çevrelerinde ortalama 2.0 °C'ye kadar (yerel ölçekte) gündüz serinletme etkisi yaratabilmektedir (Middel ve ark., 2015). Ayrıca kentlerde, binaların soğutma talebini azaltarak enerjiden tasarruf sağlama açısından açık-yeşil alanlar büyük önem taşımaktadır (Huang ve ark., 1987; Akbari ve ark., 1997; Matsuoka ve Kaplan, 2008). Sacramento'da elektrik fatura verilerini analiz eden deneysel bir çalışmada, konut yapılarının güney ve batı kısımlarındaki ağaçların yaz aylarında enerji tüketimini % 5.2, kuzey tarafındaki ağaçların ise tüketimi % 1.5 oranında azalttığı tespit edilmiştir (Donovan ve Butry, 2009). Başka bir araştırma ise; bina etrafına bitki dikmenin ısıtma ve soğutma talebini azalttığını göstermektedir. Rüzgara karşı korunaklı alanlar oluşturacak şekilde konumlandırılan ağaçlar, kış aylarında daha düşük miktarda enerji harcanmasına ve ısıtma için gerekli olan enerjiden az da olsa tasarruf edilmesine olanak sağlamaktadır (Huang ve ark., 1990). Ayrıca başka bir çalışma ise, sıcak ve nemli iklime sahip Florida kentinde hüküm süren rüzgara göre dikkatlice yerleştirilen ağaçların yaz aylarında soğutma enerjisi gereksinimini %50 oranında azalttığını göstermektedir (Parker, 1983).

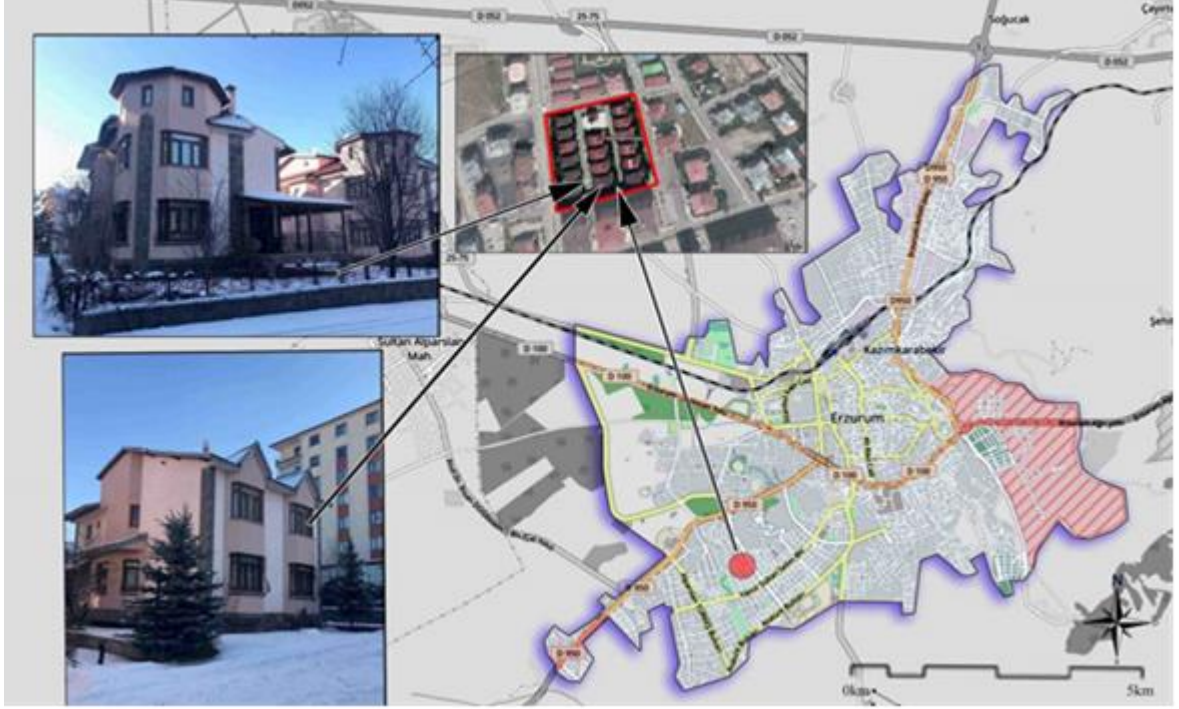
Çalışma; Erzurum kentinde 16 adet villanın bulunduğu bir sitede yürütülmüştür. Soğuk iklim koşullarına sahip olan kentte kış aylarında enerji tüketimi ve buna bağlı olarak çevre sorunları daha da artmaktadır. Bu sebeple çalışma kış ayını temsilen 2017 yılının Aralık ayında yapılmıştır. Çalışmanın amacı; soğuk iklim bölgelerinde, ağaçların binaya ile olan uzaklıklarının termal konfor üzerindeki etkisini anlamaktır. 3 farklı senaryonun etkisini analiz etmek için ENVI-met yazılım programı kullanılmıştır. Ayrıca ortamın insanlar tarafından nasıl hissedildiğini ortaya koymak amacıyla termal



konfor verileri ile PMV haritaları hazırlanmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda önerilerde bulunulmuştur.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma; ekstrem iklim koşullarına sahip, etrafı dağlarla çevrili, çanak şeklinde ovada bulunan Erzurum kentindeki Yıldızkent mevkiinde 16 adet villadan oluşan bir site bahçesinde yürütülmüştür (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanı konum haritası

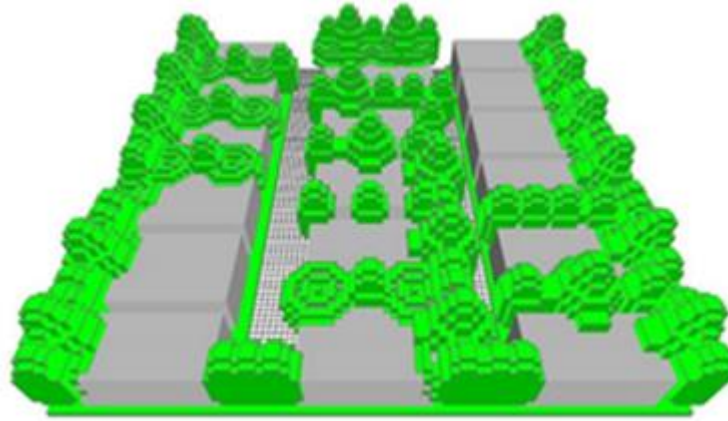
Yapılan bu çalışmada Yıldızkent'deki bir sitede seçilen bir evin, kuzey ve güney cephelerine, uçları dışarıda ve içeride kalacak şekilde yerleştirilen iki adet cihaz kullanılarak meteorolojik veriler kaydedilmiştir. Ölçümlerde WS300 termometre kullanılmıştır (Şekil 2). Ulaşılan verilerle mevcut durum ve alternatif senaryolar için ENVI-met ile sıcaklık ve PMV haritaları oluşturularak yorumlanmıştır.



Şekil 2. Çalışma alanı ölçüm cihazları



ENVI-met, bir alandaki sıcaklığı ve termal konforu analiz eden bir iklim yazılımıdır. Ölçüm alınan hava verilerini (sıcaklık, bağıl nem, rüzgar hızı, rüzgar yönü) analiz etmeye yarayan ENVI-met modeli Bruse ve Fleer, 1998 tarafından geliştirilmiştir. Yazılım, termal konforlu alan belirleme çalışmalarında son beş yılda yurtdışı araştırmaların %77'sinde yaygın olarak kullanılmıştır (Tsoka ve ark., 2018). Bu program x-y-z koordinatlarından oluşan gridlere sahiptir. ENVI-met, yatay olarak 0.5-10 m arasında çözünürlükte çalışmaktadır. Yazılım, oluşturulan farklı senaryoları analiz etme olanağı ile avantajlıdır (Yang ve ark., 2013; Lobaccaro ve Acero, 2015). ENVI-met 3D arayüz görüntüsü Şekil 3'de verilmiştir. Bu modelde saatlik veriler kullanılmaktadır. 24 saatlik veriler günlük ya da ortalama değerler girilebilmektedir. Yerden 1.5m yükseklikte, ölçüm cihazıyla sıcaklık (°C), nem (%) ve rüzgar (m/s) değeri girilerek 1 ay boyunca alınan ölçümlerin 24 saatlik ortalaması olacak şekilde analizler oluşturulmaktadır. Bu veriler, ölçümler dışında Meteoroloji Genel Müdürlüğünden de sağlanabilmektedir.



Şekil 3. Çalışma alanı ENVI-met 3D modeli

Yerel mikro iklim şartlarını ve insan termal algılarını birbirine bağlayarak insan termal konfor seviyesini tanımlamak için bir dizi biyometeorolojik endeks geliştirilmiştir (Anonim, 2004). Bu tür endekslerin büyük bir grubu, kararlı durum modelleridir. Bu modeller, insanların iklimsel bir ortamda kalmasının zamanla termal dengeye ulaşmalarını ve enerji dengesi denklemlerine sayısal çözümler sağladığı varsayımına dayanmaktadır. Nagano ve Horikoshi (2011), bu kategorideki endekslerin ana temalarını özetleyerek sunmuştur. Fanger, 1970 en yaygın kullanılan endekslerden biri olan Tahmini Ortalama Oy (Predicted Mean Vote-PMV) olarak isimlendirilen, insanların çoğunluğunun ortalama termal konfor tepkisi öngören bir analizdir (Çizelge 1). İlk olarak bir iç mekan termal konfor endeksi olarak geliştirilen PMV (Nikolopoulou ve ark., 2001; Thorsson ve ark., 2004), geniş bir grup insanın araştırıldığı dış mekan termal konfor çalışmalarında da yaygın olarak kullanılmaktadır (Cheng ve ark., 2010; Johansson ve ark., 2014; Yılmaz ve ark., 2018).

Çizelge 1. Hissedilen Termal Konfor indeks değerleri (PMV) (Matzarakis ve ark., 1999)

Pmv (°C)	Isıl Algıma	Fizyolojik stres derecesi
< (-3.5)	Çok soğuk	Aşırı soğuk stresi
(-3.4) – (-2.5)	Soğuk	Güçlü soğuk stresi
(-2.4) – (-1.5)	Serin	Orta soğuk stresi
(-1.4) – (-0.5)	Hafif serin	Hafif soğuk stresi
(-0.4) – (0.5)	Konforlu	Termal stres yok
(0.6) – (1.5)	Hafif ılıman	Hafif sıcaklık stresi
(1.6) – (2.5)	Ilıman	Orta sıcaklık stresi
(2.6) – (3.5)	Sıcak	Güçlü sıcaklık stresi
(3.5) <	Çok sıcak	Aşırı sıcaklık stresi

Çalışma alanından Aralık 2017 boyunca kuzey ve güney cephelerden 24 saatlik meteorolojik veriler kaydedilmiş ve bilgisayar programına iki cepheninde ortalamaları alınarak 24 saatlik tek veri olarak girilmiştir. ENVI-met bilgisayar modeli yukarıda da bahsedildiği gibi yalnızca mevcut durumu değil alternatif senaryoları da analiz edebilmektedir. Böylece senaryoların analizi, daha sonra oluşabilecek sıkıntılı durumları önceden görme fırsatını da sunmaktadır. ENVI-met yazılım programında elde edilen veriler değerlendirilerek, önce mevcut durum daha sonrada hazırlanan 3 farklı senaryo analiz edilmiştir. Bunlar;

Mevcut Durum Analizi: Villa bahçelerindeki mevcut durum

- 1.Senaryo: Villa bahçelerindeki bitkilerin binaya bitişik olması,
- 2.Senaryo: Villa bahçelerindeki bitkilerin binaya 2m uzaklıkta olması,
- 3.Senaryo: Villa bahçelerindeki bitkilerin binaya 4m uzaklıkta olması.

## BULGULAR

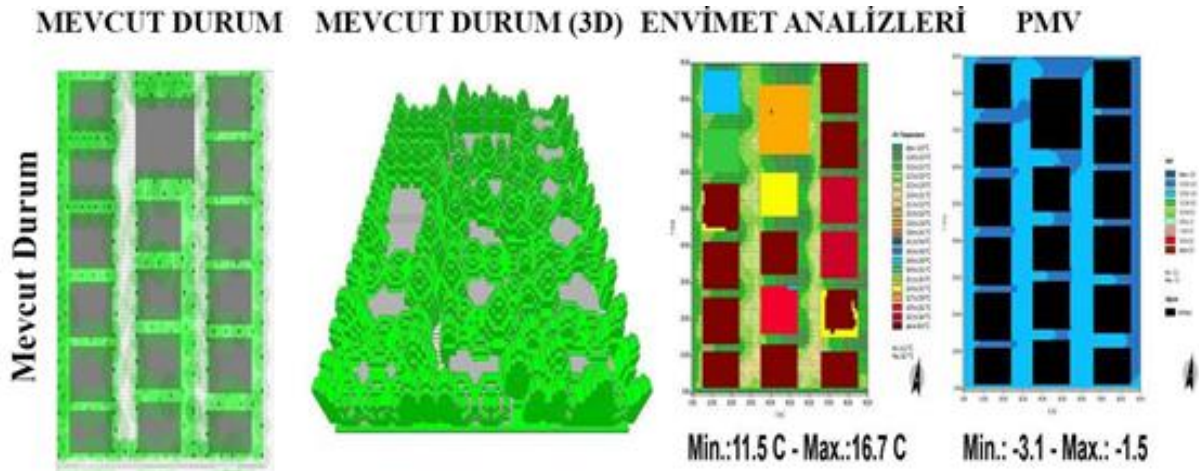
Ortalama değerleri alınarak 24 saatlik olarak hazırlanan verilerin tamamı ENVI-met bilgisayar modeline girilmiştir. Mevcut ve hazırlanan üç farklı senaryoda ENVI-met modeli uygulanmıştır. Sonuçlar aşağıda verilmiştir.

### ENVI-met ve PMV (Predicted Mean Vote) Analizleri

Araştırma alanı ve öneri senaryolar için sırası ile ENVI-met ve PMV analizleri yapılmıştır.

#### Mevcut durum analizi

Villa bahçelerindeki mevcut bitkiler programda işlenmiştir. Yapılan analizlerde mevcut durum sıcaklığı 11.5-16.7 °C arasındadır (Şekil 4). Alandaki binaların yüzey sıcaklığı ve binalar arası bahçelerin yüzey sıcaklığı Çizelge 2’de verilmiştir. Yapılan PMV analizleri sonucundaki değer aralığı ise -3.1 (ısı algılma: soğuk) ile -1.5 (ısı algılma: serin) arasında çıkmıştır (Şekil 4) (Çizelge 2).



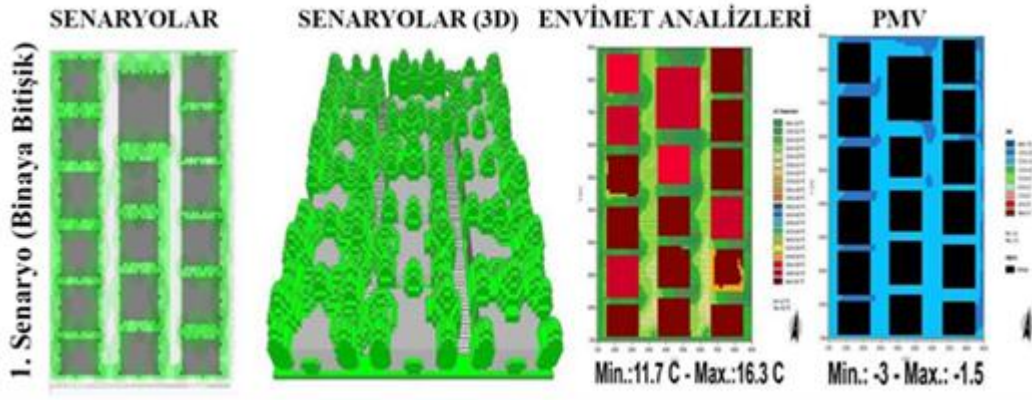
Şekil 4. Bina bahçelerindeki mevcut bitki durumunun ENVI-met ve PMV analizleri

#### Çizelge 2. Mevcut durum ve senaryoların analiz sonuçları

Senaryolar	Mevcut Durum Sıcaklığı (°C)	Mevcut Durum Ortalama Sıcaklığı(°C)	Binalar Arası Bahçelerin Sıcaklığı (°C)	Binalar Arası Bahçelerin Ortalama Sıcaklığı (°C)
Mevcut durum	11.5-16.7	14.1	11.8- 12.8	12.3
1.Senaryo (Bitkiler binaya bitişik)	11.7-16.3	14.0	11.9- 12.9	12.4
2.Senaryo (Bitkiler binaya 2m uzaklıkta)	14.6-28.4	21.5	15.3- 27.7	21.5
3.Senaryo (Bitkiler binaya 4m uzaklıkta)	10.5-19.7	15.1	10.9- 19.3	15.1

### 1. Senaryo ENVI-met ve PMV analizleri

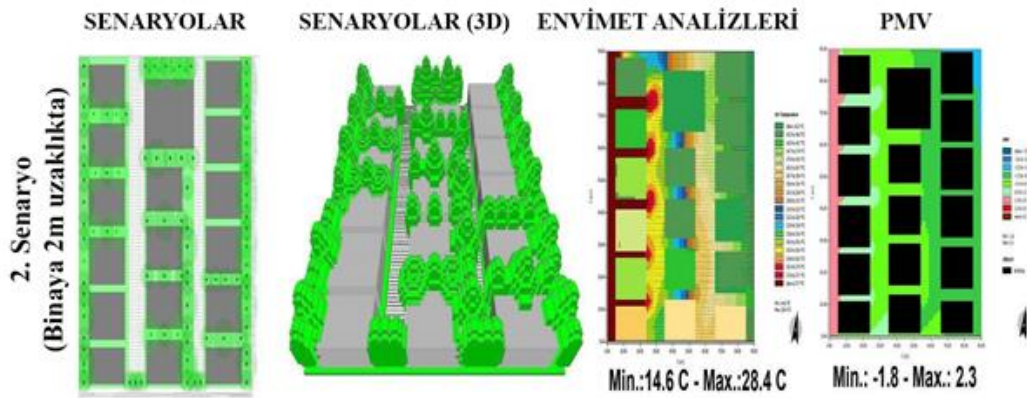
Site bahçelerinde bitkilerin binaya bitişik şekilde tasarlanması durumunda yapılan analizlerde, mevcut durum sıcaklığı 11.7-16.3 °C arasında bulunmuştur (Şekil 5). Alandaki binaların yüzey sıcaklığı ve binalar arasındaki bahçenin sıcaklığı Çizelge 1’de verilmiştir. Yapılan PMV analizi sonucundaki değer aralığı ise -3.0 (ısı algılma: soğuk) ile -1.5 (ısı algılma: serin) arasında çıkmıştır (Şekil 5) (Çizelge 2).



Şekil 5. Bitkilerin binaya bitişik olduğu durumdaki ENVI-met ve PMV analizleri

### 2. Senaryo ENVI-met ve PMV analizleri

Site bahçelerinde bitkilerin binaya 2m uzaklıkta tasarlanması durumunda yapılan analizlerde, mevcut durum sıcaklığı 14.6-28.4 °C bulunmuştur (Şekil 6). Alandaki binaların yüzey sıcaklığı ve binalar arasındaki bahçe sıcaklığı Çizelge 1’de verilmiştir. Yapılan PMV analizi sonucundaki değer aralığı ise -1.8 (ısı algılma: serin) ile 2.3 (ısı algılma: ılıman) arasında çıkmıştır (Şekil 6) (Çizelge 3).

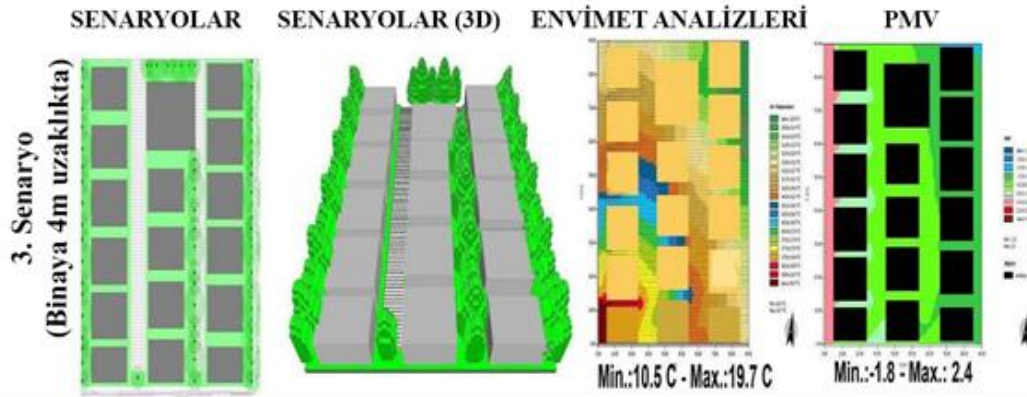


Şekil 6. Bitkilerin binaya 2m uzaklıkta olduğu durumdaki ENVI-met ve PMV analizleri

### 3. Senaryo ENVI-met ve PMV analizleri

Site bahçelerinde bitkilerin binaya 4m uzaklıkta tasarlanması durumunda yapılan analizlerde, mevcut durum sıcaklığı 10.5-19.7 °C çıkmıştır (Şekil 7). Binaların yüzey sıcaklığı ve binalar arasındaki bahçenin yüzey sıcaklığı Çizelge 1’de verilmiştir. Yapılan PMV analizi sonucundaki değer aralığı ise -1.8 (ısı algılma: serin) ile 2.3 (ısı algılma: ılıman) arasında çıkmıştır (Şekil 7) (Çizelge 2).





Şekil 7. Bitkilerin binaya 4m uzaklıkta olduğu durumdaki ENVI-met ve PMV analizleri

Elde edilen verilere göre insanlar tarafından hissedilen PMV termal konfor değerleri Çizelge 3'de verilmiştir. PMV değerleri yurt dışı çalışmalarda kullanılan Çizelge 1'deki verilere göre yorumlanmıştır.

Çizelge 3. Mevcut durum ve senaryoların PMV analizlerinin değerlendirilmesi

Senaryolar	Min. Değer(°C)	Max. Değer(°C)	Ortalama (°C)
Mevcut durum	-3.1	-1.5	-2.3
1.Senaryo (Bitkiler binaya bitişik)	-3.0	-1.5	-2.2
2.Senaryo (Bitkiler binaya 2m uzaklıkta)	-1.8	2.3	<b>0.2</b>
3.Senaryo (Bitkiler binaya 4m uzaklıkta)	-1.8	2.4	<b>0.3</b>

## TARTIŞMA VE SONUÇ

Yapılan senaryo analizleri sonucunda, kış ayı için en ideal sıcaklık değeri 2. Senaryodan elde edilmiştir. Mevcut durum ile ağaçların binaya 2m mesafede olduğu, yani 2. Senaryo arasında, Aralık ayında 9.2 °C sıcaklık farkı bulunmuştur. Bu değer oldukça yüksek olup, özellikle kış aylarında binaların ısınma amaçlı enerji tüketimini de olumlu etkileyecektir. Nitekim bu alanda yapılan benzer çalışmalarda da senaryolarda kullanılan ağaçların yüksekliği (Balogun ve ark., 2014; Tan ve ark., 2016), dikim düzeni (Milošević ve ark., 2017) ve gölge mekanı oluşturmasının (Wang ve ark., 2016) ortamın sıcaklığını ve termal konforu etkilediği yönünde sonuçlar bulunmuştur. Araştırmacılar; mekanda bulunan ağaç ve bitki örtüsünün; ortamın sıcaklığını, nemini, güneş radyasyonu ve termal konfor değerini iyileştirdiğini doğrulamaktadır (Balczó ve ark., 2009; Erell ve ark., 2012; Irmak ve ark., 2018). Bu çalışmada, bitkilerin bina ile olan mesafesinin ayarlanması ile kış aylarında daha sıcak bir ortam oluşturularak mikroklimaya olumlu etki ettiği görülmüştür. Yine kış ayları için bitkilerin binaya 4m uzaklıkta dikildiği senaryoda ise, sonuç mevcuda göre 2.8°C daha sıcak çıkmıştır. Genel olarak sıcaklık analizi sonuçlarına bakıldığında, bitkilerin binaya 2m uzaklıkta olması mikroklima etkisini arttırdığı için kış aylarında en uygun öneri olarak tespit edilmiştir. Bunun sebebi, bina etrafındaki bitkiler şemsiye etkisi ile ısının dağılmadan orada kalmasına olanak sağlamaktadır. Binanın etrafında bulunan ağaçlar rüzgar sirkülasyonunu engelleyerek veya azaltarak ortamın sıcaklığını muhafaza etmeye yardımcı olmaktadır (Yılmaz ve ark., 2017; Sarı 2019). Nitekim bu çalışmada da ağaçlar binaya 2m yaklaştığında ortamın sıcaklık değeri korunmaktadır.

Ortamın insanlar tarafından hissedilen dış mekan termal konfor açısından PMV analizlerine bakıldığında ise, bitkilerin binaya 2m ve 4m mesafede olduğu senaryolar en konforlu ve termal stresin olmadığı aralık olarak belirlenmiştir. Sıcaklık analizlerinde sadece ortamın sıcaklığı esas alınırken, PMV analizlerinde temel faktörler, kişisel faktörler ve çevresel faktörler esas alınmaktadır. Bu faktörler birbirinden bağımsızdır. Her birinin ısı konforu üzerinde etkisi bulunmaktadır. Ortamın termal konforunu etkileyen çevresel faktörler ise; hava sıcaklığı, hava hızı, ortalama ısınma sıcaklığı, rüzgar, bulutluluk ve bağıl nemdir. Kişisel faktörler ise; giysi ve aktivitedir (Toy ve Yılmaz, 2010; Ekici, 2013; Gao ve ark., 2015). Çizelge 2 ve Çizelge 3'de görüldüğü gibi bitkiler ile bina arasındaki mesafe arttıkça ortamın sıcaklığı düşmektedir. Bunun nedeni mesafenin artması ile birlikte rüzgar hareketliliğinin olması ve ortamın sıcaklığını düşürmesi olarak görülmüştür.

Kış kentlerinde ağaçların rüzgarı engellemesi veya hızını kesmesi ortamın sıcaklığını düzenlemede olumlu katkı sağlamaktadır. Mekanın peyzaj tasarımları ortamın mikroiklim değerleri dikkate alınarak hazırlanırsa, termal konforu iyileştirme etkisine sahip olduğu görülmektedir. Özellikle kentsel yenileme ve dönüşüm alanlarında tasarımda mutlaka çalışma alanının doğal özellikleri ön planda tutulmalı ve bitkisel tasarıma ona göre yön verilmelidir. Bu alanda farklı meslek disiplinlerinin bir arada çalışması yaşanabilir kentleşme ve kent insanının termal konforunun sağlanması açısından oldukça önemlidir.

## KAYNAKLAR

- Akbari H, Kurn DM, Bretz SE, Hanford JW, 1997. Peak power and cooling energy savings of shade trees. *Energy and Buildings*, 25(2): 139-148.
- Anonymous, 2004. Task Committee on Outdoor Human Comfort of the Aerodynamics, Committee of the American Society of Civil Engineers. *Outdoor human comfort and its assessment: State of the art*. Reston, VA: American Society of Civil Engineers.
- Balczó M, Gromke C, Ruck B, 2009. Numerical modeling of flow and pollutant dispersion in street canyons with tree planting. *Meteorologische Zeitschrift*, 18(2): 197-206.
- Balogun AA, Morakinyo TE, Adegun OB, 2014. Effect of tree-shading on energy demand of two similar buildings. *Energy and buildings*, 81, 305-315.
- Bruse M, Fleer H, 1998. Simulating surface-plant-air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model. *Environmental modelling & software*, 13:(3-4), 373-384.
- Chen K, Zhou L, Chen X, Ma Z, Liu Y, Huang L, Kinney PL, 2016. Urbanization level and vulnerability to heat-related mortality in Jiangsu Province. *China. Environmental health perspectives*, 124 (12): 1863-1869.
- Cheng V, Ng E, Chan C, Givoni B, 2012. Outdoor thermal comfort study in a sub-tropical climate: a longitudinal study based in Hong Kong". *International journal of biometeorology*, 56 (1): 43-56.
- Daemei AB, Azmoodeh M, Zamani Z, Khotbehsara EM, 2018. Experimental and simulation studies on the thermal behavior of vertical greenery system for temperature mitigation in urban spaces". *Journal of Building Engineering*, 20, 277-284.
- Decker EH, Elliott S, Smith FA, Blake DR, Rowland FS, 2000. Energy and material flow through the urban ecosystem. *Annual review of energy and the environment*, 25.
- Donovan GH, Butry DT, 2009. The value of shade: Estimating the effect of urban trees on summertime electricity use. *Energy and Buildings*, 41(6): 662-668.
- Ekici C, 2013. PMV Metodu ile Isıl Konfor Ölçümü ve Hesaplanması. VIII. Ulusal Ölçüm Bilim Kong, Gebze/Kocaeli, Türkiye. 26-28 Eylül 2013.
- Erell E, Pearlmutter D, Williamson T, 2012. *Urban microclimate: designing the spaces between buildings*. Routledge.
- Fahmy M, Sharples S, 2009. On the development of an urban passive thermal comfort system in Cairo, Egypt. *Building and Environment*, 44(9): 1907-1916.
- Fanger PO, 1970. *Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering*. Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering.
- Gao J, Wang Y, Wargocki P, 2015. Comparative analysis of modified PMV models and SET models to predict human thermal sensation in naturally ventilated buildings. *Building and Environment*, 92, 200-208.
- Huang YJ, Akbari H, Taha H, 1990. The wind-shielding and shading effects of trees on residential heating and cooling requirements. *Proc. American Society of Heating, Refrigeration, and Air Conditioning Engineers*.
- Höppe, P, 2002. Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. *Energy and buildings*, 34(6), 661-665.
- Irmak A, Yilmaz S, Mutlu E, Yılmaz H, 2018. Assessment of the effects of different tree species on urban microclimate. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(16): 15802-15822.
- Johansson E, Thorsson S, Emmanuel R, Krüger E, 2014. Instruments and methods in outdoor thermal comfort studies-The need for standardization. *Urban climate*, 10: 346-366.



- Khalil HA, EE, Ibrahim A, Elgendy N, Makhoulouf N, 2018. Could/should improving the urban climate in informal areas of fast-growing cities be an integral part of upgrading processes? Cairo case. *Urban climate*, 24: 63-79.
- Kjellstrom T, Holmer I, Lemke B, 2009. Workplace heat stress, health and productivity—an increasing challenge for low and middle-income countries during climate change. *Global health action*, 2(1): 2047.
- Klemm W, Heusinkveld BG, Lenzholzer S, Jacobs M H, Van Hove B, 2015. Psychological and physical impact of urban green spaces on outdoor thermal comfort during summertime in The Netherlands. *Building and Environment*, 83, 120-128.
- Kolokotroni M, Giannitsaris I, Watkins R, 2006. The effect of the London urban heat island on building summer cooling demand and night ventilation strategies. *Solar Energy* 80(4), 383-392.
- Lin TP, Matzarakis A, Hwang RL, 2010. Shading effect on long-term outdoor thermal comfort. *Building and environment*, 45(1): 213-221.
- Lobaccaro G, Acero JA, 2015. Comparative analysis of green actions to improve outdoor thermal comfort inside typical urban street canyons. *Urban Climate*, 14, 251-267.
- Matsuoka RH, Kaplan R, 2008. People needs in the urban landscape: analysis of landscape and urban planning contributions. *Landscape and urban planning*, 84(1): 7-19.
- Matzarakis A, Mayer H, Iziomon MG, 1999. Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. *International journal of biometeorology*, 43(2): 76-84.
- Middel A, Chhetri N, Quay R, 2015. Urban forestry and cool roofs: Assessment of heat mitigation strategies in Phoenix residential neighborhoods. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14(1): 178-186.
- Milošević DD, Bajšanski IV, Savić SM, 2017. Influence of changing trees locations on thermal comfort on street parking lot and footways. *Urban forestry & urban greening*, 23, 113-124.
- Mirzaei PA, Haghighat F, 2010. Approaches to study urban heat island—abilities and limitations. *Building and Environment*, 45(10): 2192-2201.
- Müller N, Kuttler W, Barlag AB, 2014. Counteracting urban climate change: adaptation measures and their effect on thermal comfort. *Theoretical and applied climatology*, 115(1-2): 243-257.
- Nagano K, Horikoshi T, 2011. New index indicating the universal and separate effects on human comfort under outdoor and non-uniform thermal conditions. *Energy and Buildings*, 43(7): 1694-1701.
- Nikolopoulou M, Baker N, Steemers K, 2001. Thermal comfort in outdoor urban spaces: understanding the human parameter. *Solar energy*, 70 (3): 227-235.
- Parker JH, 1983. Landscaping to reduce the energy used in cooling buildings. *Journal of Forestry*, 81(2): 82-105.
- Tapias Pedraza, E. 2016. Climate-sensitive Urban Adaptation: Analysis of Qualitative and Quantitative Data of Outdoor Thermal Comfort in Barranquilla, Colombia (Doctoral dissertation, ETH Zurich).
- Sarı EN, 2019. Hava Kirliliği ve Konut Dokusu Arasındaki İlişkinin Analizi: Erzurum Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye (Basılmış).
- Sarrat C, Lemonsu A, Masson V, Guedalia D, 2006. Impact of urban heat island on regional atmospheric pollution. *Atmospheric Environment*, 40 (10): 1743-1758.
- Shashua-Bar L, Potchter O, Bitan A, Boltansky D, Yaakov Y, 2010. Microclimate modelling of street tree species effects within the varied urban morphology in the Mediterranean city of Tel Aviv. Israel. *International Journal of Climatology*, 30 (1): 44-57.
- Steemers K, 2003. Energy and the city: density, buildings and transport. *Energy and buildings*, 35 (1): 3-14.
- Tan Z, Lau KKL, Ng E, 2016. Urban tree design approaches for mitigating daytime urban heat island effects in a high-density urban environment. *Energy and Buildings*, 114, 265-274.
- Tang Z, Brody SD, Quinn C, Chang L, Wei T, 2010. Moving from agenda to action: evaluating local climate change action plans”. *Journal of environmental planning and management*, 53(1): 41-62.
- Thorsson S, Lindqvist M, Lindqvist S, 2004. Thermal bioclimatic conditions and patterns of behaviour in an urban park in Göteborg, Sweden. *International Journal of Biometeorology*, 48(3): 149-156.

- Tian G, Qiao Z, 2014. Assessing the impact of the urbanization process on net primary productivity in China in 1989–2000. *Environmental pollution*, 184, 320-326.
- Toy S, Yılmaz S, 2010. Thermal sensation of people performing recreational activities in shadowy environment: a case study from Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 101 (3-4): 329-343.
- Tsoka S, Tsikaloudaki A, Theodosiou T, 2018. Analyzing the ENVI-met microclimate model's performance and assessing cool materials and urban vegetation applications-a review. *Sustainable Cities and Society*, 43: 55-76.
- Wang Y, Akbari H, 2016. The effects of street tree planting on Urban Heat Island mitigation in Montreal. *Sustainable Cities and Society*, 27, 122-128.
- Wang Y, Bakker F, De Groot R, Wörtche H, 2014. Effect of ecosystem services provided by urban green infrastructure on indoor environment: A literature review. *Building and environment*, 77, 88-100.
- Yang X, Zhao L, Bruse M, Meng Q, 2013. Evaluation of a microclimate model for predicting the thermal behavior of different ground surfaces. *Building and Environment*, 60, 93-104.
- Yezioro A, Capeluto I. G, Shaviv E, 2006. Design guidelines for appropriate insolation of urban squares. *Renewable energy*, 31(7): 1011-1023.
- Yılmaz S, Mutlu E, Yılmaz H, 2018. Alternative Scenarios for Ecological Urbanizations Using Envi-Met Model. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(26), 26307–26321.
- Yılmaz S, Yılmaz H, Irmak MA, Kuzulugil AC, Koç A, 2017. Effects of Urban *Pinus sylvestris* (L.) Plantation Sites on Thermal Comfort. GREEN CITIES 2017 International Symposium on greener cities for more efficient ecosystem services in a climate changing world, Bologna, Italy, 12-15 September 2017.
- Zittis G, Hadjinicolaou P, Fnais M, Lelieveld J, 2016. Projected changes in heat wave characteristics in the eastern Mediterranean and the Middle East. *Regional Environmental Change*, 16(7): 1863-1876.

**Analysis of User - Space Relations: Şehit Fethi Sekin Park Example, İzmir**Emine MALKOÇ TRUE<sup>1\*</sup>, Çiğdem KILIÇASLAN<sup>2</sup>

**ABSTRACT:** It is important to analyze the relationship between the user and space by approaching the physical environment in a visual context, identifying existing and potential problems and proposing solutions to strengthen the public life of cities. Şehit Fethi Sekin Park, which also possesses sentimental values and love of homeland in its name, has been analyzed visually, and the design approach has been examined and the relationship between physical environment and user behaviour has been interpreted. The study was carried out in the example of Şehit Fethi Sekin Park in Bayraklı District of İzmir. In the first stage, the research area was generally photographed and the visual impressions were taken into consideration by the first impressions of the environment, the remarkable elements, the factors that reduce / increase the visual quality and the features that make the settlement different. In the second stage, the research area was evaluated in terms of spatial, sensory and social aspects. In the last stage, the research area was observed and photographed on the basis of environment - user - behaviour, and used and unused sections of the study area were determined. In addition, user behaviours and the physical environment in which this behaviours take place were handled together and the effects of environmental factors on user behaviours were revealed. As a result of the study, although it was tried to create interesting designs and sub-spaces, it was determined that the intended usage intensity could not be achieved and it was predicted that improvements that would not disturb the traditional structure of the study area would make significant contributions to the socialization of the public.

**Keywords:** Environmental psychology, User - space - behaviour relation, Şehit Fethi Sekin Park, public space.

**Kullanıcı - Mekan İlişkilerinin Analizi: Şehit Fethi Sekin Parkı Örneği, İzmir**

**ÖZET:** Fiziksel çevreye görsel bağlamda yaklaşarak kullanıcı ile mekan arasındaki ilişkiyi analiz etmek, mevcut ve potansiyel sorunları belirleyerek çözüm önerileri getirmek kentlerin kamusal yaşamını güçlendirmek adına önemlidir. İsminde aynı zamanda manevi değerleri ve vatan sevgisini barındıran park alanı, görsel yolla analiz edilmiş, tasarım yaklaşımı irdelenerek fiziksel çevre ile kullanıcı davranışları arasındaki ilişki yorumlanmıştır. Çalışma; İzmir ili Bayraklı İlçesi Şehit Fethi Sekin Parkı örneğinde yürütülmüştür. İlk etapta, araştırma alanı genel olarak fotoğraflanmış, görsel yolla gerçekleştirilen değerlendirmelerde, sözü edilen çevrenin, uyandırdığı ilk izlenimler ile dikkati çeken unsurlar, görsel kaliteyi azaltan / artıran faktörler ve yerleşimi farklı kılan özellikler dikkate alınmıştır. İkinci etapta; araştırma alanı mekânsal, duyumsal ve sosyal yönden değerlendirilmiştir. Son etapta ise araştırma alanı, çevre - kullanıcı - davranış temelinde gözlemlenerek fotoğraflanmış, incelenen alanda kullanılan ve kullanılmayan bölümler saptanmıştır. Ayrıca kullanıcı davranışları ile bu davranışın geçtiği fiziksel çevre birlikte ele alınarak, çevresel etmenlerin kullanıcı davranışlarına etkisi ortaya konulmuştur. Çalışma sonucunda her ne kadar ilgi çekici tasarımlar ve alt mekanlar oluşturulmaya çalışılsa da hedeflenen kullanım yoğunluğunun sağlanamadığı belirlenmiş, çalışma alanının geleneksel yapısını bozmayacak iyileştirmelerin kent halkının sosyalleşmesi yönünde önemli katkılar sağlayacağı öngörülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Çevre psikolojisi, Kullanıcı – mekan - davranış ilişkisi, Şehit Fethi Sekin Parkı, Kamusal mekan.

<sup>1</sup> Emine MALKOÇ TRUE (Orcid ID: 0000-0003-1235-1978) Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, İzmir, Türkiye

<sup>2</sup> Çiğdem KILIÇASLAN (Orcid ID: 0000-0002-4467-3739), Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Aydın, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Emine MALKOÇ TRUE, e-mail: eminemalkoc@hotmail.com

## INTRODUCTION

Space, which is a part of the environment, is defined as limited and a defined area with a number of surfaces in order to meet the physiological, psychological and social needs of the users (Ünver, 2007). The space is not only a place where the need for shelter is met, but also a means of regulating the relations of people with society and the physical environment that plays an active role in communicating with others (Kutlu, 2018). The relationship between architecture and human started with the desire to be safe and protected, which is one of the most basic instincts (Ünver, 2007). In this sense, space is shaped by adapting to the change and development of human needs, including many dimensions according to the psychology, culture and socio-economic levels of the people living in it (Kutlu, 2018). Space is a product of human, both physically and socially, and spaces that are physically constructed and reconstructed first are shaped by the meanings imposed on them by people (Güleç Solak, 2017). Since the task of architecture is to create liveable built environments for people, the interaction between human as a social being and the environment in which he lives has to be examined within the human-environment behaviour relationship (Uzunoglu and Özer, 2014). However, today's modern architecture has moved away from its structure, which places people at the centre and leaves liveable spaces for future generations (Silahtaroglu and Ergül, 2016).

People's mood and wellbeing are affected by various elements of the built environment including spatial allocations, lighting, access to nature, color, indoor air quality, noise, thermal comfort, user control of space, and preferred environment (Charnofsky, 2012). Consideration of the relationship between people and their environment starts with architectural or environmental determinism, where the physical environment has a determining influence on human behaviour. But, by negating the role of human agency and social influences, it assumes environment – people interaction is a one-way process (Carmona et. al, 2010). The interaction between users and the physical environment is interpreted on the basis of environmental psychology and both the effects of environment on the users' behaviours and the effects of the users' various activities on the physical and social environment are determined within these types of studies (Malkoç True et. al, 2014).

In this context, this study aims to analyze a built environment on the basis of environmental psychology, which is about the interrelation of space and the user of space, and to try a participatory method in this analysis process.

## MATERIAL AND METHODS

### Research Material

The park named after Fethi Sekin, a police officer who was martyred as a result of the terrorist incident in Izmir on January 5, 2017, was chosen as the research area in this study. Şehit Fethi Sekin Park is located in Mansuroğlu Quarter of Bayraklı district of İzmir City, between Ankara Street, Aliya İzzet Begovic Street, 286/10 Street and 286/6 Streets. The study area is 40.000 m<sup>2</sup> and it is a neighbourhood park. The park, which was opened to public service on 04 February 2017, is surrounded by residential areas and commercial areas. In addition to pedestrian access to the research area and access by private vehicle, public transportation such as bus, metro, minibus is also available. Due to its easy accessibility and proximity to other public spaces, it addresses users of all ages from seven to seventy (Figures 1 and 2).



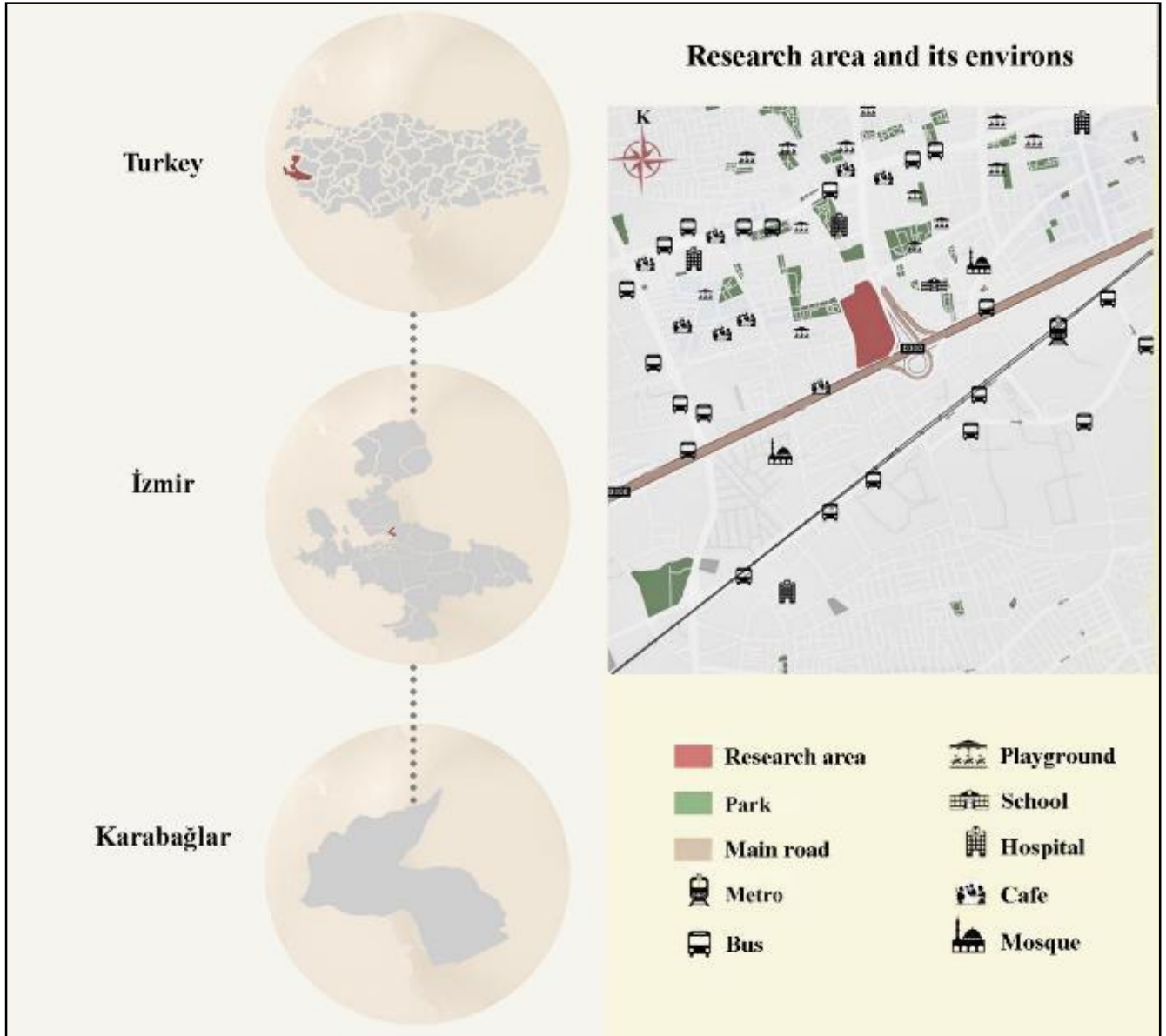
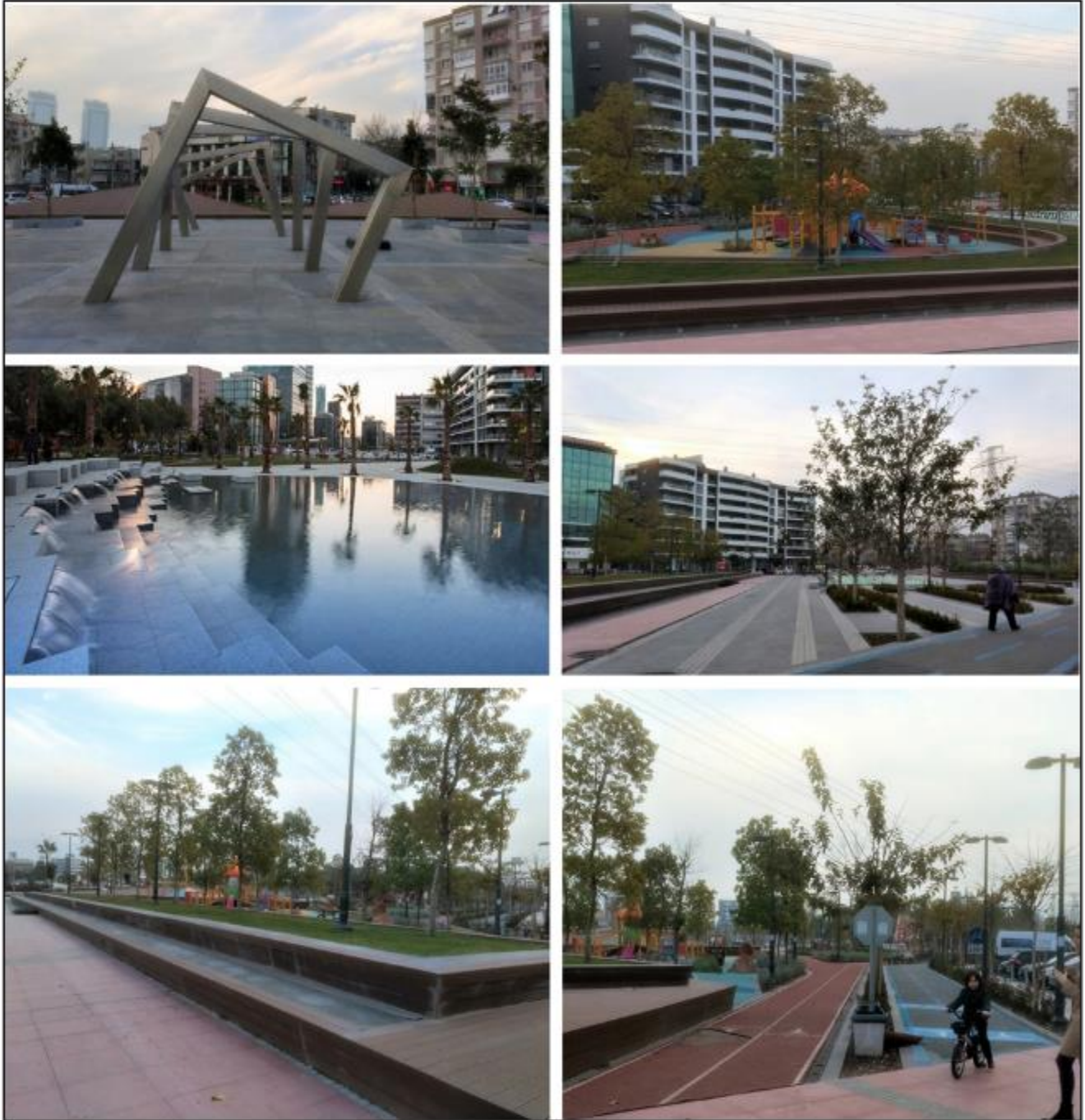


Figure 1. The study area and its vicinity



Figure 2. Photographs from the research area





**Figure 2.** Photographs from the research area (continued)

### Research method

The starting point of this study is to analyze the study area on the basis of user - space relations. The study was carried out as an end-of-term project within the scope of 2017-2018 Fall Semester Environmental Psychology course and 41 students (20 groups (1-3 persons)) participated in the study.

The research consists of four main stages:

- Characteristics of the Study Area: This stage consists of literature studies on the spatial characteristics of the study area and land observation studies to understand how the space is used.

- Data Collection: Visual analysis research method was used in the study and support was received from the senior students of the Department of Landscape Architecture of Ege University. Firstly, the students examined the study area on-site with the research team, followed by frequent field visits for

their individual studies. During these visits, the students conducted observation studies under the guidance of the study preparation instructions given to them at the beginning of the semester. In the preparation of the “study preparation instructions”, Malkoç (2008), Kilicaslan et al. (2008), Malkoc et al. (2010), Malkoc True et al. (2014), Malkoç True and Özkan (2014), Malkoç True and Sönmez Türel (2017) were used in this study.

“The study preparation instructions” originally prepared for this study consists of three main stages. In the first stage, the study area was observed in general (first impressions, factors affecting visual quality, characteristics that make the study area different). In the second stage, the spatial (building space / open space relationship, the quality of urban furniture, space transitions, existing subspace types, space action), sensorial (sensations in the perception process) and social (user information, social interaction types, activity types, user behaviour, environment - behaviour relationship) aspects of the study area were evaluated. In the last stage, the active / passive activities performed by the users were observed and interpreted, the used and unused parts of the area were mentioned together with their reasons and the effect of the positive / negative environmental factors on the user behaviours were revealed.

- Research Findings: The findings obtained from literature studies, field studies and observations and analysis studies were evaluated on the basis of environmental psychology.

- Evaluation and Conclusion: As a result of the evaluations, the results of the analysis were discussed on the basis of user - space relationship and some suggestions were made.

## RESULTS AND DISCUSSION

### The 1<sup>st</sup> Stage of the Research

In the first stage of the study, the study area was generally photographed and evaluated visually. In the evaluations, it was benefitted from the first impressions of the students who have not experienced the study area before and the factors affecting the visual quality and the characteristics that make the study area different were determined. In this stage, the easily accessible location of the study area and contemporary and modern design have attracted attention. In addition, there are many cultural factors that affect the visual quality of the area positively or negatively. (Table 1).

**Table 1.** General evaluations

<b>First impressions</b>	Positive	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Easy access to the area and a variety of transportation alternatives</li> <li>▪ Buffer between residential and commercial areas</li> <li>▪ The design of the area is innovative, original and interesting.</li> <li>▪ It embraces the society in general.</li> <li>▪ Presence of sub-spaces encourages the use.</li> <li>▪ It is rich in activities and facilities.</li> <li>▪ The variety of materials is rich.</li> <li>▪ Bikeway and walking trail promote space usage and does not affect other activities negatively.</li> <li>▪ The positive contribution of the modern and dynamic structure of the immediate environment to the area</li> <li>▪ Visual and psychological impact of planting design on the area is positive.</li> <li>▪ Reliable and memorable image</li> <li>▪ Relaxing effect of water</li> </ul>
--------------------------	----------	---

**Table 1.** General evaluations (continued)

	Negative		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ The feeling of space could not be created because of its high permeability</li> <li>▪ The presence of noise as a negative environmental factor</li> <li>▪ Open to negative climate factors</li> <li>▪ Insufficient shading</li> <li>▪ Application / construction works still continue</li> <li>▪ Negative image of destroyed and vandalized materials</li> <li>▪ Excessive perception of the area from outside</li> <li>▪ Only one entry is defined</li> <li>▪ Unbalance in occupancy - emptiness relationship</li> <li>▪ Lack of hierarchy in space transitions</li> <li>▪ Existence of management related problems</li> <li>▪ Existence of insecurity</li> </ul>
<b>Factors affecting the visual quality</b>	Positive	Natural	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Presence and appropriate design of plant material</li> <li>▪ Potential to benefit from sunlight</li> </ul>
		Cultural	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Children's playgrounds</li> <li>▪ Water elements</li> <li>▪ Plastic elements</li> <li>▪ Seating places</li> <li>▪ Grass hills</li> <li>▪ Material colour harmony</li> <li>▪ Night lighting</li> <li>▪ Information and orientation in the area</li> </ul>
	Negative	Natural	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Presence of unkempt and young plant materials</li> <li>▪ The perception of summery due to the presence of water elements</li> </ul>
		Cultural	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Multi - storey building in the immediate surroundings</li> <li>▪ Presence of garbage in the area</li> <li>▪ Unkempt seating areas</li> <li>▪ Existence of uncompleted parts in the park</li> <li>▪ Electric pole and electricity line passing through the field</li> <li>▪ Existence of drainage problem</li> </ul>
<b>Differentiating characteristics of the study area</b>	The area brings vitality and movement to the close environment, offers different experiences to its users, and the contemporary and modern design approach takes the park to a different point among other parks in İzmir. Moreover, the name given to the park has a positive psychological effect on the people of the city.		

### The 2<sup>nd</sup> Stage of the Research

The study area was evaluated in terms of spatial, sensory and social aspects. In the evaluations, it has been determined that the research area creates open space feeling spatially, and the urban furniture are highly qualified while the space transitions are gradual. In addition, it was realized that the area exhibited a very dynamic structure with the contribution of its sub-spaces (Table 2).

According to the sensory aspects of the study area; It was found to be roomy, attractive, proportionate and bright but it was considered to be unkempt and untraditional (Table 3).

In the social evaluations, it was seen that the users of the study area showed a homogeneous distribution in general as women and men and the users from all ages and segments of the society came to the area. Considering the types of social interaction seen in the area, one person, two people, parallel users and small groups were found to vary, but it was noticed that the use of two people gained weight. There are many active and passive activities in the study area and these behaviours are a part of daily

life. In addition, when the user behaviours seen throughout the area are examined; self-focused, pure observer, verbal interaction and mobile users were observed and they are in harmony with the environment (Table 4).

**Table 2.** Spatial evaluations

<b>Built Space / Open Space</b>	1/4 <	<b>Space Transition</b>	Gradual
<b>Action of the Space</b>	Dynamic	<b>Quality of the Urban Furniture</b>	High
<b>Sub - Spaces</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Stone made watching terrace</li> <li>▪ Playground</li> <li>▪ Dry fountain</li> <li>▪ Square</li> <li>▪ Hiking and cycling path</li> </ul>		

**Table 3.** Sensory evaluations

	1	2	3	4	5	
Closely spaced				X		Roomy
Boring					X	Attractive
Distributive			X			Relaxative
Noisy			X			Quiet
Irregular			X			Regular
Disproportionate					X	Proportionate
Unkempt		X				Well - kept
Unsafe			X			Safe
Dark					X	Bright
Passive			X			Active
Untraditional	X					Traditional
Monotonous			X			Variable

**Table 4.** Social Evaluations

<b>User Information</b>	Gender	Female and male user distribution are homogeneous
	Age	All age groups
<b>Social Interaction</b>	Single person (SP), Two people (TP), Parallel user (PU) and Small Group (SG)	
<b>Activity Types</b>	Active	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dog walking</li> <li>▪ Running</li> <li>▪ Passing</li> <li>▪ Roller skating</li> <li>▪ Playing games</li> <li>▪ Walking</li> <li>▪ Photographing</li> <li>▪ Cycling</li> </ul>
	Passive	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Waiting</li> <li>▪ Chatting</li> <li>▪ Eating - Drinking</li> <li>▪ Seating</li> <li>▪ Observing</li> <li>▪ Resting</li> <li>▪ Listening to music</li> <li>▪ Reading</li> </ul>
<b>User Behaviour</b>	Self - Focused, Observing User, Verbally User, Active User	
<b>Environment-Behaviour Relationship</b>	User behaviour is compatible with the environment and is a part of daily life	



### The 3<sup>rd</sup> Stage of the Research

At this stage; the used and unused parts of the study area were identified and the relationship between the observed user behaviour and the environment throughout the area and the observed positive / negative environmental factors on the user behaviour were revealed.

“The Halide Edip Adivar Primary School” and the “District Governor Özgür Azer Kurak Primary School” and many neighbourhood parks in the vicinity have a positive impact on the use of the area. In fact, Sakarya Street Park, which is located very close to the study area, establishes a continuity - permanency - integrity relationship with the study area. In spite of this advantageous position, it has been observed that in particular the sections bordering the main road are not used. The main factors in not using these sections are noise and pollution from the road.

The design of the area (both the planting design and the structural design) was found original and interesting and the subspaces inside the park were found useful. On the other hand, some handicaps of the design were also mentioned due to the environmental factors such as the presence of noise, being open to negative climate factors, insufficient shading and so on. In addition, some maintenance problems, such as garbage, unkempt urban furniture, and uncompleted parts affect the visual quality negatively.

Researches have shown that noise, air quality, lighting - colour characteristics can have an indirect effect on mental health in terms of socialization by influencing the communication skills and behaviours of the person in the psycho - social process as well as the direct effect on human health (Kutlu, 2018). The roomy structure of the pedestrian and walking paths in the research area positively affects the use, and the presence of items worth taking pictures (eikon, dry fountain, amphitheatre, etc.) directs users to this activity. Although the main road bounded to the area and the high-rise buildings in the immediate surroundings do not have a picturesque view, the accessible design approach is another factor that positively affects the use of the area. The presence of large open spaces separates users from each other and the lack of sufficiently defined entries of the area and the high permeability of the park borders allows the users to enter the area from different points. In addition, the open space fogging arcade at the main entrance was found to be interesting but not functional. The lighting system positively affects the use of the night, but it is determined that the intended usage intensity cannot be achieved even though interesting designs and sub-spaces are tried to be created. One of the most important reasons for this is the fact that the season passes are not taken into consideration much and the spatial solutions that make the user feel more comfortable during periods of adverse climate conditions are not designed. Therefore, particularly user density varies depending on the season and affects the length of stay in the park.

### CONCLUSION

The research area is indispensable for Bayraklı District of İzmir with its easily accessible location and structure that embraces the society in general. Considering the dense settlement in the immediate vicinity, the study area acts as a buffer between the residential and commercial areas.

The biggest importance of the park is due to its name, which increases its value. The name ‘Fethi Sekin’ affects people emotionally positively, which causes people to protect the values of the park.

In this study, some suggestions have been made in order to determine the problems experienced in user - space relations of the park, which has such importance for its close environment, and to improve the use of space in this direction.

As it's mentioned in the literature, the physical environment created by urban design decisions directly affects the psychological, physical and social health of the individual, in turn, society as a whole (Uslu, Kiper, Baris, 2009) and so the use of the space is affected. Supporting the previous literature,



when the results obtained from the findings were evaluated, the high level of boundary permeability and the high degree of perception of the area from outside creates a feeling of insecurity on the users. In addition, noise is often mentioned as a negative environmental factor. With the revisions to be made in the area, both the park boundaries should be better defined and the perception from the environs should be limited.

Studies on open spaces have investigated the relative influence of wind and temperature on user comfort (Walton, Dravitzki and Donn, 2007).. Similarly, climate factors have influenced the users in the research area as it is unprotected in terms of climate factors such as sun, wind and rain. This situation affects the usage intensity of the area negatively, especially in winter months. Therefore, urban furniture that provide opportunities such as shading and rain protection should be used in the area. The solutions to be produced in this direction will affect the use of the area in a positive way.

Being unkempt is also one of the main problems of the area. Although the park was recently opened to public use in 2017, it is thought provoking that there are maintenance problems.

Especially considering the uses in the immediate surroundings, social and cultural activities should be supported, partial deformations of the floor and other materials should be repaired, the application of unfinished parts should be completed as soon as possible, drainage problems should be solved and routine maintenance should be performed.

When the research area is evaluated spatially, it is found rich and dynamic with its sub-spaces. Existing trees in the area contribute to the formation of space feeling and play an important role in strengthening the identity of the space. The structural materials used in the study area were found to be of high quality but were evaluated as unkempt in the evaluations. In addition, the presence of garbage that can be seen throughout the area shows that maintenance and management services gain a special importance at this point. As it's mentioned before, the name "Fethi Sekin" has an important place in people's value judgements. In this context, in terms of social and emotional values, careful attention must be paid to the maintenance of public places by the local government where a martyr hero like Fethi Sekin is named, routine maintenance of the park should be made.

The contribution of the study area to socialization is undoubtedly quite successful. However, the development of new solutions that will contribute to the social development of the society will positively affect the development of user - space relations.

## REFERENCES

- Uslu, A, Kiper, T and Baris, ME, 2009. Public Health - Urban Landscaping Relationship and User's Perceptions, *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 23:3, 1399 - 1408
- Carmona, M, Tiesdall, S, Heath, T and Oc, T, 2010. *Public Places - Urban Spaces The Dimensions of Urban Design*. Elsevier, ISBN - 13: 978-1-85617-827-3, Second Edition, 394 p.
- Charnofsky, L, 2012. *The Interrelationship Between Human Behavior and Sustainability in the Built Environment*. Kent State University, College of Architecture and Environmental Design, Bachelor's Thesis, 61 p.
- Güleç Solak, S, 2017. Space - Identity interaction: A Conceptual and theoretical overview. *Manas Journal of Social Studies*, 2017, Vol: 6, No:1, Pages: 13 - 37.
- Kilicaslan, C, Malkoc, E, Sonmez Turel, H, 2008. Comparative Analysis of Traditional, Modern, and Renovated Streets in Physical, Visual, and Life Aspects; A Case Study on Buca District - Izmir (Turkey). *Indoor and Built Environment* 2008, 17;5: 403 - 413.
- Kutlu, R, 2018. The Effects of environmental factors on space quality and human health. *The Turkish Online Journal of Design, Art and Communication - TOJDAC*, January 2018 Volume 8, Issue 1, p. 67 - 78.

- Malkoc, E, Kilicaslan, C, Ozkan, MB, 2010. Visual Landscape Analysis of Urban Open Spaces: A Case Study of the Coastline of Göcek Settlement, Muğla, Türkiye. *Indoor and Built Environment* 2010, 19;5: 520 - 537.
- Malkoç True, E, Altuğ Turan, İ, Sönmez Türel, H, Kalaycı, A, 2014. The Analysis of User - Space Relations in Terms of Environmental Psychology: Urla Urban Settlement. 25th International Scientific Experts Congress Agriculture and Food Industry, 25 - 27 September 2014, İzmir, Turkey, p: 177 – 180.
- Malkoç True, E, Özkan, MB, 2014. Evaluation of a Public Open Space Depending on User Behaviour in the Post Occupancy Phase. *Artium*, Vol. 2, No.1, 16 - 28, 2014.
- Malkoç True, EM, Sönmez Türel, H, 2017. Analysis of a public place in the view of project for public spaces' The Place Diagram. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 2017, 54 (3):319 - 326.
- Malkoç, E, 2008. Post - Occupancy evaluation (POE) in public spaces: A Case study of İzmir Konak Square and its vicinity. Ege University, Graduate School of Natural and Applied Science, Ph.D Thesis (Printed).
- Silahtaroglu, G, Ergül, H, 2016. A Study on the two parameter homothetic motions in hyperbolic plane. *Beykent University Journal of Science and Engineering*, Volume 9(2) 2016, 95 - 124.
- Uzunoglu, SS, Özer, H, 2014. A Model for the development of architectural psychology formation in architectural education. *Megaron* 2014; 9(2): 143 - 165.
- Ünver, E, 2007. Evolution and transformation of Wall due to progress in time and technology. İstanbul Technical University, Institute of Science and Technology, Master Thesis (Printed).
- Walton, D, Dravitzki, V, and Donn, M, 2007. The Relative Influence of Wind, Sunlight and Temperature on User Comfort in Urban Outdoor Spaces. *Building and environment*, 42(9), 3166 - 3175.

**Yozgat İli Tarım İşletmelerinde Kışlık Buğday (*Triticum aestivum* L.) Üretim Maliyet Analizi**Nizamettin ERBAŞ<sup>1\*</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada, Yozgat ilinde kışlık buğday üretimine yer veren tarım işletmelerinde fiziki girdi kullanım miktarlarının ve buğday üretim maliyetinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla gerekli bilgiler, örnekleme ile belirlenen 181 tarım işletmesine uygulanan anketler yoluyla elde edilmiştir. Anketler 2018 yılının Temmuz-Ağustos aylarında uygulanmış olup, 2017 yılı üretim döneminin verileri esas alınmıştır. Çalışmada işletmeler bir bütün olarak ele alınmış ve 1-50 dekar, 50.01-150 dekar ve 150.01-500 dekar olmak üzere üç tabakaya ayrılmıştır. İşletmeler ortalamasında buğday üretiminde masrafların %84.33'ünü değişken masraflar ve %15.67'sini sabit masraflar oluşturmuştur. Değişken masrafların %57.15'i toprak hazırlığı, %28.17'si gübreleme ve ilaçlama, %10.07'si hasat-harman masrafı ve %4.61'i döner sermaye faizinden oluşurken, sabit masrafların %83.84'ü tarla kirası ve %16.16'sı genel idare masraflarından oluşmuştur. Üreticiler 1 dekar alandan 216.73 kg ana ürün ve 221 kg yan ürün (saman) elde etmiştir. 1 kg buğdayın üretim maliyeti 0.75 tl ve ortalama satış fiyatı 0.84 tl olarak belirlenmiştir. 1 kg yan ürünün (saman) satış fiyatı ise 0.19 TL olarak bulunmuştur. Çiftçi 2017 yılında 1 dekar buğday üretiminden 51.50 TL brüt kar ve 19.44 TL net kar elde etmiştir. Buğday veriminin ve birim satış fiyatının düşük, üretim maliyetinin ise yüksek oluşu çiftçinin buğday üretiminden gelirini önemli ölçüde etkilemiştir. Verimliliğin artırılmasına ve destekleme fiyatlarının iyileştirilmesine yönelik politikalar ile, uygulanacak girdi sübvansiyonları tarım kesiminin kalkınmasına yönelik önemli yöntemler olarak görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Brüt kar, kışlık buğday, net kar, üretim maliyeti, Yozgat.

**Analysis of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Production Cost in Farms of Yozgat Province**

**ABSTRACT:** In this study, it was aimed to determine physical input usage and wheat production cost in farms growing wheat in Yozgat province. The main material of study consisted of data obtained via surveys applied to 181 farms identified by sampling. The surveys were carried out in July-August of 2018, they based on the data of the 2017 production period. In study, farms were consider as a whole, and they were divided into three strata according to farmland sizes (including 1-50, 50.01-150, and 150.01-500 decare). 84.33% of total costs in wheat production consisted of variable costs, and 15.67% of them fixed costs. While 57.15% of variable costs was consisting of land preparation cost, 28.17% of them fertilizer and pesticide input cost, 10.07% of them harvest and threshing cost and 4.61% of them operational capital interest cost, 83.84% of fixed costs was consisting of land rent cost, and 16.16% of them general administrative cost. Farmers obtained kg 216.73 of main product (wheat) and kg 221 of by product (chaff) per decare. Production cost of kg 1 of wheat was determined as TL 0.75 and average sales price of it as TL 0.84. Average sales price of kg 1 of by product (chaff) was found as TL 0.19. Farmer earned from wheat production TL 51.50 of gross profit and TL 19.44 of net profit in 2017. Low productivity and low unit sales price, and high production cost affected significantly the farmer's wheat income. Policies aimed at increasing productivity and improving support prices, and input subsidies to be implemented are important methods in favor of farmers.

**Keywords:** Gross profit, *Triticum aestivum* L., pure profit, production cost, Yozgat.

<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

Ekonominin ilk sektörü, insanoğlunun ilk mesleki uğraşısı tarımdır. Diğer sektörler gibi, tarım sektörü de sosyoekonomik yapıda pek çok görevler üstlenmektedir. Tarımın üstlendiği bu görevler; nüfus ve istihdam yönünden katkı, üretim, beslenme, milli gelir ve dışsattım katkısı, sanayiye hammadde temini, üretim faktörlerinin transferi ve bölge halkının yaşam biçimini oluşturması şeklinde ortaya çıkmaktadır (Boz, 2004; Cinemre ve Kılıç, 2015; Erbaş, 2016; Karadaş, 2016). Şöyle ki, Türkiye’de tarım kesimi tüm nüfusun %7.7’sini oluşturmakta, istihdamın %19.4’ünü ve gayrisafi yurtiçi hasılanın %6.1’ini karşılamaktadır (Anonim, 2019a). Aktif nüfusun %18.7’si tarımda çalışmaktadır. Tarımın en önemli şubesi bitkisel üretim faaliyeti olup, bitkisel üretim faaliyeti içinde buğday önemli bir yer tutmaktadır (Açıl ve Demirci, 1984).

Buğday geniş bir adaptasyon yeteneği olan, dünyada mısır ve pirinçten sonra en çok üretilen ve tüketimi en fazla olan bir üründür (Estes ve ark., 2013). İnsanlığın devamı ve varlığı için tarım ve özellikle hububat ürünleri çok önemlidir (Hokazono ve Hayashi, 2012; Lobell ve ark., 2013). Türkiye’de de buğday hem ekiliş alanı ve hem de üretim potansiyeli bakımından ilk sıralarda yer almaktadır. 2017 yılı verilerine göre, hububat ekim alanının %69.35’ini ve hububat üretiminin %59.77’sini buğday oluşturmuştur (Anonim, 2017a). Türkiye’de toplam ekili alanın %46.82’sinde buğday tarımı yapılırken, araştırma yöresi için bu oran %71.15’i bulmaktadır.

Buğday, özellikle temel gıdaların hammaddesini oluşturması ve insan beslenmesinde kullanılması nedeniyle diğer ürünlere göre stratejik bir önem arz etmektedir. Buğdayın uygun besleme değeri, saklama ve işlenmesindeki kolaylıklar, onun önemini daha da arttırmaktadır (Özcan ve ark., 2019). Buğday üretiminde bir azalma olduğunda, ekmek ve unlu mamüllerin fiyatları yükselerek, tüm toplum bundan etkilenmektedir. Bu bağlamda, ülkeler ve toplumlar buğday üretimi açısından yeterli olmak ve stoklarında yeterince buğday bulundurmaları zorundadır (Süzer, 2019).

Ülkemizde hububat ve özellikle buğday ve buğday ürünlerinin tüketim alışkanlığı nedeniyle buğday tarımının önemi giderek artmaktadır. Gıda olarak en çok tüketilen ekmek, bulgur, makarna, nişasta, bisküvi, gofret ve şekerlemenin hammaddesi buğdaydır. Aynı şekilde, buğday bitkisinin sapları da kâğıt-karton sanayiinde ve hayvan beslenmesinde önemli ölçüde kullanılmaktadır (Oyewole, 2016).

Buğday insanların kalori ve protein ihtiyacının karşılanması açısından da son derece yararlı bir bitkidir. Dünya kalori ve protein tüketiminin %20’si buğday bitkisinden karşılanmaktadır. İnsanlar günlük enerji ihtiyaçlarının yarısına yakını buğdaydan sağlamaktadır. Ekmekte ve diğer buğday ürünlerindeki kompleks karbonhidratlar, insan vücudunun ihtiyacı olan gerekli yakıtı sağlarlar. Karbonhidratlar vücudun tercih edilen bir yakıt kaynağıdır. Buğday unu ise, vitamin ve mineraller için bir araçtır ve önemli bir karbonhidrat, lif, magnezyum, B vitamini, folik asit, antioksidan ve fitokimyasal kaynağıdır. Bu besinler sağlığa olumlu katkıda bulunur ve kalp hastalığı, diyabet ve bazı kanserlerden insanları korur (Atar, 2017).

İnsan beslenmesi ve sağlık açısından sayısız önemi olan buğday bitkisi, ülkemizde geniş bir çiftçi kitlesi tarafından yetiştirilmektedir (Özçelik ve Özer, 2006). Tarla bitkileri yetiştiriciliğinde önemli pay almaktadır. Ancak, günümüzde buğdayın ekonomiye katkısı konusundan daha ziyade, gıda güvenliğinin sağlanması, tarımsal gelirin iyileştirilmesi ve süreklilik kazandırılması, tarım ürünleri arz ve fiyatında istikrar sağlanması konuları daha fazla önem kazanmaktadır (Doğan, 2018).

Türkiye’de iç ve dış pazar isteklerine uygun buğday tarımının yapıldığı bölgeler İç Anadolu ve Güney Doğu Anadolu Bölgeleri’dir. Buğday bir serin iklim tahıdır ve kışa oldukça dayanıklı bir bitkidir. Çimlenme ve kardeşlenme döneminde 5-10 °C, sapa kalkma döneminde ise 10-15 °C sıcaklık

ister. Yıllık ortalama yağışın 500-600 mm olduğu bölgelerde yetişmektedir (Süzer, 2019). Yozgat ilinin yıllık ortalama sıcaklığı 9 °C ve yıllık ortalama yağışı 538 mm olup, buğday tarımı için uygun özellik göstermektedir (Anonim, 2019b).

Ancak, Türkiye’de başta yıllık yağışların düzensizliği olmak üzere, tarımın geleneksel yöntemlerle yapılması ve yetersiz girdi kullanım nedenleriyle buğday verimi dünya ortalamasının altında kalmıştır (Kızılaslan, 2014; Anonim, 2019c). 2017-2018 üretim döneminde dekara buğday verimi dünya ortalamasında 345 kg iken, Türkiye’de 276 kg’dır (Anonim, 2017a). Yozgat ili için bu rakamın 221 kg da<sup>-1</sup> olduğu ifade edilebilir (Anonim, 2019a). Pakistan-Peshawar’da yürütülmüş “Çeşitli faktörlerin buğday üretimine etkisi” adlı bilimsel bir araştırmada, bölgede buğday verimi 388.66 kg da<sup>-1</sup> olarak bulunmuş ve bu rakamın dünya standartlarının üzerinde olduğu belirtilmiştir (Iqbal ve ark., 2015)

Buğday tarımında masrafların büyük bölümünü değişken masraflar oluşturmakta ve değişken masraflar içinde de toprak hazırlığı önemli bir yer tutmaktadır. Pakistan-Peshawar’daki aynı çalışmada, buğday üretim maliyetinde tohum, gübre, sulama, toprak hazırlığı ve işgücü masrafları hesaplanmış ve çalışma alanındaki toplam buğday üretim giderlerinin %35.2’sini gübre, %30.30’unu tarla kirası ve %15.1’ini de toprak hazırlığı oluşturmuştur. Çin’de yürütülmüş çalışmada da, gübre, sulama ve makine kullanım masraflarının buğday üretim maliyetini önemli ölçüde etkilediği, ancak Cooperate Environmental Sustainability (CES) tabanlı modelleme ile optimizasyon uygulamalarının gübre ve zirai ilaç maliyetlerini sırasıyla, %42.83 ve %21.41 oranlarında düşürdüğü belirtilmiştir.

Türk tarım sektöründe önemli bir potansiyeli bulunan Yozgat ili, Türkiye toplam tarım alanının %2.56’sını oluşturmakta (Anonim, 2019a), aktif nüfusun ise %26.5’i tarımda çalışmaktadır (Anonim, 2017b). Türkiye’nin hububat üretiminde %2.71 ve buğday üretiminde %3.25 pay almaktadır (Anonim, 2019a). Toplam ekili alanın %71.15’inde buğday tarımı yapılmaktadır. Bu rakamlar, tarımın ve özellikle buğday yetiştiriciliğinin araştırma yöresi için çok önemli olduğunu göstermektedir.

Bu nedenle çalışma, Yozgat ilinde tarımsal faaliyetin esas unsuru olan buğday yetiştiriciliğinde net kazancın belirlenmesi ve net kazancı etkileyen faktörlerin ortaya konulması sektörün geleceği açısından büyük önem arz etmektedir. Tarım kesiminde üretimin arttırılmasına yönelik çalışmaların yanısıra, maliyet analizi ile ilgili çalışmaların yapılması sektörün devamlılığı ve karlılığı açısından önemlidir.

Araştırma yöresinin tarımsal yapısını ya da sosyoekonomik yapısını inceleyen çeşitli çalışmalar mevcut olsa da, buğday yetiştiriciliğinde maliyet analizine yönelik herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. İşte, Yozgat ilinde buğday üretimine yönelik maliyet analizinin yapılması ve maliyeti etkileyen faktörlerin tespiti, bu çalışmada en önemli amaç olmuştur.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Bu araştırmanın ana materyalini, Yozgat ilinde tabakalı tesadüfi örnekleme yöntemi ile belirlenen tarım işletmelerine uygulanan anketler yoluyla elde edilen veriler oluşturmuştur. Bu nedenle araştırmada öncelikle Tarım ve Orman İl Müdürlüğü kayıtlarından yararlanılarak, ana kitle belirlenmeye çalışılmıştır. İl ve İlçe Tarım Teşkilatlarında görevli teknik elemanların ve özellikle konu uzmanlarının da görüşleri alınarak, gayeli örnekleme ile örnek köyler belirlenmiştir. Böylece 29 köy ve bu köylerdeki 3.938 adet tarım işletmesi ana populasyonu oluşturmuştur.

Ana populasyonu oluşturan işletmeler arazi büyüklüklerine göre gruplandırılmış ve üç tabakaya ayrılmıştır. Buna göre, birinci tabakadaki (1-50 dekar) ana kitle işletme sayısı 1.152, ikinci tabakadaki (50.01-150 dekar) ana kitle işletme sayısı 1.829 ve üçüncü tabakadaki (150.01-500 dekar) ana kitle işletme sayısı 957 olarak belirlenmiştir. Birinci tabakanın standart sapması 11.98, ikinci tabakanın



standart sapması 27.39 ve üçüncü tabakanın standart sapması 85.05 olarak bulunmuştur.

Ana kitleden örneğe çıkacak işletme sayısı, tabakalı tesadüfi örnekleme yöntemine göre hesaplanmıştır. Bu yöntemde kullanılan formüller Eşitlik 1., 2. ve 3. te verilmiştir (Yamane, 1967).

$$n = \frac{N \cdot \sum N_h \cdot S_h^2}{N^2 \cdot D^2 + \sum N_h \cdot S_h^2} \quad (1)$$

$$n_h = \frac{N_h}{\sum N_h} \cdot n \quad (2)$$

$$D^2 = d^2 / Z^2 \quad (3)$$

d: Ortalamadan izin verilen hata payını,

Z: Hata oranına göre standart normal dağılım tablo değerini,

N: Populasyonu,

$S_h^2$ : Tabaka varyansını,

$S_h$ : Tabaka standart sapmasını,

$N_h$ : Populasyonun 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 tutulmuş ve böylece örnek hacmi 181 olarak belirlenmiştir. Örnek hacminin belirlenmesinde %5 hata payı ve %95 güven sınırları içinde çalışılmıştır. Şöyle ki;

$$N_{h1} (1-50 \text{ dekar}) = 1 \ 152$$

$$N_{h2} (50.01-150 \text{ dekar}) = 1 \ 829$$

$$N_{h3} (150.01-500 \text{ dekar}) = 957$$

$$S_{h1}^2 (1-50) = (11.98266)^2 = 141.6$$

$$S_{h2}^2 (50.01-150) = (27.39426)^2 = 750.7$$

$$S_{h3}^2 (150.01-500) = (85)^2 = 7 \ 225$$

Ortalamadan %5 hata payı kabul edilerek,

$$d = 110.6 \times 0.05 = 5.53$$

$$d^2 = 30.6$$

Kabul edilen güven aralığı %95 (t= 1.646)

$$t^2 = 2.71$$

$$D^2 = d^2 / t^2 = 30.6 / 2.71 = 11.3 \quad (4)$$

$$\sum N_h \cdot S_h^2 = N_{h1} \times S_{h1}^2 + N_{h2} \times S_{h2}^2 + N_{h3} \times S_{h3}^2 \quad (5)$$

$$= 1152 \times 141.6 + 1829 \times 750.7 + 957 \times 7225$$

$$= 8450478$$

Buna göre, örnek hacmi;

$$n = 181 \text{ bulunur.}$$

Örneğe giren işletmelerin tabakalara göre dağılımları Çizelge 1'deki gibidir.

Üreticilere anket soruları yöneltilmeden önce, anketin Yozgat Bozok Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi kapsamında yürütüldüğü hatırlatılmıştır. 2017 üretim döneminin verilerini kapsayan anket formları, 2018 yılının Temmuz-Ağustos aylarında üreticilerle bizzat karşılıklı görüşülerek doldurulmuştur. Bu arada anketörün gözlemleri sonucu tutulan notlar da anket formuna not edilmiş ve çalışmada ana material olarak kullanılmıştır.

**Çizelge 1.** İşletmelerin tabakalara göre dağılımı

İşletme büyüklük grupları (dekar)	Dağılım	
	Populasyon (N)	Örnek (n)
1-50	1.152	53
50.01-150	1.829	84
150.01-500	957	44
<b>Toplam</b>	$\sum N_h:3.938$	$\sum n_h:181$

Tamamlanan anket formları ayrı ayrı gözden geçirildikten sonra, gerekli kontroller ve hesaplamalar tamamlanarak bilgisayar tabanlı programda dökümleri yapılmış ve elde edilen bilgiler kullanılmaya hazır özet tablolar haline getirilmiştir. Özet tablolarda buğday üretim maliyet unsurlarının birim alan ve birim ağırlık karşılıkları ayrı ayrı verilmiştir.

Üretim maliyetinin hesaplanmasında işgücü miktarı Erkek İşgücü Birimi (EİB) cinsinden hesaplanmıştır. Genel idare gideri olarak değişken masraflar toplamının %3.0'ü; döner sermayenin faiz karşılığı olarak, 2017 yılında Ziraat Bankası'nın bitkisel üretim kredilerine uyguladığı faiz oranının yarısı alınmıştır. Bölgede birim alandaki arazi kirası hesaplanarak, sabit masraf grubuna dahil edilmiştir. Gayrisafi (brüt) üretim değerinden değişken masrafların düşürülmesiyle brüt kar; gayrisafi üretim değerinden toplam üretim masraflarının düşürülmesiyle de net kar bulunmuştur. Birim alandaki üretim miktarı, bu üretimi elde etmek için yapılan üretim masrafları toplamına bölünerek, birim üretim maliyeti hesaplanmıştır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### İncelenen İşletmelerde Nüfusun Yapısı, Eğitim ve İşgücü Durumu

İncelenen işletmelerde işletme başına 4.23 ile 5.53 arasında nüfus düşmekte ve bu işletmeler ortalamasında 4.65 olmaktadır. Toplam nüfusun yaş gruplarına göre dağılımı incelendiğinde, %6.67'sinin 0-6 yaş, %18.71'inin 7-14 yaş, %69.03'ünün 15-64 yaş ve %5.59'unun da 64 ve üzeri yaş grubunda yer aldığı belirlenmiştir. Nüfusun %51.18'i erkek nüfus ve % 48.82'si de kadın nüfustan oluşmuştur. Araştırmada, işletme yöneticisinin yaş durumu da ortaya konulmuştur. Buna göre, işletme yöneticisinin %85.08'inin 15-64 yaş grubunda ve %14.92'sinin de 64 ve üzeri yaş grubunda olduğu belirlenmiştir.

Araştırmada, 6 ve yukarı yaştaki nüfusun eğitim ile birlikte, işletme yöneticisinin eğitimi de ele alınmış ve Çizelge 2'de verilmiştir. Buna göre, 6 ve yukarı yaştaki nüfusun %95.68'i okuma yazma bilmekte, %4.32'si ise bilmemektedir. Okuma yazma bilen nüfusun %52.86'sı ilköğretim mezunu, %33.41'i ortaöğretim (ortaokul ve lise) ve %9.61'i ise yükseköğretim mezunudur. İlköğretim mezunu işletme yöneticisinin oranı %54.14 iken, ortaöğretim (ortaokul ve lise) mezunu olanların oranı %37.02 ve yükseköğretim mezunu olanların oranı ise %8.84 olarak bulunmuştur.

**Çizelge 2.** İncelenen işletmelerde 6 yukarı yaştaki nüfus ile işletme yöneticisinin eğitim düzeyi (işletmeler ortalaması olarak)

	6 ve yukarı yaştaki nüfus %	İşletme yöneticisi%
Okuryazar olmayan	4.32	-
İlköğretim	52.86	54.14
Ortaöğretim (ortaokul+lise)	33.41	37.02
Yükseköğretim	9.61	8.84
<b>Toplam</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

İncelenen işletmelerde işgücü giderinin belirlenmesi amacıyla işgücü kapasiteleri Erkek İşgücü Birimi (EİB) cinsinden ortaya konulmuştur (Açıl ve Demirci, 1984). Çünkü tarım işletmelerinde aile işgücü kapasitesi, Erkek İşgücü Birimi (EİB) cinsinden belirlenmektedir (Erkuş ve Demirci, 1996; Karagölge, 1996). İncelenen işletmelerde işletme başına aile işgücü kapasitesi 3.44 EİB olarak bulunmuştur. Aile işgücünün %82.85'i 15-64 yaş grubunda yer almaktadır. Bunu sırasıyla; %12.79 ile 7-14 yaş grubundaki işgücü ve %4.36 ile 64 ve üzeri yaş grubundaki işgücü izlemektedir. İşgücünün %57.27'si erkek işgücü ve %42.73'ü ise kadın işgücünden oluşmaktadır. Araştırmada erkek işgücünün oranının erkek nüfusun oranından (%51.18) yüksek olduğu görülmektedir. Bunun nedeni olarak, Erkek İşgücü Birimine çevirmede, erkek katsayısının kadın katsayısından büyük olması ve işgücü olarak 7 yaş ve üzerindeki nüfusun kabul edilmesi gösterilebilir.

Konu ile ilgili yapılan bir çalışmada, işletme başına nüfusun %53.13'ünün erkek ve %46.87'sinin kadın nüfustan oluştuğu, işgücü kapasitesinin ise %59.28'ini erkek ve %40.72'sini kadın işgücünün oluşturduğu belirtilmiştir (Aksoyak, 2004). Başka bir çalışmada da, işletme başına erkek nüfus oranı %53.69 ve kadın nüfus oranı %46.31 olarak hesaplanırken, erkek işgücünün oranı %62.20 ve kadın işgücünün oranı %37.80 olarak bulunmuştur (Paksoy, 2007). İncelenen işletmelerde yabancı işgücüne hasat dönemi dışında gereksinim duyulmadığı belirlenmiştir.

İncelenen işletmelerde birim alanda kullanılan işgücü ve çekigücü miktarı toprak hazırlığı, bakım ve hasat-harman işleri için ayrı ayrı hesaplanmış ve birim alana düşen tutarlar bulunarak, değişken maliyetler içinde yerini almıştır.

### Arazi Varlığı ve Kullanım Durumu

İncelenen işletmelerde arazi varlığı ve arazi kullanım durumu Çizelge 3'te verilmiştir. Birinci grup işletmelerde işletme arazisi büyüklüğü 44.35 dekar, ikinci grup işletmelerde 110.68 dekar ve üçüncü grup işletmelerde ise 273.47 dekar olarak bulunmuştur. İşletme arazisi büyüklüğü işletmeler ortalamasında ise 130.83 dekar olup, bunun %82.09'unun mülk (107.40 dekar), %6.44'ünün ortağa tutulan arazi (8.43 dekar) ve %11.47'sinin de kiraya tutulan araziden (15.0 dekar) oluştuğu belirlenmiştir. Mülk arazinin işletme arazisi içindeki payı %78.34 ile %86.45 arasında değişmektedir. Bu bilgiler, araştırma yöresinde özel mülkiyete dayalı küçük aile işletmelerinin hakim olduğu tarımsal yapının olduğunu göstermektedir. Yörede işletme arazisi büyüklüğü, Türkiye ortalamasına ait büyüklüğün (86 dekar) 1,5 katından daha fazladır.

**Çizelge 3.** İncelenen işletmelerde işletme arazisinin mülkiyet durumuna göre dağılımı

İşletme büyüklük grupları (da)	Mülk arazi		Ortağa tutulan arazi		Kiraya tutulan arazi		İşletme arazisi	
	(da)	(%)	(da)	(%)	(da)	(%)	(da)	(%)
1-50	37.28	84.06	2.29	5.16	4.78	10.78	44.35	100.00
50.01-150	95.68	86.45	5.87	5.30	9.13	8.25	110.68	100.00
150.01-500	214.24	78.34	20.71	7.57	38.52	14.09	273.47	100.00
<b>İşletmeler ort.</b>	<b>107.40</b>	<b>82.09</b>	<b>8.43</b>	<b>6.44</b>	<b>15.00</b>	<b>11.47</b>	<b>130.83</b>	<b>100.00</b>

### Buğday Üretiminde Fiziki Üretim Girdileri ve Buğday Üretiminin Maliyet Analizi

Araştırma yöresinde dekara ortalama tarla kirasının 26.88 TL olduğu belirlenmiştir. Buğday üretiminde tohum, gübre, zirai ilaç, çekigücü ve işgücü temel fiziki üretim girdileridir. İncelenen işletmelerde buğday üretiminde birim alana sarfedilen fiziki üretim girdileri birim fiyatları ile çarpılmış ve TL olarak tutarları bulunmuştur. Aynı şekilde birim alandaki değişken masraflar toplamının %3.0'ü alınarak genel idare giderleri (Güneş ve ark., 1990); Ziraat Bankası'nın 2017 yılında bitkisel üretim faaliyetine yönelik uyguladığı kredi faiz oranının yarısı alınarak (%4.83), döner

sermayenin faiz karşılığı bulunmuştur (Erkuş ve Demirci, 1996; Anonim, 2017c), (Çizelge 4). Üretim masrafları toplamından yan ürün (saman) geliri çıkarılarak, birim alanda elde edilen buğday miktarına bölünmüş ve buğdayın birim maliyeti hesaplanmıştır.

Gayrisafi üretim değeri, brüt kar ve net karın hesaplanmasında ise Eşitlik 6., 7. ve 8. deki formüllerden yararlanılmıştır (Erkuş ve Demirci, 1996).

$$\text{Gayrisafi üretim değeri} = (\text{Üretim miktarı} * \text{Birim satış fiyatı}) + \text{Yan ürün (saman) geliri} \quad (6)$$

$$\text{Brüt kâr} = \text{Gayrisafi üretim değeri} - \text{Değişken masraflar} \quad (7)$$

$$\text{Net kâr} = \text{Gayrisafi üretim değeri} - \text{Üretim masrafları toplamı} \quad (8)$$

Araştırma yöresinde dekara buğday üretim masraflarının %84.33'ünü (172.54 TL) değişken masraflar ve %15.67'sini de (32.06 TL) sabit masraflar oluşturmuştur. Değişken masrafların %48.19'unu toprak hazırlığı, %23.76'sını bakım (gübreleme, ilaçlama vb.), %8.49'unu hasat-harman ve %3.89'unu da döner sermaye faiz masrafları oluşturmuştur.

Üretici bir dekar alandan ortalama 216.73 kg buğday ve ortalama 221 kg yan ürün (saman) elde etmektedir. Ortalama buğday satış fiyatı 0.84 TL kg<sup>-1</sup> ve saman fiyatı 0.19 TL kg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Buna göre 1 kg buğday üretim maliyeti 0.75 TL olarak hesaplanmıştır. Üretici 2017 üretim döneminde buğday üretiminden 224.04 TL gayrisafi üretim değeri, 51.50 TL brüt kar ve 19.44 TL net kar elde etmiş olup, oransal kar 1.10 olarak bulunmuştur. Bu değerler, üreticilerin buğday yetiştiriciliğinden pozitif bir kar elde ettiğini, ancak elde edilen bu karın düşük olduğunu göstermektedir. Araştırma yöresinde üreticilerin buğday üretim faaliyetinden düşük gelir elde etmelerinde, üretim masraflarının yüksek oluşu, birim alandan elde edilen buğday veriminin ve çiftçi eline geçen buğday fiyatının ise düşük oluşunun etkili olduğu ifade edilebilir.

Araştırma yöresinde buğday veriminin (216.73 kg da<sup>-1</sup>) Türkiye ortalamasından (276 kg da<sup>-1</sup>) düşük olduğu görülmüştür. Üreticilerden elde edilen bilgiler ışığında, araştırma yöresinde bilinçsiz girdi kullanımının yaygın olduğu ve tarımın da geleneksel olarak yürütüldüğü belirlenmiştir. Üreticilere göre bilinçsiz girdi kullanımı, girdi masraflarının artmasına neden olmaktadır. Bu konuda Samsun ili Bafra ilçesinde yapılan bir araştırmada, konvansiyonel tarım yapan işletmelerin iyi tarım uygulamalarına geçmeleri halinde kullanılan azot %28.25, fosfor %42.02 ve potasyum %49.20 oranında azalmaktadır. Ayrıca işletmeler iyi tarım uygulamaya başladıktan sonra herbisit, insektisit ve fungusit sırasıyla %48.97, %24.14 ve %34.45 daha az kullanılmaktadır (Eryılmaz ve Kılıç, 2018).

Araştırma yöresinde üreticilerin buğday üretiminden elde ettiği gelir ile yaptığı masraflar, toplu olarak Çizelge 5'te verilmiştir. Çizelgeden de anlaşılacağı üzere, üretici buğday tarımından dekara 224.04 TL gayrisafi üretim değeri elde etmiş olup, katlandığı değişken masraflar toplamı 172.54 TL ve üretim masrafları toplamı 204.60 TL olarak hesaplanmıştır. Buna göre üreticinin bir dekar buğday üretiminden 51.50 TL brüt kar ve 19.44 TL net kar ettiği belirlenmiştir.

**Çizelge 5.** İncelenen İşletmelerde buğday üretiminde dekara brüt kar ve net kâr

Masraf ve Gelir	(TL)
Gayrisafi Üretim Değeri	224.04
Değişken Masraflar	172.54
Üretim Masrafları Toplamı	204.60
Brüt Kar	51.50
Net Kar	19.44

Yozgat İli Tarım İşletmelerinde Kışlık Buğday (*Triticum aestivum* L.) Üretiminin Maliyet Analizi**Çizelge 4.** İncelenen işletmelerde buğday üretiminde fiziki üretim girdileri, gelir-gider kalemleri ve kâr/zarar durumu (TL da<sup>-1</sup>)

ÜRETİM İŞLEMLERİ	İşlem Tarihi	Kullanılan İşgücü ve Çekigücü				Kullanılan Ekipmanlar	Kullanılan Materyal			Masraflar Top. (TL)
		İşgücü (sa da <sup>-1</sup> )	Çeki gücü(sa da <sup>-1</sup> )	Saat	Tutar		Cinsi	Miktar (kg-adet)	Tutar (TL)	
I.TOPRAK HAZIRLIĞI		Saat	Tutar (TL)	Saat	Tutar (TL)				98.60 (%48,19)	
- Birinci sürüm	Mayıs	0.24	3.05	0,24	29.16	Pulluk	-	-	32.21	
- İkinci sürüm	Eylül-Ekim	0.13	1.67	0,13	14.58	Diskaro+Kazayağı	-	-	16.25	
- Ekim	Ekim-Kasım	0.15	1.92	0,15	13.12	Mibzer	Tohum	27.0	35.10	
II. BAKIM									48.61 (%23.76)	
- Gübreleme	Ekim-Nisan	0.15	1.54	0,15	7.29	Gübre Dağıtıcı	Gübre (P,N)	28.0	27.65	
- İlaçlama	Nisan	0.08	0.76	0,08	7.29	Pülverizatör	zirai ilaç	0.051	1.43	
-Çavdar ayıklama	Mayıs	0.26	2.65			İşgücü	Makas, bıçak	-	-	
III. HASAT-HARMAN									17.38 (%8.49)	
- Hasat	Tem.	0.15	2.30	0,15	11.50	Biçerdöver	-	-	13.80	
- Taşıma (Ambar)	Tem.	0.53	1.54	0,53	2.04	Römork	-	-	3.58	
IV. DÖNER SER.FAİZİ: (I+II+III) * %4.83									7.95 (%3.89)	
A.DEĞİŞKEN MAS.TOP. I+II+III+IV)									172.54 (%84.33)	
- Genel İdare Gideri (A x %3)									5.18	
- Tarla Kirası									26.88	
B.SABİT MAS. TOP.									32.06 (%15.67)	
C.ÜRETİM MAS. TOPLAM (A+B)									204.60	
D.Yan ürün (saman-221kg da <sup>-1</sup> ) geliri									41.99	
E.Buğday verimi (kg da <sup>-1</sup> )									216.73	
F- Buğday.satış fiyatı (TL kg <sup>-1</sup> )									0.84	
G-TOP. GAYRİSAFİ ÜRETİM DEĞERİ (TL/da) (E·F) + D									224.04	
H-BRÜT KAR(TL da <sup>-1</sup> )(G-A)									51.50	
I-NET KAR(TL da <sup>-1</sup> ) (G-C)									19.44	
ORANSAL KÂR (G C <sup>-1</sup> )									1.10	
J-BİRİM MALİYET(TL /kg <sup>-1</sup> ) (C-D) E <sup>-1</sup>									0.75	

**SONUÇ**

Yozgat ili tarım işletmelerinde buğday üretiminde fiziki girdi kullanım miktarlarının belirlenmesi ve buğday üretim maliyetinin tespitinin amaçlandığı bu çalışmada; İşletme başına arazi büyüklüğü 130.83 dekar olarak bulunmuştur. İşletme arazisinin %82.09'unun mülk arazi ve %17.91'inin ise ortağa ve kiraya tutulan araziden oluştuğu belirlenmiştir.



Üreticiler 1 dekar araziden ortalama 216.73 kg ana ürün (buğday) ve 221 kg yan ürün (saman) elde etmiştir. Üreticiler 1 dekar buğday üretmek için toplam 204.60 TL üretim masrafına katlanmıştır. Üretim masraflarının %84.33'ü değişken masraflar ve %15.67'si ise sabit masraflardan oluşmuştur. 1 kg buğdayın üretim maliyeti 0.75 TL ve 1 kg buğday satış fiyatı 0.84 TL olarak bulunmuştur. 1 kg saman satış fiyatı ise 0.19 TL'dir. Dolayısıyla üreticiler dekara buğday üretiminden 51.50 TL brüt kar ve 19.44 TL net kar elde etmişlerdir. Oransal kar ise 1.10 olarak bulunmuştur. Buna göre, üreticilerin buğday tarımından pozitif brüt ve net kâr elde ettiği, ancak bunun yeterli olmadığı görülmektedir.

Üreticiler ile yapılan anketlerden elde edilen bilgiler ışığı altında ve araştırmacının gözlemleri sonucunda, yörede buğday tarımının sürdürülebilirliğinin ekonomik yönden tutarlı olabilmesi ve buğday tarımında verimliliğin artırılmasına yönelik önlemler şu şekilde sıralanabilir:

- Üretim maliyetlerinin düşürülmesi için tüm üretim girdileri sübvansiyon kapsamına alınmalı ve girdi fiyatlarında "tavan fiyat" uygulaması getirilmelidir.

- Buğday tarımında her yıl maliyet analizinin yapılarak, üreticiyi ezdirmeyecek bir "taban fiyat" ayarlamasının yapılması ve üretilen ürünler için devletin alıcı olarak piyasaya girerek, üreticinin pazar sorunlarına katkıda bulunması önem arz etmektedir.

- Tarım ürünlerine yönelik arz-talep dengesizliği ve fiyatlardaki istikrarsızlık giderilmelidir.

- Orta ve uzun vadeli tarım politikaları geliştirilmeli ve üretim sorunları ile ilgili yapısal reformlar geliştirilmelidir.

- Tarım cazip bir sektör haline getirilmeli ve genç girişimciler tarıma kazandırılmalıdır.

- Araştırmaya dayalı modern buğday yetiştirme tekniklerinin başarıyla uygulamaya konulması; toprak analizine göre doğru gübrelerin, doğru zamanda ve doğru dozda toprağa verilmesi; her yöreye uygun verimli, kaliteli, çimlenme kabiliyeti ve yüksek sertifikalı tohumlukların kullanılması; gübreleme, yabancı ot, hastalık ve zararlılarla mücadele gibi bakım işlemlerinin zamanında yapılması gerekmektedir.

- Tarım sektörü, doğaya bağlılığı nedeniyle iklim değişikliğinden en çok etkilenen bir sektördür. İklim değişikliğine karşı daha rasyonel önlemlerin alınması ve tarımsal politika araçlarının geliştirilmesi tarım sektörü açısından önem taşımaktadır.

- Araştırma yöresinde tarla tarımının büyük bir bölümünde buğday tarımı yapıldığından, özellikle doğal afetlerden ve kuraklıktan etkilenen üreticiler sürekli korunmalı ve zararların giderilmesi hususunda güvence verilmelidir.

- Araştırma yöresinde işletme arazisinin %27.87'sinin nadasa bırakıldığı görülmüştür. Bu yüksek bir orandır. Fazla nadas arazilerinin buğday tarımında değerlendirilmesi için, üreticiler teşvik edilmelidir.

- Türkiye'de olduğu kadar araştırma yöresinde de tarım arazileri parçalı ve dağınık yapıdadır. Bu husus, tarımda yapısal bir sorun olarak görülmektedir. Bu durumda, arazi toplulaştırma çalışmaları önem kazanmaktadır. Arazi toplulaştırması kaynakların etkin kullanımı ve üretimin verimliliği açısından çok önemlidir.

- Nihayet, üretici eğitim ve refah düzeyinin yükseltilmesi, tarımsal desteklemelerin amacına uygun olarak yapılması, üretici örgütlenmelerinin teşvik edilmesi ve üretici örgütlerinin sorunlarının çözülmesi, tarım işçilerinin sosyal güvenlik ve iş yasası sorunlarının giderilmesi ve tarımsal danışmanlık sisteminin etkin kullanılması tarımsal kalkınma ve verimlilik açısından önem taşımaktadır.

Buğday yetiştiriciliği tüm dünyada pirinç ve mısır ile birlikte en ön sıralarda geldiğine göre, ekonomisini geliştirmek isteyen bir ülkeye buğday tarımına öncelik vermesi gerektiği tavsiye edilebilir. Çünkü gelişmiş ülkelerin tarihine bakıldığında, tarımın zenginleşme sürecinde önemli rol

oyunadığı görülmektedir. Bir ülkenin normalde tarımsal üretim yapmadan, gıda üretmeden gelişmesi mümkün değildir. Bu haliyle tarım, ekonomik kalkınma ile nüfusun beslenmesi arasında bir köprü olarak düşünülmelidir.

## 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, 23-26, Ankara.
- Aksoyak Ş, 2004. Konya İli Sarayönü İlçesi Tarım İşletmelerinin Ekonomik Analizi ve Planlaması. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara.
- Anonim, 2017a. Hububat Raporu-2017. <https://www.gtb.org.tr/dosya/pdf/hububat-raporu-2017.pdf>
- Anonim, 2017b. Orta Anadolu Kalkınma Ajansı-2017 Ara Faaliyet Raporu. [http://www.oran.org.tr/images/dosyalar/20171016145409\\_0.pdf](http://www.oran.org.tr/images/dosyalar/20171016145409_0.pdf)
- Anonim, 2017c. “T.C. Ziraat Bankası A.Ş. ve Tarım Kredi Kooperatiflerince Tarımsal Üretime Dair Düşük Faizli Yatırım ve İşletme Kredisi Kullanılmasına İlişkin Uygulama Esasları Tebliği. 2017/15 No’lu ve 30001 Sayılı Resmi Gazete. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/03/20170308-4.htm> (Erişim Tarihi: 11.03.2019).
- Anonim, 2019a. <http://www.tuik.gov.tr/Start.do> (Erişim Tarihi: 24.02.2019).
- Anonim, 2019b. [www.yozgat.gov.tr/iklim](http://www.yozgat.gov.tr/iklim) (Erişim Tarihi: 18.04.2019).
- Anonim, 2019c. Buğday Yetiştiriciliği. Ankomer Tohumculuk ve Ziraat San. Tic. Ltd. Şti. <http://ankomer.com/Sayfa.aspx?pid=64&cid=0&Lang=TR> (Erişim Tarihi: 27.04.2019).
- Atar B, 2017. Gıdamız Buğdayın, Geçmişten Geleceğe Yolculuğu. SDÜ Yalvaç Akademi Dergisi 2 (1), 1-12, Isparta.
- Boz, İ. 2004. Tarım Sektörünün İktisadi Kalkınmadaki Rolü. İçinde, Kalkınma Ekonomisi: Seçme Konular, Ed: Sami Taban-Muhsin Kar, Ekin Kitabevi Yayınları, Bursa, ss (137-158)..
- Cinemre HA, Kılıç O, 2015. Tarım Ekonomisi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ders Kitabı No:11 (5.baskı), Samsun, s:179.
- Doğan S, 2018. Türkiye İçin Tarımın Önemi. <http://www.tesav.org.tr/wp-content/uploads/2018/03/SON-T%C3%9CRK%C4%B0YE-%C4%B0%C3%87%C4%B0N-TARIMIN-%C3%96NEM%C4%B0-VE-TARIMA-BAKI%C5%9E-SAM%C4%B0-DO%C4%9EANIN-SUNU%C5%9EU.pdf> (Erişim Tarihi: 17.01.2019).
- Erbaş N, 2016. Tarım Sektörünün Yozgat Ekonomisindeki Yeri ve Önemi. I. Uluslararası Bozok Sempozyumu Bildiri Kitabı, 05-07 Mayıs 2016, 205-215, Yozgat.
- Erkuş A, Demirci R, 1996. Tarımsal İşletmecilik ve Planlama. Ankara Üniversitesi Yayın No: 1435, A.Ü.Z.F. Ders Kitabı: 417, Ankara.
- Eryılmaz GA, Kılıç O, 2018. İyi Tarım Uygulamalarına Geçen İşletmelerin Gelirlerindeki Değişimin ve İyi Tarım Desteğinin Yeterlilik Düzeyinin Belirlenmesi. Mediterranean Agricultural Sciences, 31 (2), 123-127.
- Estes LD, Beukes H, Bradley BA, Debats SR, Oppenheimer M, Ruane AC, Schulze R, Tadross M, 2013. Projected climate impacts to South African maize and wheat production in 2055: a comparison of empirical and mechanistic modeling approaches. Global Change Biology. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/gcb.12325> (Erişim Tarihi: 01.02.2019).
- Güneş T, Kırıl T, Bülbül M, Tatlıdil FF, Albayrak M, Fidan H, Çetin B, 1990. Başlıca Tarım Ürünleri Maliyetleri Araştırma Projesi, TMO Alkasan Matbaası, Ankara.

- Hokazono S, Hayashi K, 2012. Variability in environmental impacts during conversion from conventional to organic farming: a comparison among three rice production systems in Japan. *Journal of Cleaner Production* 101-112.
- Iqbal M, Fahim M, Zaman Q, Usman M, 2015. Effect of various factors on wheat production. National Agricultural Research Centre, Islamabad, Pakistan. <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=PK2016000162> (Erişim Tarihi: 13.02.2019).
- Karadaş K, 2016. Ağrı İli Tarım İşletmelerinde Buğday Üretim Maliyetinin Hesaplanması. *Alinteri Ziraat Bilimler Dergisi*, 31 (B)-2016, 33-31, Kastamonu.
- Karagölge C, 1996. Tarımsal İşletmecilik Tarım İşletmelerinin Analiz ve Planlanması. A.Ü.Z.F. Yay, No: 326, Ders Kitapları No:74, Erzurum.
- Kızılaslan H, 2004. Dünya’da ve Türkiye’de Buğday Üretimi ve Uygulanan Politikaların Karşılaştırılması. *GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2004, 21(2), 23-38, Tokat.
- Lobell D.B., Hammer GL, McLean G, Messina C, Roberts M.J, Schlenker W, 2013. The critical role of extreme heat for maize production in the United States. *Nature Climate Change*, 497-501
- Oyewole CI, 2016. The Wheat Crop. Report number: 01, Affiliation: Kogi State University, Anyigab, 18, 296 Reads. [https://www.researchgate.net/publication/310458715\\_THE\\_WHEAT\\_CROP](https://www.researchgate.net/publication/310458715_THE_WHEAT_CROP) (Erişim Tarihi: 19.04.2019).
- Özcan H, Bayramoğlu HO, Aydın N, 2019. Buğday Tarımı. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/ktae/Belgeler/brosurler/Bu%C4%9Fday%20Tar%C4%B1m%C4%B1.pdf> (Erişim Tarihi: 08.03.2019).
- Özçelik A, Özer OO, 2006. Koyck Modeliyle Türkiye’de Buğday Üretimi ve Fiyatı İlişkisinin Analizi. *A.Ü.Z.F. Tarım Bilimleri Dergisi*, 12(4), 333-339, Ankara.
- 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, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara.
- Süzer S, 2019. Buğday Tarımı. <http://hayrabolutb.org.tr/media/ziraat/Bugday-Tarimi.pdf> (Erişim Tarihi: 06.05.2019).
- Yamane T, 1967. *Elementary Sampling Theory* Prentice. Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J., USA.
- Zhang F, Zhan J, Zhang Q, Yan H, Sun Z, 2016. Allocating agricultural production factors: A scenario-based modeling of wheat production in Shandong Province, China. *Volume 96, December 2016, 55-63p.* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S147470651630136X> (Erişim Tarihi: 17.05.2019).

**Üretici Şartlarında Sözleşmeli Küçükbaş Hayvancılık Projesinin Tokat İli Açısından Değerlendirilmesi**Adnan ÇİÇEK<sup>1</sup>, Merve AYYILDIZ<sup>2\*</sup>

**ÖZET:** Türkiye’de 2018 yılında küçükbaş hayvancılığı teşvik etmek amacıyla “Üretici Şartlarında Sözleşmeli Küçükbaş Hayvancılık Projesi” diğer adıyla “300 Baş Koyunculuk Projesi” hayata geçirilmiştir. Proje kapsamında atıl kalan mera alanlarının üretime kazandırılması, koyun barınaklarının tam kapasite ile kullanımının sağlanması, mevcut koyun varlığının artırılması ve kırsal alanda koyunculuk faaliyetinde bulunanların sosyal güvenceye kavuşturulması amaçlanmıştır. Bu çalışmada söz konusu projenin Tokat ilindeki uygulama sonuçları araştırılmıştır. Tokat ilinde yaklaşık 4 500 koyun yetiştiriciliği yapan kişi olduğu ve projeden yararlanmak için 326 kişinin müracaatta bulunduğu, sadece 11 kişinin projeden yararlanmaya hak kazandığı belirlenmiştir. Bu üreticilerden 4’ü ise, kendilerine temin edilen küçükbaş hayvanların damızlık özelliklerini yetersiz bulmuş ve sözleşmede belirtilen hayvan başı birim fiyatının temin edilen hayvanlar için fazla olduğu gerekçesiyle sözleşme imzalamamış ve projeden yararlanma hakkından vazgeçmişlerdir. Yapılan değerlendirmede, teorik açıdan her yönü ile olumlu sayılabilecek “Üretici Şartlarında Sözleşmeli Küçükbaş Hayvancılık Projesi”nin, uygulamadaki sonuçlarının iyi analiz edilmesi gerektiği, ortaya çıkan sorunların değerlendirilerek projenin devamının sağlanmasında yarar görüleceği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** 300 baş koyunculuk projesi, küçükbaş hayvancılık, Tokat ili

**Evaluation of Contracted Ovine Breeding Project in terms of Producer Conditions in Tokat Province**

**ABSTRACT:** Ovine Breeding Project Contracted Under Producer Conditions also known as " 300 Head Sheep Project" to encourage sheep farming has been started in Turkey in 2018. In this project, it is aimed to use pasture areas in production, to ensure the utilization of sheep shelters at full capacity, to increase the number of sheep and to provide social security for sheep farmers in rural areas. In this study, the results of this project in Tokat province were investigated. There are approximately 4 500 sheep breeders in Tokat province. Out of 326 people only 11 of them were eligible to benefit from this project. Four of the producers who were entitled to benefit from the project stated that the breeding characteristics of sheep were insufficient and the per unit price stated in the contract was higher for the animals provided, for this reason they did not sign a contract and gave up the right to benefit from the project. It has been determined that the results of the Small Ruminant Project Contracted Under Producer Conditions can be considered positive in technical aspect but it should be analyzed in practice well and it will be beneficial to ensure the continuation of the project by evaluating the problems.

**Keywords:** 300 head sheep project, ovine breeding, Tokat province

<sup>1</sup> Adnan ÇİÇEK (Orcid ID: 0000-0002-2671-1439), Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü Türkiye

<sup>2</sup> Merve AYYILDIZ (Orcid ID: 0000-0002-9012-0756), Yozgat Bozok Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Merve AYYILDIZ, e-mail: merve.ayyildiz@yobu.edu.tr

Geliş tarihi / Received: 19-11-2019

Kabul tarihi / Accepted: 28-12-2019

## GİRİŞ

Hayvancılık tarım sektörünün en önemli alt sektörlerinden biridir. Hayvancılığın gelişmesi tarımsal kalkınma, yoksulluk, gıda güvenliği ve güvencesi gibi birçok sorunun çözümünde aktif rol oynamaktadır. Bu anlamda her ülke için ulusal düzeyde hayvancılığın geliştirilmesi stratejik öneme sahiptir (Mundan ve ark., 2017; Oğuz ve ark., 2019). Türkiye’de hayvancılık sektörüne ilişkin güçlü bir potansiyel bulunmasına rağmen nicel ve nitel anlamda istenilen düzeye ulaşamadığı düşünülmektedir. Küçük ölçekli işletme kapasitesi ve buna bağlı olarak verim düşüklüğü, girdi temini, ürün pazarlama ve değerlendirme olanaklarının yetersiz olması ve bununla beraber üreticinin pazar fiyatından düşük pay alması, üretimin büyük ölçüde geçimlik olarak yapılması fiyatlardaki dalgalanmalar vb. başta olmak üzere birçok sorunla karşılaşılması hayvancılığı olumsuz yönde etkilemektedir (Vural ve Fidan, 2007; Tosun ve Demirbaş, 2012; Semerci ve Çelik, 2016; Ertuğrul ve ark.,2017; Altındeğer ve Hekimoğlu, 2017).

Hayvancılık faaliyetleri içerisinde et ve süt üretimi açısından küçükbaş hayvancılığın özel bir yeri bulunmaktadır. Dünya’da karasal ekosistemin yaklaşık %26’sına eşit olan 3 378 milyon hektarlık daimi çayır ve mera alanı mevcuttur. Bitkisel üretim yapılamayan bu alanlardan en yüksek faydayı sağlamanın yollarından biri ve en önemlisi bu alanların hayvancılık faaliyetleri ile değerlendirilmesidir. Özellikle küçükbaş hayvancılık faaliyetleri için bu alanlar oldukça elverişli konumdadır (Günaydın, 2009; Cengiz ve ark., 2015) .

Koyun, mera yönetimi yoluyla zor ve marjinal alanlarda zayıf bitki örtüsünü kullanmak için en uygun türlerden biridir. Bu anlamda büyükbaş hayvancılık faaliyetleri için uygun olmayan dağlık alanlar ve fakir meralar koyun yetiştiriciliği için son derece uygun alanlardır. Bu alanların koyun yetiştiriciliğinde kullanımı ile biyolojik çeşitlilik ve peyzajın korunması sağlanırken, ekonomiye katkı da sağlanmış olacaktır (Günaydın, 2009). Öte yandan koyunculuk faaliyetlerinin diğer hayvancılık faaliyetlerine oranla daha az sermaye gerektiriyor olması ve ürün çeşitliliğindeki zenginlik sektörün en önemli avantajı olarak bilinmektedir (Skapetas ve Kalaitzidou, 2017).

Türkiye’de 1980’li yıllarda sığır varlığı yaklaşık 16 milyon, koyun varlığı ise 50 milyon civarındadır. 1983 yılı sonrası hem sığır hem de koyun varlığı azalmaya başlamış ve bu azalma 2009 yılına kadar devam etmiştir. Söz konusu dönemdeki azalma, sığır varlığında % 31, koyun varlığında ise % 53 düzeyindedir. 2010 yılında yeniden düzenlenen hayvancılık desteklemeleri yoluyla sığır varlığı 1980’li yıllardaki seviyelerine ulaşmış ve büyük kapasiteli modern sığırcılık işletmelerinin sayısı hızla artmıştır. Benzer şekilde, 2010 yılından itibaren koyunculığa sağlanan destekler sayesinde koyun sayısı yaklaşık %34 civarında artış göstermiştir. Ancak koyun varlığı son dönemlerde görülen artışa rağmen 1980’li yıllarla kıyaslandığında neredeyse 1/3 oranında azalmıştır (FAOSTAT, 2019). Koyun varlığındaki azalışın büyük ölçüde sürdürülebilirliğin temeli olan damızlık üretimindeki yetersizlik ile beraber dişi materyalin kasaplığa gitmesinden kaynaklandığı da söylenebilir. Son yıllardaki gelişime rağmen küçükbaş hayvancılıkta istenilen düzeye gelinebilmesi önemli ölçüde devlet destek ve teşviklerinin ağırlıklı olarak büyükbaş hayvancılığa yönelik olmasının sonucudur (Ünlüsoy ve ark., 2010). Bu sebeple büyükbaş hayvanlara nazaran yetiştiriciliği daha az maliyetle yapılabilen küçükbaş hayvanların sayısındaki düşüşün tarımsal politikaların oluşturulması sürecinde dikkate alınması gerekmektedir. Bu anlamda koyuna ilişkin arz ve talebi arttıracak plan ve programların izlenmekle beraber küçükbaş hayvancılığın teşvik edilmesine ilişkin bir takım uygulamaların getirilmesi gerekli görülmektedir (Sakarya, 2014).

Son 30 yıllık süreçte küçükbaş hayvan yetiştiriciliğindeki gerileme, kırsalda yaşamının ve tarımsal faaliyette bulunmanın çekiciliğini yitirmesine neden olmakla beraber nüfus artışı ile beraber artan talebin



karşılanamayacak düzeye gelmesine yol açmıştır (Ertuğrul ve ark., 2017). Mevcut koşullar değerlendirildiğinde, Türkiye’de ekonomiye katkı açısından koyun yetiştiriciliği faaliyetlerinin güçlendirilmesi oldukça önemlidir. Nitekim Türkiye koyun yetiştiriciliğinde; yurtiçi talebinin yüksek olması, ırk ve çeşit açısından koyun varlığının farklı özelliklere sahip olmasıyla rekabet potansiyelinin bulunması, yetiştiricilik boyutunda yeterli tecrübeye sahip olması ve iklim ve coğrafi şartların uygunluğunun koyun yetiştiriciliğinde maliyeti düşürücü bir faktör olması gibi birçok önemli avantaja sahip bir ülke konumundadır. Bu bağlamda, Türkiye’nin küçükbaş hayvan yetiştiriciliğinde önemli avantajlara sahip olması ile kırmızı ette arz açığının mevcut olması ve süt üretiminin yeterli seviyede olmaması küçükbaş hayvancılığa özellikle koyuna yönelik destek ve AR-GE çalışmalarının tarım politika ve stratejileri açısından önemini ortaya koymaktadır (Dönmez, 2008; Köseman ve Şeker, 2015; Oğuz ve ark., 2019).

Türkiye hem koyun varlığı hem de çeşit ve tür bakımından oldukça zengin bir ülke konumunda yer alması iklim ve coğrafi şartların elverişliliği ile yakından ilişkilidir. Koyunculuk faaliyetleri sürdürülebilirliğinin büyük ölçüde mera ve çayır kullanımına bağlı olduğu düşünüldüğünde, Türkiye sahip olduğu 14 617 bin hektar daimi çayır mera alanlarıyla önemli bir avantaja sahiptir.

Türkiye’de 2018 yılında koyunculuktan elde edilen süt miktarı yaklaşık 1.5 milyon ton ile Türkiye’deki toplam süt üretiminin %6.53’ünü oluşturmakta ve dünya ortalamasının (%1.26) üzerinde yer almaktadır. Türkiye’de toplam kırmızı et üretiminin %9.01’lik kısmını (yaklaşık 100 bin ton) koyun eti oluşturmaktadır. Dünya kırmızı et üretiminin %4.61’ini oluşturan koyun etinin Türkiye’de daha fazla oranda ön plana çıktığı görülmektedir.

Türkiye’de koyun eti tüketim alışkanlığının var olması, dini değerler açısından koyunun önemli görülmesi, tarih boyunca koyunculuk faaliyetlerinin üretici açısından benimsenmiş olması, koyun yetiştiriciliği için iklim ve coğrafi avantajlara sahip olması, ırk çeşitliliğinin zengin olması gibi birçok avantaj Türkiye’nin uluslararası pazarda rekabet edebileceğini ortaya koymaktadır (Ertuğrul ve ark., 2017; İzmir Ticaret Borsası, 2019). Türkiye’de kırmızı et arz ve tüketiminin sığır eti ağırlıklı olduğu görülmektedir. Ancak son yıllarda büyükbaş hayvancılıkta yaşanan darboğaz üretimi olumsuz yönde etkilemekte talebin ithalat yoluyla karşılanmasına yol açmaktadır. Kırmızı et üretiminde büyükbaş olan bağımlılığın azaltılması koyun eti üretiminin artırılması yani damızlık koyun yetiştiriciliğinin geliştirilmesiyle mümkün olacağı düşünülmektedir. Bu anlamda koyunculuğa yönelik teşvik ve destekler stratejik bir önem taşımaktadır (Karakuş, 2011; Saygın ve Demirbaş, 2017; Ayyıldız, 2018)

Türkiye’de 2018 yılında arz ve talep unsurları dikkate alınarak küçükbaş hayvancılığı teşvik etmek amacıyla “Üretici Şartlarında Sözleşmeli Küçükbaş Hayvancılık Projesi” diğer adıyla “300 Baş Koyunculuk Projesi” hayata geçirilmiştir. Bu proje kapsamında atıl kalan mera alanlarının üretime kazandırılması, koyun barınaklarının tam kapasite ile kullanımının sağlanması, mevcut koyun varlığının artırılması ve kırsal alanda koyunculuk faaliyetinde bulunanların sosyal güvenceye kavuşturulması amaçlanmıştır.

Bu çalışmada söz konusu projenin Tokat ilindeki uygulama sonuçları araştırılmıştır. Tokat ilinde mera niteliğindeki alanlar toplam arazinin %12’sini oluşturmakta ve toplam tarla bitkileri üretim alanlarının %11.3’ünde yem bitkileri üretimi yapılmaktadır. Toplam hayvan varlığının yaklaşık %56’sı küçükbaş hayvanlardan oluşmaktadır. 2019 yılında Tokat ilinde küçükbaş hayvan varlığı yaklaşık 4 500 işletmede 461 890 baştır (Anonim, 2019a). Koyunculuk faaliyetlerinin yürütülmesinde önemli bir potansiyele sahip olan Tokat ilinin üretici şartlarında sözleşmeli küçükbaş hayvancılık projesinin uygulanması için oldukça elverişli imkanlara sahip olduğu düşünülmektedir. Bu bağlamda bu çalışma ile Tokat ilinde üretici şartlarında sözleşmeli küçükbaş hayvancılık projesi değerlendirilmiş, uygulamadan ve yetiştiricilerden kaynaklanan sorunlar belirlenmeye çalışılmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

“Üretici şartlarında sözleşmeli küçükbaş hayvancılık projesi”ne ilişkin bilgi verilmek amacıyla çeşitli ikincil kaynaklardan yararlanılmış ve bu kapsamda projenin avantaj ve dezavantajları tespit edilmeye çalışılmıştır. Daha somut bir yaklaşım ortaya koyma düşüncesiyle Tokat İl Tarım ve Orman Müdürlüğü'nün 2019 yılına ilişkin kayıtlarında yer alan ve üretici şartlarında sözleşmeli küçükbaş hayvancılık projesine başvuran 326 yetiştiricinin dosyalarında bulunan veriler değerlendirilmiştir.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Üretici Şartlarında Sözleşmeli Küçükbaş Hayvancılık Projesi

Küçükbaş hayvancılıkta özellikle koyun yetiştiriciliğinde ekonomik ve sürdürülebilir bir üretim modelinin benimsenmesi oldukça önemlidir. Bu doğrultuda hem küçükbaş hayvancılığa ilişkin yapılan çalışmalara destek sağlayacağı hem de küçükbaş hayvancılığa teşvikte alternatif oluşturacağı düşüncesiyle sözleşmeli küçükbaş hayvancılık modeli uygulamasına geçilmesi planlanmıştır. Sözleşmeli küçükbaş hayvancılık modeliyle temel olarak ekonomik ve sürdürülebilir bir üretim modelinin yaygınlaştırılması hedeflenmiştir. Modelin kırsalda ve mera şartlarında üretici kanalıyla uygulanması halinde hem ekonomik ve hem de sürdürülebilir bir üretim şeklinin sağlanacağı, küçükbaş hayvancılığa yönelik teşvik ile istihdama katkı verilebileceği hedeflenmiştir. Bu bakış açısıyla 2018 yılında “Üretici Şartlarında Sözleşmeli Küçükbaş Hayvancılık Projesi” diğer adıyla “300 Baş Koyun Projesi” aktif hale gelmiştir.

Bu proje; atıl kalan mera alanlarını üretime kazandırma, koyun barınaklarının tam kapasite ile kullanımını sağlama, mevcut koyun varlığını artırma ve kırsal alanda koyunculuk faaliyetinde bulunanları sosyal güvenceye kavuşturma şeklinde dört temel amaca hizmet etmektedir.

Proje kapsamında üreticilerin değerlendirilmesi ve seçimi yapılırken üreticinin üretim yapacağı yerin mera alanı kapasitesi, kaba yem üretme imkanı, mevcut küçükbaş hayvan varlığı, cinsiyeti ve yaşı, hayvan barınağına sahip olma durumu, halen hayvancılıkla uğraşıyor olması vb. unsurlar göz önüne alınmaktadır. Projenin uygulama aşaması hayvan temininin sağlanması ile başlamaktadır. Buna göre, TİGEM tarafından belirlenen ve Ziraat Bankası'nca sözleşme imzalanmasına karar verilen her bir yetiştiriciye 300 başa kadar küçükbaş hayvanı ücreti karşılığında satılmaktadır. İkinci aşamada, Ziraat Bankası tarafından üreticiye bakım, besleme ve hayvan sağlığı masrafları için avans verilmektedir. Bir sonraki aşamada TİGEM sözleşme çerçevesinde doğacak kuzuların alımını garanti etmekte ve önceden taban alım fiyatını belirlemektedir. Sözleşme çerçevesinde hayvanlardan elde edilen yapağı ve süt, yetiştirici tarafından değerlendirilmektedir. Ziraat Bankası aracılığıyla yetiştiriciye bakım ücreti ve sigorta bedeli verilmektedir. Üreticinin yetiştirme sonrasında TİGEM tarafından süttan kesimi müteakip kuzular alınarak, masraflar düşülerek hak edişi üreticiye ödenmektedir. Alınan dişi kuzular üretim zincirine dahil edilerek üretim zinciri büyüyüp gelişerek devam etmesi planlanmaktadır.

Sekiz yıllık dönemi kapsayan model çerçevesinde; sadece bir defaya mahsus çıkılan proje çağrısı ile 1666 üretici ile sözleşme yapılması hedeflenmiş ve bunun sonucunda sözleşme imzalanacak her bir üreticiye 300 başa kadar küçükbaş hayvanın ücreti karşılığında verilmesi planlanmıştır. Bu doğrultuda projenin uygulamaya konulduğu ilk yıl 500 000 baş ilave damızlık artışı, sekiz yıllık dönemi kapsayan projenin bitiminde ise toplam 5 000 000 baş dişi küçükbaş hayvan materyaline ulaşılması beklenmektedir.

Üretici koşullarında gerçekleştirilecek bu proje neticesinde önemli çıktılara ulaşılması beklenmektedir. Öncelikle TİGEM tarafından desteklenen bu projenin yetiştiriciye alım garantisi vermesi üreticinin pazar sorunu yaşamaksızın üretim odaklı faaliyet göstermesini sağlayacaktır. Ayrıca

dişi kuzuların toplanarak bakanlığın diğer projelerinde değerlendirilmesi sürdürülebilir küçükbaş üretimini destekler niteliktedir. Proje ile dişi kuzu kesiminin önüne geçilmesi, projede yer alan işletmelerin damızlık işletmesi olarak değerlendirilecek olması, küçükbaş hayvan varlığının artırılmasına önemli katkı sağlanacak olması, kırsalda istihdamın sağlanması ve köye dönüşe projeye destek verecek olması projeden beklenenler arasında yer almaktadır. Öte yandan üreticilerin TİGEM tarafından sürekli eğitime tabi tutulması ile bilinçli yetiştiricilerin sayısında artış sağlanacağı umut edilmektedir (Anonim, 2019b).

### Üretici Şartlarında Sözleşmeli Küçükbaş Hayvancılık Projesinin Tokat İli Açısından Değerlendirilmesi

Tokat ili coğrafi ve iklimsel özellikleri ile mera varlığı dikkate alındığında küçükbaş hayvancılık için oldukça uygun koşullara sahiptir. Nitekim toplam arazi varlığının %12'si mera niteliğindedir. Toplam tarla bitkileri üretim alanlarının yaklaşık %11.3'ünde yem bitkileri üretimi yapılmaktadır. Diğer yandan toplam hayvan varlığının yaklaşık %56'sı küçükbaş hayvanlardan oluşmaktadır. Bölgede küçükbaş hayvan yetiştiriciliği kültürünün yaygın olduğu bilinmektedir. 2019 yılı verilerine göre Tokat ilinde büyükbaş hayvan varlığı 29 306 işletmede 340 790 baş, küçükbaş hayvan varlığı ise yaklaşık 4 500 işletmede 461 890 baştır. Ayrıca 2009 yılında koyun varlığı yaklaşık 150 000 baş iken sürekli artış göstererek 300 000 başı geçmiş durumdadır (Anonim, 2019). Sonuç olarak tokat ili sözleşmeli küçükbaş hayvancılık projesinin uygulanması için oldukça elverişli şartlara sahiptir.

Tokat ilinde "Üretici Şartlarında Sözleşmeli Küçükbaş Hayvancılık Projesi" ne başvuran üretici sayısı 326'dır. İlçe bazında bakıldığında başvuruda ilk sırayı 142 başvuru ile merkez ilçe alırken bunu ilçe nüfusuyla orantılı olarak sırasıyla Erbaa, Niksar ve Turhal ilçeleri takip etmiştir. Üretici seçim kriterlerinde yaş ve cinsiyet dikkate alınmakla beraber eğitim düzeyi projenin etkinliği açısından önem arz etmektedir. Buna ilişkin bilgiler Çizelge 1'de verilmiştir. Bölgede projeye başvuranların %96'sının erkek olduğu belirlenmiş ve büyük kısmının genç ve orta yaş gurubunda sayılabilecek yetiştiricilerden oluştuğu tespit edilmiştir. Nitekim üreticilerin yarıya yakını (toplam 155 kişi) 41-55 yaş aralığında (%47.6) iken, 26-40 yaş aralığında bulunan üreticilerin toplamı 99 (%30.4)'dur. Nispeten yaşlı olarak kabul edilebilecek 55 yaşından büyük üreticilerin sayısı 61 (%18.7) iken 18-25 yaş aralığında bulunan ve çok genç olarak nitelendirilebilecek üretici sayısı ise 11 kişi (%3.4) ile son sırada yer almaktadır.

**Çizelge 1.** Sözleşmeli Küçükbaş Üretim Projesine Başvuran Üreticilerin Eğitim, Yaş ve Cinsiyetine İlişkin Bilgiler

	Frekans	Yüzde (%)
<b>Cinsiyet</b>		
Kadın	14	4.3
Erkek	312	95.7
Toplam	326	100.0
<b>Yaş aralığı</b>		
18-25 yaş	11	3.4
26-40 yaş	99	30.4
41-55 yaş	155	47.6
56 ve üzeri yaş	61	18.6
Toplam	326	100.0
<b>Eğitim düzeyi</b>		
İlkokul	219	67.2
Ortaokul	70	21.5
Lise	28	8.7
Üniversite	9	2.8
Toplam	326	100.0

Projeye başvuran üreticilerin %67.2'si ilkokul, %21.5'i ortaokul, %8.6'sı lise ve %2.8'i üniversite eğitim düzeyine sahiptir. Genç sayılabilecek bir üretici grubu olmasına rağmen proje başvurusunda bulunan üreticiler büyük ölçüde ilköğretim seviyesinde eğitim almışlardır.

Projede kaba yem üretim potansiyeli ve mera alanı seçim kriterleri arasında yer almaktadır. Tokat ili genelinde sözleşmeli küçükbaş yetiştiricilik için başvuran üreticilerin %92'lik kısmı kendi işletmelerinde faaliyet gösterirken başkalarının mülkiyetinde bulunan arazilerde kiracı olarak üretim yapacağını belirtenlerin oranı %8'dir. Diğer yandan projeye başvuranların ortalama arazi büyüklüğü 66.73 da'dır. Bölge koşulları dikkate alındığında işletme büyüklüğü 300 küçükbaş hayvana çıkacak olan üreticilerin kaba yem üretmesi için söz konusu arazi büyüklüğünün yeterli olduğu söylenebilir.

Bölgede yaygın olarak Karayaka, Akkaraman, Morkaraman, Hemşin ve Merinos gibi koyun ırkları hakim yapıda iken keçi olarak Halep ve Kıl keçisine rastlanılmaktadır. Bu proje kapsamında bölgede ağırlıklı olarak koyun yetiştiriciliği yapılmak amacıyla müracaatta bulunulmuştur. Üreticilerin %96'sı koyun yetiştiriciliği için başvuruda bulunurken sadece 13 üretici (%4) keçi yetiştiriciliği için başvuru yapmıştır. Talep edilen ortalama hayvan sayısı ise 176.53 olarak belirlenmiştir. Projeye başvuran yetiştiricilerin %44.8'i Karayaka koyununu tercih etmiştir (Çizelge 2). Bu tercihte bölgenin ekolojik koşulları ve yöre insanının alışkanlıklarının önemli bir faktör olduğu söylenebilir.

**Çizelge 2.** Tokat İlinde Proje Başvurusunda Bulunan Üreticilerin Tercihle Buldukları Küçükbaş Hayvanların İrklarına Göre Dağılımı

	Frekans	Yüzde (%)
<b>Koyun ırkları</b>		
Akkaraman	64	19.6
Morkaraman	15	4.6
Karayaka	146	44.8
Hemşin	8	2.5
Merinos	39	11.9
Diğer	41	12.6
<b>Keçi ırkları</b>		
Halep keçisi	2	0.6
Kıl keçisi	11	3.4
Toplam	326	100.0

Üretici Şartlarında Küçükbaş Hayvancılık Projesi'nin temel amaçlarından biri kırsal alanda küçükbaş hayvancılık yapan üreticilere sosyal güvence imkanı sağlamaktır. Projeye başvuran üreticilerin %46'sının BAĞKUR'a, %23.3'ünün SGK'ya kayıtlı olduğu ve toplamda üreticilerinin %69.3'ünün sosyal güvencesi olduğu saptanmıştır. Ancak geriye kalan üreticilerin %30.7'sinin herhangi bir sosyal güvencesi bulunmadığı belirlenmiştir. Sosyal güvenceye sahip olmayan üreticilerin oranı azımsanamayacak düzeydedir. Bu yönüyle projenin ana hedeflerinden biri olan kırsal yaşamı destekleme ve üreticiye sosyal güvence sağlama konusu önem taşımaktadır.

Proje sürekli eğitim sistemini model almakta ve üreticilerin bilinçli üretim faaliyetinde bulunmalarını sağlamayı amaçlamaktadır. Projeye başvuran 326 kişiden %47.9'u daha önce genç çiftçi eğitimi, hayat boyu öğrenme programı, sürü yöneticisi eğitimi, tarımda kadın girişimciliğinin güçlendirilmesi gibi eğitim programlarından herhangi birine katılırken, üreticilerin %53.1'nin herhangi bir eğitim faaliyetine katılmadıkları belirlenmiştir. Projenin, daha önce eğitime katılmış olan kişilerin öğrenme ve uygulama adaptasyonun güçlenmesine katkı sağlaması ve hiçbir eğitim programına katılmamış üreticilerin daha bilinçli üretimde bulunabilmesi konusu önemlidir.

Tokat ilinde yaklaşık 4 500 küçükbaş hayvancılığı yapan yetiştirici olduğu düşünüldüğünde projeye müracaat eden 326 kişinin önemli bir orana (toplam yetiştirici sayısının %7.24'ü) sahip olduğu söylenebilir (Çizelge 3).

**Çizelge 3.** Tokat İlindeki Küçükbaş Hayvancılık Yapan, Projeye Müracaat Eden, Projesi Onaylanan ve Sözleşme İmzalayan Üretici Sayısı

	Adet	Yüzde (%)
Toplam yetiştirici sayısı	4.500	100.00
Projeye müracaat eden kişi sayısı	326	7.24
Projesi onaylanan kişi sayısı	11	0.24
Sözleşme imzalayan kişi sayısı	7	0.16
Teslimi yapılan toplam koyun sayısı		990.0
İşletme başına teslimi yapılan koyun sayısı		141.4

Ancak başvurular arasında Ziraat Bankasına gerekli teminatları verip kredisi onaylanan sadece 11 üretici projeden yararlanma imkanı bulabilmiştir. Bu üreticilerden 4'ü ise kendilerine temin edilen küçükbaş hayvanların damızlık özelliklerini yetersiz bulmuş ve sözleşmede belirtilen hayvan başı belirlenen birim fiyatının temin edilen hayvanlar için fazla olduğunu gerekçesiyle projeden yararlanma hakkından vazgeçmişlerdir. Sonuç olarak Tokat İlinin Pazar ilçesinde 1. Zile İlçesinde 2. Turhal İlçesinde 1 ve Niksar İlçesinde 3 olmak üzere 7 üreticiye toplamda 990 koyun ve 47 koç teslimi yapılabilmektedir.

Tokat ilinde küçükbaş hayvan yetiştiriciliği yapanların sadece %0.16'sı bu uygulamadan yararlanması projenin hedeflerine ulaşması açısından engel olarak değerlendirilebilir. Projeye müracaat edenlerin seçiminde aşırı seçici davranılmasının da ele alınması gerekir. Projeden yararlanmaya hak kazanıp sözleşme imzalamayan üreticilerin vazgeçemedeki en önemli nedeni hayvanların teslim tarihi olan 2019 yılı mart ve nisan ayında hayvan başına fiyatın (1 360 TL) piyasa fiyatlarının çok üzerinde olmasıdır. Sonuç olarak söz konusu projenin Tokat ilindeki uygulamada belirlenen hedeflerin çok uzağında kaldığı ifade edilebilir.

## SONUÇ

Türkiye'de küçükbaş hayvan yetiştiriciliği; üretim, verim ve kaliteyi artırmaya yönelik yöntem ve teknolojiler geliştirmek ve yaygınlaştırmak, ayrıca istihdamı artırmak stratejik hedefleri içerisinde yüksek önceliğe sahip bir sektör konumundadır. Bu çerçeveden bakıldığında, "Üretici Şartlarında Sözleşmeli Küçükbaş Hayvancılık Projesi" veya kısa adıyla 300 koyun projesi uygulamasının teorik olarak bu hedeflere ulaşmada önemli bir işlev üstlendiği söylenebilir.

Projenin en temel amacı, küçükbaş hayvan varlığını arttırmaktır. Bu bağlamda sekiz yıllık dönemi kapsayan projenin bitiminde 5 milyon baş damızlık üretimi, yaklaşık 3.25 milyon baş erkek kesimi ile 52 300 ton et üretiminin gerçekleştirilmesi planlanmıştır.

Projenin, özellikle genç nüfusun istihdamını ve sosyal güvenliğini incelemesi olumlu bir yaklaşımdır. Proje ile hayvan sayısındaki artışın yanı sıra verimliliğin artırılması da hedeflenmiştir. Özellikle proje kapsamında dağıtılacak hayvanlara, ıslah çalışması yapılarak elde edilecek yerli gen kaynaklarına sertifikalandırma yapılabilme olanağı sağlayacak olması küçükbaş hayvancılıkta birim hayvan başına elde edilen verim üzerinde etkili olacağı söylenebilir. Diğer yandan proje atıl kalan mera alanlarının üretime kazandırılması ve küçükbaş hayvan barınaklarının tam kapasite ile kullanımının sağlanması önemli bir hedef olarak değerlendirilebilir. Projenin küçükbaş hayvan varlığını artırıcı etkide bulunması piyasa arz edilen kırmızı et miktarına ve et fiyatlarına olumlu katkılar sağlayacak olması projenin önemli hedeflerinden birisidir.



Projeden yararlanacak işletmelerin 8 yıl boyunca işletme kaydı tutma zorunluluğu, bir yönüyle işletmecilere kayıt tutma alışkanlığı kazandırılmasının yanı sıra işletmeleri denetim ve izleme olanağı getirecektir. Diğer yandan Türkiye’de eğitim yetersizliğinden geleneksel yöntemlerle sürdürülen küçükbaş hayvan yetiştiricilerine verilecek olan eğitimler yoluyla teknik bir boyut kazandırılarak uzmanlaşmanın önünü açacak olması projenin üreticilere sağlayacağı önemli bir katkı niteliğindedir. Ayrıca projeden yararlanan işletmelerde sürekli aşılama ve dezenfeksiyon uygulaması yapılacağından hastalıktan arı işletme sayıları artmış olacak ve bu işletmeler bakanlığın uygulayacağı diğer projelerde damızlık işletme görevini üstlenerek sektörün gelişimine katkı sağlayacaktır.

Ancak uygulamanın Tokat ilindeki sonuçlarının incelendiği bu çalışmada söz konusu hedeflerin çok uzağında kaldığı belirlenmiştir. Diğer illerde de benzer durumların olduğu bilinen bir gerçektir. Ayrıca projenin 2018 yılında bir defaya mahsus olarak uygulamaya konulmuş olması ve devam eden yıllarda yeni müracaat alınmaması, belirlenen hedeflere ulaşmanın mümkün olamayacağını göstermektedir.

“Üretici Şartlarında Sözleşmeli Küçükbaş Hayvancılık Projesi”nin teoride, sektörün gelişiminde birçok açıdan katkıda bulunacağı söylenebilir. Ancak uygulamada yeterli müracaat alınmış olmasına rağmen sözleşme imzalayan yetiştirici sayısının beklenenin çok altında kaldığı görülmektedir. Ayrıca işletme başına dağıtılan hayvan sayısının proje hedeflerine ulaşmadığı belirlenmiştir. Projenin sözleşme şartları içerisinde yer alan yem desteği ve sürü yöneticisi(çoban) desteğinden daha sonra vazgeçilmiş ve bu durum projeden faydalanmak isteyen üreticilerin projeye karşı tutumlarını olumsuz yönde etkilemiştir. Yine projeye ait yayınlanan ilk sözleşmede belirtilen saf ırk temini şartı Türkiye’de saf ırk hayvan sayısının yetersiz oluşu ve artan fiyatlardan dolayı projede belirtilen birim fiyata saf ırk hayvan temin edilemediğinden dolayı kaldırılmıştır. Bu durum gen kaynaklarının korunması ve geliştirmesi boyutunun eksik kalmasına yol açmış, TİGEM tarafından belirlenen hayvan başına fiyatın piyasa fiyatlarının çok üzerinde olması projeden yararlanmak isteyen üreticilere caydırıcı etki yapmıştır.

Sonuç olarak teorik açıdan her yönü ile olumlu sayılabilecek “Üretici Şartlarında Sözleşmeli Küçükbaş Hayvancılık Projesi”nin, uygulamadaki sonuçlarının iyi analiz edilmesi, ortaya çıkan sorunların değerlendirilerek projenin devamının sağlanmasında yarar görülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Altındeğer M, Hekimoğlu B, 2017. TR831 Samsun İli Hayvancılık Sektörü Üretim, Sorunlar ve Çözüm Önerileri. Samsun Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü, Samsun-Türkiye.
- Anonim, 2019a. 2018 yılı tarım istatistikleri. T.C. Tokat Valiliği, Tarım ve Orman İl Müdürlüğü, Koordinasyon ve Tarımsal Veriler Şube Müdürlüğü. Tokat. [www.tokattarim.gov.tr](http://www.tokattarim.gov.tr)
- Anonim, 2019b. Üretici Şartlarında Sözleşmeli Küçükbaş Hayvancılığın Teşvik Edilmesi Projesi. <https://300koyun.tigem.gov.tr/PdfView/Index/%C3%9Cretici%20%C5%9Eartlar%C4%B1nda%20S%C3%B6zleşmeli%20K%C3%BCkbaş%C5%9F%20Hayvanc%C4%B1k%20Projesi>.Erişim Tarihi: 10 Ocak 2019.
- Ayyıldız M, Çiçek A, 2018. Kırmızı Et Fiyatlarının GARCH Yöntemiyle Analizi: Türkiye Örneği. Türk Tarım Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6(12): 1775-1780.
- Cengiz F, Karaca S, Kor A, Ertuğrul M, Arık Z, Gökdal Ö, 2015. Küçükbaş Hayvan Yetiştiriciliğinde Değişimler ve Yeni Arayışlar. Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi, 12-16 Ocak 2015, Ankara.
- Dönmez O, 2008. Bursa İli Koyunculuk İşletmelerinin Yetiştiricilik Açısından Yapısı. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış)

- Ertuğrul M, Dellal G, Pehlivan E, 2017. Türkiye Küçükbaş Hayvancılığının Et ve Süt Üretimine Katkısı ve Geleceği. Tarım Haftası 2017 Türkiye'nin Hayvansal Üretimi (Mevcut Durum ve Gelecek) Sempozyumu, 10–11 Ocak 2017, Ankara.
- FAOSTAT, 2019. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QA>. (Erişim Tarihi: 10.01.2019).
- İzmir Ticaret Borsası, 2019. Türkiye'de Koyunculuk Faaliyetinin Geleceği ve Sürdürülebilir Üretimi Projesi Çalıştay Sonuç Raporu, İzmir. <https://itb.org.tr> > img > userfiles > files. (Erişim tarihi: 15.11.2019).
- Köseman A, Şeker İ, 2015. Türkiye'de Sığır, Koyun ve Keçi Yetiştiriciliğinin Mevcut Durumu. Van Veterinary Journal, 26 (2): 111–117.
- Mundan D, Avcı M, Memiş H, Avcı L, 2017. Hayvancılık Sektörünün Kalkınma ve Sanayileşme Açısından Değerlendirilmesi: Adıyaman İli Örneği. Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi, 9(17): 237–244.
- Oğuz C, Özer H, Yılmaz R, 2019. Koyunculuk İşletmelerinin Yapısal Özelliklerinin Belirlenmesi: Konya İli Örneği. XI. IBANESS Kongreler Serisi, 9–10 Mart 2019, Tekirdağ.
- Sakarya E, 2014. Türkiye Hayvancılık Sektöründe Mevcut Durum, Sorunlar ve Çözüm Önerileri. <https://docplayer.biz.tr/6410864-Turkiye-hayvancilik-sektorunde-mevcut-durum-sorunlar-ve-cozum-onerileri.html>. (Erişim Tarihi: 18.11.2019).
- Saygın Ö, Demirbaş N, 2017. Türkiye'de Kırmızı Et Sektörünün Mevcut Durumu ve Çözüm Önerileri. Hayvansal Üretim, 58(1): 74–80.
- Semerci A, Çelik AD, 2016. Türkiye'de Küçükbaş Hayvan Yetiştiriciliğinin Genel Durumu. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 21(2): 182–196.
- Skapetas B, Kalaitzidou M, 2017. Current status and perspectives of sheep sector in the world. Livestock Research for Rural Development, 29 (2). <http://www.lrrd.org/lrrd29/2/skap29021.html> (Erişim tarihi: 18.11.2019).
- Tosun D, Demirbaş N, 2012. Türkiye'de Hayvancılık İhtisas Organize Sanayi Bölgelerinin Gelişimi ve Konunun Büyükbaş Hayvancılık Sektörünün Sorunları Açısından Değerlendirilmesi. 10. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi, 5–7 Eylül 2012, Konya.
- Ünlüsoy K, İnce E, Güler F, 2010. Türkiye Kırmızı Et Sektörü ve Rekabet Politikası. Rekabet Kurumu 3. Daire Başkanlığı, Ankara-Türkiye.
- Vural H, Fidan H, 2007. Türkiye'de Hayvansal Üretim ve Hayvancılık İşletmelerinin Özellikleri. Tarım Ekonomisi Dergisi, 13(2): 49-59.

**İğdir İli Silajlık Mısır Üretiminde Etkinliğin ve Etkinliğe Etki Eden Faktörlerin Belirlenmesi**Kıymet DOĞAN<sup>1</sup>, Murat KÜLEKÇİ<sup>1\*</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada, İğdir ili silajlık mısır üreten işletmelerin etkinliklerini ve bu etkinliğe etki eden faktörlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırma verileri İğdir ilinde Merkez, Karakoyunlu, Aralık ve Tuzluca ilçelerine ait gayeli örnekleme metodu ile seçilmiş 10 köyde bulunan işletmelerle yapılan anket çalışmasından elde edilmiştir. Anket yapılacak işletme sayısı, Basit Tesadüfi Örnekleme Metodu kullanılarak, 110 olarak belirlenmiştir. Elde edilen veriler Veri Zarflama Analizi ile analiz edilerek işletmelerin etkinlikleri bulunmuş ve bu etkinliğe etki eden faktörler ise Fractional Logit Model kullanılarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre silajlık mısır üreten işletmelerin genel teknik, saf teknik ve ölçek etkinlikleri sırasıyla 0.42, 0.94 ve 0.44 olarak belirlenmiştir. İşletmelerin %12.73'ü ölçeğe sabit getiriye, %87.27'si ise ölçeğe artan getiriye sahiptir. Etkin işletmelerin üretim değerinin etkin olmayanlara göre %62.22 oranında daha fazla olduğu belirlenmiştir. Etkin işletmelerde ilaç, işgücü, gübre, diğer değişken masraflar ve tohum masrafının etkin olmayanlara göre sırasıyla %83.78, %59.20, %54.29, %41.26 ve %3.04 oranında daha az, pazarlama masrafının ise %2.00 oranında daha fazla olduğu belirlenmiştir. Etkinliğe etki eden tek faktör işletmecinin yaşı olarak belirlenmiştir. İşletmecinin yaşı 1 yaş arttığında etkisizliğin %0.88 puan arttığı tespit edilmiştir. Silajlık mısır üreten işletmelerde etkinliğin artırılabilmesi için etkin girdi kullanımı başta olmak üzere tarım teknikleri konusunda çiftçi eğitim programlarının düzenlenmesi ve bu programlarda genç çiftçilerin katılımının sağlanması önem arz etmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Veri zarflama analizi, fractional logit model, teknik etkinlik, ölçek etkinliği, silajlık mısır, İğdir

**Determination of Factors Affecting the Efficiency and Efficiency of Silage Corn Production in İğdir Province**

**ABSTRACT:** The aim of this study were to determine factors affecting the efficiency and efficiency of farms producing silage corn in İğdir Province. Data of this study were collected using face-to-face surveys from 110 silage corn farms in 10 villages in districts of İğdir Province. Data Envelopment Analysis approach was used to determine the efficiency of farmers and it was determined factors affecting the efficiency using fractional regression model. Based on results, general technical, pure technical and scale efficiencies of farms producing silage corn were 0.42, 0.94 and 0.44, respectively. It shows that 12.73% of the farms had constant return to scale and 87.27% of the farms had increasing return to scale. Comparing efficient and inefficient farms, it was determined that gross production value of efficient farms were 62.22% higher than those of inefficient ones. Also, it was found that chemicals, labour, fertilizer, other variable cost and seed cost of inefficient farms were 83.78%, 59.20%, 54.20%, 41.26% and 3.04% higher than those of efficient farms, respectively. On the other hand, marketing cost in inefficient farms was 2.0% lower than efficient farms. According to result of fractional regression analysis, farmers' age was the only factor affecting the efficiency. The parameter estimates showed that technical inefficiency increases by 0.88% when the age of farmer increase 1 age. To increase efficiency of the farms producing silage corn, this study proposed strategies such as providing farmer training programs on agricultural technics include efficiently input usage, and attendance of young farmers to these trainings.

**Keywords:** Data envelopment analysis, fractional logit model, technical efficiency, scale efficiency, silage corn, İğdir.

<sup>1</sup> Kıymet DOĞAN (Orcid ID: 0000-0001-5273-9403), Murat KÜLEKÇİ (Orcid ID: 0000-0002-7696-7109), Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü, 25240, Erzurum Türkiye.

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Murat KÜLEKÇİ, e-mail: mkulekci@atauni.edu.tr

Bu çalışma Kıymet DOĞAN'ın Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

Geliş tarihi / Received: 11-12-2019

Kabul tarihi / Accepted: 15-02-2020

## GİRİŞ

Mısır (*Zeamays L.*) bitkisi dünyada bulunan tahıllar arasında önemli bir yere sahiptir (Çelik, 2019). Bitki besin maddesi yönünden zengin olan topraklarda başarıyla yetiştirilmektedir (Anonim, 2019a). Ayrıca nem oranı, %20-25'in altında olmayan bölgelerde gelişim göstermektedir. Eğer bu nem oranının altında olursa dölllenme sorunu yaşamaktadır (Anonim, 2019b).

Dünyada mısır bitkisi; insan ve hayvan gıdası olarak tüketiminin dışında bira, şurup, nişasta, endüstriyel alkol (etanol), viski ve biyoplastik yapımı sanayilerinde de kullanılmaktadır. Bu bitkinin anavatanı Orta Amerika'nın Meksika-Guatemala bölgesidir. Asırlardan beri bölgenin ana ürünü olarak ekimi yapılmıştır. Kıtada insanın henüz bulunmadığı zamanlarda mısırın var olduğu arkeolojik kazı çalışmaları ile keşfedilmiştir. Kıta keşfedildikten sonra Kristof Colomb tarafından 1493'de Avrupa'ya getirilip, buradan Kuzey Afrika üzerinden Asya ve daha sonrasında ise Çin ve Hindistan gibi Uzakdoğu ülkelerine götürülerek yayılmıştır (Çelik, 2019).

Mısır; tropik, subtropik ve ılıman iklim kuşaklarında yetişebildiğinden Antartika dışında dünyanın hemen her yerinde tarımı yapılabilmektedir. Ülkemizde en geniş ekim alanına sahip tarımsal ürünler arasında olan mısır, ana ürün ve ikinci ürün olarak üretilmektedir (Anonim, 2019c). Dünyada üretilen mısırın %27.00'lik kısmı insanların besin ihtiyaçlarını, %73.00'lük kısmı ise hayvanların besin ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde üretilen silajlık mısırın %46.00'ü hayvanların besin ihtiyacının karşılanmasında geriye kalan %54.00'lük kısmı ise insanların besin ihtiyacının karşılanması ve sanayi sektörüne hammadde oluşturması amacıyla kullanılmaktadır. Gelişmiş ülkelerde ise mısır üretiminin %90.00'lik kısmı hayvanların besin ihtiyaçlarını, %10.00'lük kısmı ise insanların besin ihtiyaçlarını karşılamakta ve sanayi sektörüne hammadde oluşturulması amacıyla kullanılmaktadır. Dünya genelinde insanların günlük kalori ihtiyacının %11.00'i mısırdan karşılanmaktadır. Bu oran gelişmiş ülkelerde %4.00'den daha düşükken, Meksika ve Orta Amerika gibi ülkelerde %27.00 oranlarına kadar artış göstermektedir (Bozdemir, 2017).

Dünya'da 2017 yılı itibarıyla 1134 milyon ton mısır üretilmekte olup, Türkiye bu mısır üretiminin yaklaşık %0.52'lik kısmını üretmektedir (Anonim, 2019d). Türkiye'nin tarım alanlarının toplamı 23 385 092 hektardır. Bu tarım alanının %2.73'lük (637 726 hektar) bölümünde mısır tarımı yapılmaktadır (Çelik, 2019). İğdır ilinde ise mısır hem danelik hem de silajlık olarak yetiştirilmektedir. Mısır bitkisinin danelik ekim alanı 43 550 hektar olup, silajlık ekim alanı ise 6 660 hektardır. Üretim miktarının toplamda 46 175 tonu danelidir. Silajlık mısır üretim miktarı ise 325 000 tondur (Anonim, 2019e).

Türkiye ve İğdır tarımı için önem arz eden bir ürün olan silajlık mısır üretimi, miktar ve ekim alanı olarak yıllar itibarıyla değişim göstermektedir. Ekonomik açıdan verim miktarındaki değişim daha çok önem taşımaktadır. Verim miktarındaki değişimin nedeni, özellikle tarım sektöründe pek çok faktörün bileşkesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunlardan bir kısmı doğa koşullarına bağlı olarak çiftçinin kontrolü dışında gelişirken (don, kuraklık, sel, hastalık vb), bir kısmı da çiftçinin kontrolünde olan faktörlere (hangi ürünlerin ne kadar üretileceği, hangi girdilerin ne kadar kullanılacağı gibi) bağlıdır. Çiftçinin kontrolündeki faktörlerin sonucu olarak gerçekleşen verim değişimi tarım ekonomistlerinin araştırma alanına girmektedir. Verimdeki düşüşün en önemli nedenlerinden birisi, teknik etkinliğin gerçekleşmemesidir. Teknik etkinsizlik girdilerin optimum kullanım miktarından fazla kullanılması, diğer bir deyişle elde edilen ürünün, etkin bir üretim ile daha az girdi kullanılarak gerçekleştirilebileceği anlamını taşımaktadır. Üretimde etkinliğin sağlanamaması teknik etkinsizliği, kaynakların israf edilmesi anlamını taşımaktadır.

Tarımsal üretimde teknik etkinliğin sağlanması kaynak israfının önüne geçmek suretiyle bir yandan maliyet tasarrufu sağlarken diğer yandan çevreye olan zararı minimize etmektedir. Özellikle üretim kararı alırken içsel maliyetler dışında dışsal maliyetlerin de dikkate alındığı günümüzde üretimin çevresel etkilerinin belirlenmesi ve bu etkilerin de maliyetler içerisinde gösterilmesi, modern ekonomi biliminde oldukça önem taşımaktadır.

Bu çalışmada İğdır ili silajlık mısır yetiştiren işletmelerin teknik etkinliklerinin belirlenmesi ve etkinliği etkileyen faktörlerin tesbiti amaçlanmaktadır. Bununla birlikte, etkin işletmelerin oluşması ile girdilerde sağlanacak olan tasarruf miktarının tespiti yapılmıştır. Etkin işletmelerin oluşması için öneriler sunulmuştur.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Materyal

İğdır İlinde silajlık mısır üreten işletmelerin etkinliklerinin ve etkinliğe etki eden faktörlerin belirlenmesini amaçlayan çalışmada araştırma materyali olarak işletme sahipleri ile yapılan görüşmelerle toplanan birincil veriler kullanılmıştır. Bunun yanında İğdır il ve ilçelerindeki ziraatla ilişkili kuruluşlar ile Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) ve Gıda ve Tarım Organizasyonundan (FAO) elde edilen konu ve bölge işletmeleri ile ilgili istatistikî veriler kullanılmıştır. Ayrıca konu ile ilgili gerek bölgede gerekse bölge dışında yapılmış çalışmalardan faydalanılmıştır.

### Yöntem

#### Örnekleme hacminin belirlenmesinde uygulanan yöntem

İğdır ilinin yüzölçümü 3 588 km<sup>2</sup>'dir. İğdır Ovası 800-900 m. ortalama yüksekliği arasında yer almaktadır. İğdır'ın %26'sını ova, %74'ünü dağlık ve engebeli araziler oluşturmaktadır. İlde Merkez İlçe ile birlikte 4 ilçe ve 3 belde toplam 156 köy yer almaktadır. İlçelerin işletme sayıları ile tarımsal alanı Çizelge 1'de verilmiştir.

**Çizelge 1.** İğdır ilçelerinin tarımsal alan ve işletme sayıları

İlçeler	Alan (da)	İşletme sayısı
Merkez	26 426.25	2 176
Karakoyunlu	7 204.65	1 052
Aralık	107 553.51	889
Tuzluca	333 052.97	1 335
<b>Toplam</b>	<b>474 237.38</b>	<b>5 452</b>

Kaynak: Anonim, 2017.

İğdır ilinde bulunan ilçelerin silajlık mısır ekim alanı dikkate alınarak her dört ilçede bulunan yoğun bir şekilde üretimin gerçekleştirildiği köylerde yer alan işletmeler popülasyona dahil edilmiştir. İğdır İline bağlı ilçelerde silajlık mısır ekim alanları Çizelge 2'de sunulmuştur.

**Çizelge 2.** İğdır'a Bağlı İlçelerin Silajlık Mısır Ekim Alanı (da)

Yıllar	Aralık	Karakoyunlu	Merkez	Tuzluca
2012	300	10 185	22 000	400
2013	800	12 000	25 000	1 100
2014	1 000	12 520	27 000	1 000
2015	2 000	28 480	29 000	3 000
2016	2 000	20 544	27 850	2 500
2017	2 500	16 443	32 500	1 300
2018	2 500	16 775	30 940	1 400

Kaynak: Anonim, 2019e.



İğdır ilinde silajlık mısır üreten işletmelerle yapılacak anketlerin ilçe ve köylere dağılımını sağlamak için anket yapılacak köylerin seçiminde ilçelerin silajlık mısır ekim alanı dikkate alınarak köylerin seçimi gayeli örnekleme yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. Buna göre 2018 yılı itibariyle ekim alanı en çok olan Merkez ilçeden 4 köy (Yaycı, Pullur, Küllük ve Melekli), ikinci sırada yer alan Karakoyunlu ilçesinden 3 Köy (Taşburun, Ergenekon, Kacerdoğanşanlı), 3. Sırada bulunan Aralık ilçesinden 2 köy (Hasanhan, Aşağıçamurlu) ve Tuzluca ilçesinde 1 köy (Aşağı) belirlenmiştir. Belirlenen bu köylerde yer alan işletmelerin işledikleri tarımsal alanlar dikkate alınarak popülasyon belirlenmiştir. Anket yapılacak işletme sayısı, basit tesadüfi örnekleme yöntemi ile belirlenmiştir (Güneş ve Arıkan, 1988). Bu metotta popülasyonu oluşturan bütün birimlerin örneğe girme olasılığı aynıdır. Bu nedenle yöntem kısıtsız örnekleme olarak da adlandırılmaktadır. Örnek istatistiklerin tespit edilmesinde tüm birimlerin ağırlığı eşit kabul edilmektedir. Popülasyonun büyük olmadığı ve örnekleme birimlerini elde etmenin kolay ve ucuz olduğu durumlarda, bu yöntem uygundur. Ayrıca popülasyon birimlerinin dar bir sahada olması durumunda da pratik olarak uygulanmaktadır (Çiçek ve Erkan, 1996).

$$n = \frac{N \cdot \sigma^2}{(N-1)D + \sigma^2} = \frac{948 \cdot 16.84}{947 \left[ \frac{(12.15 \cdot 0.05)^2}{1.65^2} \right] + 16.84} = 110$$

Formüle,

n = Anket yapılacak işletme sayısı,

N= Popülasyondaki işletme sayısını (popülasyon İğdır ilçesinde yer alan dört ilçede gayeli olarak belirlenen 10 köyde yer alan toplam işletme sayısı) ,

$\sigma^2$ = Popülasyonu oluşturan işletmelerin sahip oldukları arazi genişliğinin varyansını,

D = ( $d^2 z^2$ ) değeri olup;

d = Örnek ortalaması ile popülasyon ortalaması arasındaki farkın hata payını,

Z = Hata oranına göre Standart Normal Dağılım tablosundaki z değerini göstermektedir.

Yukarıdaki basit tesadüfi örnekleme yöntemi kullanılarak anket uygulaması yapılacak işletme sayısı %95 güven aralığında ve %5 hata payı ile 110 olarak hesaplanmıştır.

### Verilerin dökümü ve analizinde uygulanan yöntem

Silajlık mısır üreten işletmelerde kullanılan işgücünü belirlemek için yaş ve cinsiyet yönünden farklılıkları karşılaştırmaya elverişli hale getirebilmek için EİB'ne (Erkek İş Birimi) çevrilmiştir. Mevcut aile iş gücünü EİB' ne çevirmede kullanılan katsayılar Çizelge 3'te verilmiştir (Tuvanç, 2009).

Çizelge 3. İşgücünü EİB' ne Çevirmede Kullanılan Katsayılar

Yaş	Erkek	Kadın
07-14	0.50	0.50
15-49	1.00	0.75
50+..	0.75	0.50

Brüt üretim değeri, işletmenin bir üretim dönemi boyunca ürettiği asıl ve yan ürünlerin üretiminden elde edilen değerdir. Bir başka deyişle, bir teşebbüsten veya üretim kolundan elde edilen ürünün kıymetidir (Karagölge, 2013). Brüt üretim değeri silajlık mısır tarımında elde edilen üretim miktarı ile piyasa fiyatının çarpılması sonucunda elde edilmiştir (Tuvanç, 2009).

Brüt kâr, işletmenin üretim kollarını kârlılık yönünden kıyaslamaya elverişli olan bir değerdir. Brüt kâr hesaplamak için brüt üretim değerinden o üretim dalına ait değişken masrafların çıkarılmasıyla elde edilmektedir (Karagölge, 2013)

### Etkinlik Analizi

Araştırmada silajlık mısır üreticiliği yapan işletmelerin etkinlik skorlarının tespit edilebilmesi için Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemi kullanılmıştır. VZA yöntemi, farklı ölçü birimleri ile ve farklı ölçeklerle ölçülmüş çoklu girdi ve çıktının bulunduğu ve karşılaştırmanın zorlaştığı zamanlarda, karar birimlerinin etkinliklerini ölçmeyi planlayan doğrusal programlama esaslı bir yöntemdir (Behdioğlu ve Özcan, 2009).

Teknik etkinliklerin hesaplanmasında kullanılan metotlardan bir tanesi olan VZA ilk olarak, Farrell'in (1957) çalışmasını temel alan 1978'de Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından girdiye yönelik Ölçeğe Sabit Getiri (Constant Return to Scale- CRS) modeli ile kullanılmıştır (Savaş, 2013).

1984'de Banker, Charnes ve Cooper, CRS varsayımına dayalı Veri Zarflama modelini, Ölçeğe Değişir Getiri (Variable Return to Scale-VRS) varsayımına göre geliştirmiş olup bu model BCC olarak adlandırılmıştır (Başaran ve Engindeniz, 2015). CRS varsayımına dayalı olarak ölçülen teknik etkinlik genel teknik etkinlik olarak ifade edilmektedir. VRS varsayımı altında hesaplanan teknik etkinlik ise saf teknik etkinlik olarak isimlendirilmektedir. Genel teknik etkinlik değerinin saf teknik etkinlik değerine oranı ölçek etkinliğini vermektedir.

CRS, işletmelerin kullanmış oldukları girdilerdeki %1'lik artışa karşılık, ürünlerinde aynı oranda (%1) artışın gerçekleştiği getiridir. VRS ise, girdilerdeki %1 lik artışa karşılık üretim miktarında %1 den farklı artışın sağlanacağını ifade etmektedir. Bu artış %1'den fazlaysa ölçeğe artan getiri (IRS) %1'den az ise ölçeğe azalan getiri (DRS) olduğunu gösterir. CRS optimum ölçeği yansıtmaktadır. IRS, çıktıdaki nispi artışın, girdide daha az bir nispi artışla karşılandığını ifade eder. DRS tam tersi durumu ifade etmektedir. IRS durumunda işletme girdi kullanım miktarını artırarak optimum ölçeğe ulaşırken, DRS durumundaki bir işletme optimumdan daha fazla büyüklükte ve optimum ölçeğe ulaşması için girdi kullanım miktarını azaltması gerekmektedir.

VZA modelleri; girdiye yönelik ve çıktıya yönelik olmak üzere iki şekilde incelenir. Girdiye yönelik VZA modelleri; belirli bir çıktı bileşimini en etkin biçimde meydana getirmek için kullanılacak en uygun girdi bileşiminin nasıl olacağını, çıktıya yönelik VZA modelleri ise belirli bir girdi bileşiminden en fazla ne kadar çıktı bileşimi ortaya koyabileceğini incelemektedir (Külekçi ve ark., 2016).

Bu araştırmada girdiye yönelik VZA modeli kullanılacağından sadece bu modele ilişkin genel formülasyon aşağıda gösterilmiştir:

$$E_k = \min \alpha - (\epsilon \cdot \sum_{i=1}^m S_i^-) - (\epsilon \cdot \sum_{r=1}^t S_r^+)$$

$$\sum_{j=1}^n (I_{ij} \cdot \mu_j) + S_i^- - (\alpha \cdot I_{ik}) = 0$$

$$\sum_{j=1}^n (O_{rj} \cdot \mu_j) - S_r^- - O_{rk} = 0$$

$$\mu_j, S_i^-, S_r^+ \geq 0$$

$$r=1, \dots, t; i=1, \dots, m; \sum \mu_j > 0$$

Modeldeki notasyonların açıklamaları aşağıda belirtilmiştir.

$E_k$ : k karar biriminin etkinliğini

$O_{rk}$ : k karar birimi tarafından üretilen r'inci çıktı

$I_{ik}$ : k karar birimi tarafından kullanılan i'inci girdi

$O_{rj}$ : j'inci karar birimi tarafından üretilen r'inci çıktı

$I_{ij}$ : j'inci karar birimi tarafından kullanılan i'inci girdi

$\epsilon$ : Yeterince küçük pozitif bir sayı

n: Karar birimi sayısı

t: Çıktı sayısı

m: Girdi sayısı

$\alpha$ : girdiye ait büzülme katsayısı

$S_r^-$ : k karar biriminin i'inci girdisine ait atıl değer

$S_r^+$ : k karar biriminin r'inci çıktısına ait atıl değer

$\mu_j$ : J'inci karar biriminin aldığı ağırlıklı değer

Çalışmada işletmelerin etkinlik analizleri için bir çıktıya karşılık yedi girdiden faydalanılmıştır. Çıktı ve girdilerin dekara isabet eden değer ve miktarlarını kullanmak suretiyle verilerin standart hale getirilmesi amaçlanmıştır. İşletmelerde elde edilen silajlık mısır üretim miktarı (kg/da) çıktıyı, bu işletmelerin silajlık mısır üretimi için, birim araziye karşılık yapılan işgücü masrafı, ilaç masrafı, tohum masrafı, gübre masrafı, akaryakıt masrafı, pazarlama masrafı ve diğer değişken masraflar girdileri oluşturmaktadır.

Araştırmada işletmelerin etkinlik skorlarını bulmak için, 1984'te Banker, Charnes and Cooper (BCC) tarafından geliştirilen VRS modeli kullanılmıştır. Bulunan etkinlik skorları ve işletmelerin optimum değişken masrafları, VRS varsayımı altında yapılan analizle hesaplanmıştır (Külekçi ve ark., 2016).

Karar birimlerinin etkinsizliğine etki eden faktörlerin belirlenmesi için işletmecinin kişisel karakteristikleri VZA'den elde edilen etkinlik skorları ile regresyon analizine tabi tutulur. Seçilecek regresyon modeli önem arz etmektedir. Standart lineer regresyon modelleri uygun değildir. Çünkü etkinlik skorlarının tahmin edilen değerleri 0 ile 1 aralığında yer almaktadır. Ayrıca standart yaklaşım olan 0 ile 1 aralığında sınırlandırılmış verilere uygulanabilen tobit model gibi sansürlenmiş normal regresyon tekniklerinin kullanımı tartışılabilir. VZA sonuçlarının doğası gereği karar birimlerinin hiçbirinin değeri 0 olmayacaktır. Diğer bir deyişle etkinsizliği 0 olan bir karar birimi bulunmayacaktır. Tobit modelinin etkinlik alanı 0 gözlem değerine sahip olmaması nedeniyle VZA skorlarından farklıdır (Ramalho et al., 2010). Hoff (2007) ve McDonald (2009) VZA skorları verildiğinde Papke and Wooldridge (1996)'nin kullandığı Fractional Regresyon Modeli (FRM)'nin uygun olacağını düşünmüşlerdir. FRM aşağıdaki gibi bağımlı değişkenin şartlı ortalaması üzerinde istenen sınırlandırmaları modele katan etkinlik skorlarının öngörülen değerleri (y) için bir fonksiyonel formu varsayımını gerektirir.

$$E(y/x)=G(x,\theta)$$

Papke and Wooldridge (1996) herhangi bir kümülatif dağılım fonksiyonu  $G(x,\theta)$  için olanaklı bir model belirlenmesini önermektedirler. En yaygın kullanılan fonksiyonlar logit ve probit fonksiyonel formlarıdır. Bu çalışmada Fractional logit regressin modeli formu kullanılmıştır. Logit fonksiyonel formu aşağıdaki gibidir.

$$G(x\theta) = \frac{e^{x\theta}}{1 + e^{x\theta}}$$

Formülde yer alan  $x_i$  etkinliği etkileyen bağımsız değişkenlerin vektörünü ifade etmektedir. Bu değişkenler; işletmecinin yaşı, eğitim seviyesi, ailedeki birey sayısı, silajlık mısır alanı ve arazinin mülkiyet durumudur.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Değişken Masraflar

Değişken veya değişir masraflar, işletmelerin üretim miktarına bağlı olarak değişim gösteren masraf kalemidir. Bunlar üretim miktarı artınca artan azalınca azalan masraflardır (Karagölge 2013). Değişken masraflar, tohum masrafları, işgücü masrafları, gübre masrafları, ilaç masrafları, yakıt masrafları, pazarlama masrafları ve diğer değişken masrafların (değişken masraf niteliğinde olup, bahsedilen değişken masraf kalemlerine dahil edilmemiş olan masraflardır. Örneğin silajlık mısır üretiminde kullanılan alet makinanın, sulama tesislerinin normalin dışındaki bakım onarım masrafı vb.) toplamından oluşmaktadır. İşletmelerde silajlık mısır üretimine ait ÖDM Çizelge 4'te görülmektedir.

**Çizelge 4.** İncelenen İşletmelerde Silajlık Mısır Üretimine Ait ÖDM

Masraflar	TL da <sup>-1</sup>	%
Değişir Masraflar	574.17	100.00
a. Tohum Masrafları	24.34	4.24
b. İşgücü Masrafları	439.81	76.60
c. Gübre Masrafları	24.41	4.25
d. İlaç Masrafları	3.84	0.67
e. Yakıt Masrafları	41.47	7.22
g. Pazarlama Masrafları	10.81	1.88
h. Diğer Masraflar	29.50	5.14

Silajlık mısır üretimi yapan işletmelerde toplam ÖDM 574.17 TL/da olup bu masraf içerisinde en yüksek payı %76.60 ile işgücü masrafı oluştururken bunu sırasıyla %7.22 ile yakıt masrafı ve %5.14 ile diğer değişir masraflar takip etmektedir. Diğer masraf kalemlerini ise %4,25 ile gübre masrafı, %4.24 ile tohum masrafı, %1.88 ile pazarlama masrafı ve %0.67 ile ilaç masrafları oluşturmaktadır.

İşletmelerde elde edilen ortalama brüt kâr değeri Çizelge 5'te görülmektedir. Üretilen silajlık mısırın ana ve yan ürün değerini ifade eden dekara brüt üretim değeri 1755.92 TL olarak hesaplanmıştır. Değişir masraflar ise 574.17 TL'dir. İğdır ili tarım işletmelerinin ortalama dekara brüt karı ise 1181.75 TL'dir.

**Çizelge 5.** İncelenen İşletmelerde Silajlık Mısır Üretimine Ait Brüt Kar Hesabı

Göstergeler	TL da <sup>-1</sup>
BÜD	1 755.92
Değişir Masraflar	574.17
Brüt Kâr	1 181.75

Silajlık mısırın brüt kârının hesaplandığı çalışmalar içerisinde Kızıloğlu ve Kızılaslan (2016), Tokat ilinde silajlık mısırın brüt kârını 1711.09 TL/da bulmuştur. Bulunan bu değer bizim çalışmamızdan elde edilen değere yakın bir değerdir. Diğer yandan Paksoy ve Ortasöz (2018) Kahramanmaraş'ta yaptıkları çalışmada 146.32 TL/da, Bayramoğlu ve Ağızan (2016) Konya İlinde yaptığı çalışmada 597.98 TL/da olarak silajlık mısırın brüt kârını tespit etmişlerdir. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar ise bizim çalışmamızinkinden oldukça farklı çıkmıştır. Literatürde yapılmış pek çok çalışma bulunmasına karşın son zamanlarda yapılan bu çalışmaların sonuçlarına göre, Türkiye silajlık mısır üretiminde brüt kâr dikkate alındığında İğdır ilinin avantaja sahip olduğunu söyleyebiliriz.

Silajlık mısır üreten işletmelerin teknik etkinliklerini belirlemek için oluşturulan veri setinde üretim miktarı ve bu üretim miktarını elde etmek için kullanılan üretim faktörleri için yapılan harcamalar dikkate alınmıştır. Buna göre veri setini oluşturan değişkenlere ait istatistiksel bilgiler Çizelge 6'da gösterilmiştir. İşletmelerde dekara ortalama üretim miktarı 1685.64 kg/da olup bu değer 400 TL/da ile 7 142.86 kg/da arasında değişmektedir. Girdileri oluşturan değişkenler içerisinde ilk üç sırayı oluşturan işgücü, akaryakıt ve diğer değişken masrafların ortalama değerleri ise sırasıyla 439.81 TL/da, 41.47 TL/da ve 29.50 TL/da olarak hesaplanmıştır.

İşletmelerin saf teknik etkinlik değeri, VRS varsayımı altında tespit edilmiştir. Bu değer 0.937 olarak bulunmuştur. CRS varsayımı altında belirlenen genel teknik etkinlik değeri ve ölçek etkinlikleri değeri ise sırasıyla 0.423 ve 0.444 olarak tespit edilmiştir. Yaklaşık olarak işletmelerin %13'ü, CRS varsayımı altında teknik etkinliğe (genel teknik etkinlik skoru 1), %36'sı VRS varsayımı altında teknik etkinliğe (saf teknik etkinlik skoru 1 olan) ve %12.73'ü ise ölçek etkinliğine sahiptir (Çizelge 7).

Buna göre işletmeler üretim etkinliğini gerçekleştirerek; CRS varsayımı altında girdi masraflarını %57.7 oranında azaltmak suretiyle aynı çıktı miktarına ulaşmaları, VRS varsayımı altında girdi masraflarını %6.3 oranında azaltarak aynı üretim miktarını elde etmeleri mümkündür.

**Çizelge 6.** Kullanılan değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

Değişkenler	Ort.	Std. sap.	Min.	Mak.
Üretim miktarı (kg da <sup>-1</sup> )	1685.64	1 368.53	400.00	7 142.86
Tohum masrafı (TL da <sup>-1</sup> )	24.34	2.57	20.00	30.00
Gübre masrafı (TL da <sup>-1</sup> )	24.41	33.73	0.53	345.00
İşgücü masrafı (TL da <sup>-1</sup> )	439.81	495.70	16.25	3900
İlaç masrafı (TL da <sup>-1</sup> )	3.84	4.07	0.12	20.00
Akaryakıt masrafı (TL da <sup>-1</sup> )	41.47	33.65	1.00	181.98
Pazarlama masrafı (TL da <sup>-1</sup> )	10.81	2.58	6.00	16.00
Diğer değişken masraflar (TL da <sup>-1</sup> )	29.50	24.35	6.38	199.86
<i>Etkinliğe etki eden faktörler</i>				
İşletmecinin yaşı (yıl)	52.05	7.54	29.00	65.00
İşletmecinin eğitimi (Ortaokul:0, lise ve üzeri :1)	0.22	0.41	0.00	1.00
Ailedeki birey sayısı	4.85	1.69	2.00	10.00
Silajlık mısır alanı (da)	89.77	122.93	7.00	1000
Arazinin mülkiyet durumu (mülk:1, kira:2, ortak:3)	1.41	0.58	1.00	3.00

**Çizelge 7.** İşletmelerin teknik etkinlik katsayıları

Etkinlik ölçümleri	Ortalama	Standart sapma	Etkin işletme (%)
Genel teknik etkinlik	0.423	0.302	12.73
Saf teknik etkinlik	0.937	0.071	36.36
Ölçek etkinliği	0.444	0.299	12.73

CRS ve VRS varsayımları altında etkin olan işletmeler (ölçek etkinliği) ise aynı üretim miktarını %55.6 oranında girdi masraflarında tasarruf yaparak elde edebilmeleri mümkün görülmektedir.

İşletmelerin farklı ölçeklere göre üretim miktarı Çizelge 8'de yer almaktadır. İşletmelerin yaklaşık %13'ü CRS ve %87'si Ölçeğe Artan Getiriye (Increase Return to Scale-IRS) sahiptir. İncelenen işletmelerin dekara ortalama üretim değeri, CRS'ye sahip işletmelerde 3 842.69 TL, IRS sahip işletmelerde 1 451.60 TL ve Ölçeğe Azalan Getiriye (Decrease Return to Scale-DRS) sahip işletmelere ise rastlanılmamıştır.

**Çizelge 8.** Farklı Ölçeklere Göre Üretim Değeri

Ölçeğe Getiri	İşletme sayısı (%)	Üretim miktarı (Bin kg da <sup>-1</sup> )
CRS	12.73	3 842.69
IRS	87.27	1 451.60
DRS	0.00	0.00
Toplam	100.00	

İncelenen işletmelerde etkin ve etkin olmayan işletmelerin karşılaştırması, Çizelge 9'da görülmektedir. Etkin olan işletmelerde dekara elde edilen üretim miktarı 3 570.44 kg'dır. Etkin olmayan işletmelerde ise 1 410.78 kg'dır. Etkin olan işletmeler etkin olmayanlara göre %153.08 oranında daha fazla üretim miktarına sahiptir. Ayrıca etkin olan işletmeler etkin olmayanlara göre ilaç masrafında %45.54, işgücü masrafında %37.18, gübre masrafında %35.19, diğer değişken masraflarda %29.22 ve tohum masrafında %2.92 oranında daha az masraf yaptıkları belirlenmiştir. Akaryakıt ve pazarlama masrafında ise etkin olan işletmeler etkin olmayanlara göre sırasıyla %12.82 ve %2.0 oranında daha fazla masraf yaptıkları tespit edilmiştir.



**Çizelge 9.** Etkin ve Etkin Olmayan İşletmelerin Karşılaştırması

	Etkin İşletmeler	Etkin Olmayan İşletmeler	Değişim (%)
Üretim miktarı (kg da <sup>-1</sup> )	3 570.44	1 410.78	153.08
Tohum masrafı (TL da <sup>-1</sup> )	23.71	24.43	-2.92
Gübre masrafı (TL da <sup>-1</sup> )	16.56	25.55	-35.19
İşgücü masrafı (TL da <sup>-1</sup> )	289.98	461.65	-37.18
İlaç masrafı (TL da <sup>-1</sup> )	2.22	4.08	-45.54
Akaryakıt masrafı (TL da <sup>-1</sup> )	46.04	40.80	12.82
Pazarlama Masrafı (TL da <sup>-1</sup> )	11.00	10.78	2.03
Diğer değişken mas. (TL da <sup>-1</sup> )	21.69	30.64	-29.22

İncelenen işletmelerde mevcut ve optimum masraflar arasındaki karşılaştırma, Çizelge 10'da görülmektedir. İşletmeler optimum seviyede girdi kullanarak girdi masraflarından tohum masrafını %7,70, gübre masrafını %22.30, işgücü masrafını %44.74, ilaç masrafı %67.80, akaryakıt masrafını %20.56, pazarlama masrafını %13.54 ve diğer değişken masraflarını %29.43 oranında azaltarak aynı üretim miktarına ulaşabilirler.

**Çizelge 10.** Mevcut ve Optimum Masraflar Arasındaki Karşılaştırma

Masraflar (TL/da)	Genel İşletmeler		
	Mevcut	Optimum	Değişim (%)
Tohum masrafı (TL da <sup>-1</sup> )	24.34	22.60	-7.70
Gübre masrafı (TL da <sup>-1</sup> )	24.41	19.96	-22.30
İşgücü masrafı (TL da <sup>-1</sup> )	439.81	303.86	-44.74
İlaç masrafı (TL da <sup>-1</sup> )	3.84	2.29	-67.80
Akaryakıt masrafı (TL da <sup>-1</sup> )	41.47	34.40	-20.56
Pazarlama masrafı (TL da <sup>-1</sup> )	10.81	9.52	-13.54
Diğer değişken masraflar (TL da <sup>-1</sup> )	29.50	22.80	-29.43

İşletmelerde etkinliğe etki eden faktörlere baktığımızda işletmecinin yaşı dışındaki diğer bütün faktörlerin etkinliğe etki etmediği görülmektedir. İşletmecinin yaşı arttıkça etkinsizliğin arttığı belirlenmiştir (Çizelge 11).

**Çizelge 11.** İşletmelerde Etkinliğe Etki Eden Faktörler (Farcional Logit Model R<sup>2</sup>:0.42)

Değişkenler	Katsayı	Std. sap	t	P değeri
Sabit	10.7136***	1.1675	9.176	0.000
Yaş	-0.1549***	0.0202	-7.656	0.000
Eğitim	-0.0483	0.2281	-0.212	0.832
Birey sayısı	0.0446	0.0455	0.982	0.326
Silajlık mısır üretim alanı (da)	0.0006	0.0012	0.459	0.647
Arazi mülkiyet durumu	0.1648	0.1550	1.063	0.288

\*\*\* istatistiksel olarak %1 önem seviyesini göstermektedir

Etkinliğe etki eden faktörlerin marjinal etkinlikleri, Çizelge 12'de verilmiştir. Buna göre istatistiksel açıdan önemli olan işletmecinin yaşı 1 yaş arttığında etkinlik skoru %0.88 puan azalmakta olduğu görülmektedir.

Çizelge 12. Fractional Logit Model Marjinal Etkileri

Değişkenler	Katsayı	Std. sap	t değeri	P değeri
Yaş	-0.0088***	0.0011	-7.674	0.000
Eğitim	-0.0028	0.0130	-0.212	0.832
Birey sayısı	0.0025	0.0025	1.004	0.315
Silajlık mısır üretim alanı (da)	0.0000	0.0001	0.458	0.647
Arazi mülkiyet durumu	0.0094	0.0088	1.059	0.290

\*\*\* istatistiksel olarak %1 önem seviyesini göstermektedir

## SONUÇ

İğdır ilinde silajlık mısır üretimi yapan işletmelerin dekara elde ettikleri üretim miktarıyla değişken masraflarının analiz edilerek girdi kullanım etkinliklerinin belirlendiği bu çalışmada işletmelerin saf teknik etkinlik değeri, ölçeğe değişir getiri varsayımı altında hesaplanmıştır. Bu değer 0.937 olarak bulunmuştur. Bu değere göre saf teknik etkinliğe sahip olan işletmelerin (%36.36) teknik etkinliklerini iyileştirmek için girdi masraflarını yaklaşık %6.3 oranında azaltarak aynı üretim değerine ulaşmaları mümkün görülmektedir. İşletmelerin optimum miktardan %0.07 ile %0.40 arasında değişen oranlarda daha fazla masraf yaptığı belirlenmiştir. İşletmeler %0.40 oranında ilaç masrafını, %0.31 oranında işgücü masrafını, %0.23 oranında diğer değişken masrafını, %0.18 gübre masrafını, %0.17 akaryakıt masrafını, %0.12 pazarlama masrafını ve %0.07 oranında tohum masraflarını kısararak aynı üretim miktarını elde edebilecekleri belirlenmiştir.

Etkin işletmelerle etkin olmayan işletmelerin karşılaştırılması neticesinde etkin olanlar %62.22 oranında daha fazla üretim değerine sahiptir. Elde edilen sonuçlara göre işletmelerin %12.73'ü CRS (etkin işletmeler) sahip oldukları ve optimum ölçekte oldukları görülürken %87.27'sinin ise IRS sahip oldukları (etkin olmayan) belirlenmiştir. Bu sonuca göre IRS'ye sahip işletmelerin optimum ölçeğe sahip olabilmeleri için üretim miktarlarını artırmaları dolayısıyla girdi miktarlarını artıran üretim için gereken optimum düzeye yükseltmeleri gerekecektir.

Fractional logit model ile işletmecinin yaşının etkinliğe etki ettiği belirlenmiştir. İşletmelerde işletmecinin yaşı arttıkça etkinliğin düştüğü belirlenmiştir. Genç çiftçilerin silajlık mısır üretiminde yaşlılara göre daha etkin olmaları, yeniliklere açık olmaları ve bilimsel esaslara uygun tarım teknikleri ile üretim gerçekleştirmeleri ile açıklanmaktadır. Yaşlı olanlar daha çok geleneksel olarak üretimlerini gerçekleştirmekte üretim konusunda verecekleri kararlarda geleneklere göre hareket etmektedirler. Gerek ekonomik konularda gerekse uygulayacakları tarım tekniğine karar verirken geleneklere, geçmişten beri uygulanan tekniklere göre hareket etmektedirler. Bu durum ise yanlış bilinen üretim tekniklerinin süregelmesini ve üretim etkinsizliğinin ortaya çıkmasını sağlamaktadır.

İşletmelerde etkinsizliğe yol açan en önemli faktörlerin başında girdilerin optimum düzeyde kullanılmaması gelmektedir. Toprak analizlerinin yapılarak toprağın bitki besin elementi içeriğinin saptanması ve bu analiz neticesinde ihtiyaç duyulacak besin elementlerinin belirlenmesi önem taşımaktadır. Toprağın ihtiyacı olan besin elementlerinin ise optimum düzeyde bulunması gereklidir. İşletmecilerin optimum girdi kullanımını konusunda bilgilendirilmesi ve silajlık mısır üretimiyle ilgili teknik ve ekonomik bilgilerin, düzenlenecek olan bir çiftçi eğitim programı ile çiftçilere verilmesi gerekmektedir. Böylelikle kullanılan değişken maliyetleri düşürmek ve kullanılan kaynaklardan etkin bir şekilde faydalanmak mümkün olabilecektir. Çiftçi eğitim programlarında genç çiftçilere daha fazla yer verilmeli bu çiftçilerin eğitimi ile etkin ve başarılı işletmelerin artırılması sağlanmalıdır.

**KAYNAKLAR**

- Anonim, 2017. İğdir İli 2016 yılı Çevre Durum Raporu, İğdir Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, <https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/eduardosya/IGDIR%202016%20CEVRE%20DURUM%20RAPORU.pdf> (Erişim Tarihi:12.07.2019)
- Anonim, 2019a. Mısırın İklimi ile İlgili Genel Bilgiler. [https://tr.wikipedia.org/wiki/M%C4%B1s%C4%B1r\\_\(bitki\)](https://tr.wikipedia.org/wiki/M%C4%B1s%C4%B1r_(bitki)) (Erişim Tarihi: 20.04.2019).
- Anonim, 2019b. Mısır Yetiştiriciliği ile İlgili Genel Bilgiler, [https://adana.tarimorman.gov.tr/Belgeler/SUBELER/bitkisel\\_uretim\\_ve\\_bitki\\_sagligi\\_sube\\_mudurlugu/hububat\\_yetistiriciligi\\_ve\\_mucadelesi/M%C4%B1s%C4%B1r%20Yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi.pdf](https://adana.tarimorman.gov.tr/Belgeler/SUBELER/bitkisel_uretim_ve_bitki_sagligi_sube_mudurlugu/hububat_yetistiriciligi_ve_mucadelesi/M%C4%B1s%C4%B1r%20Yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi.pdf) (Erişim Tarihi: 11.07.2019).
- Anonim, 2019c. Ziraat Mühendisleri Odası 2018 Mısır Raporu, [http://www.zmo.org.tr/genel/bizden\\_detay.php?kod=30187&tipi=17&sube=0](http://www.zmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=30187&tipi=17&sube=0) (Erişim Tarihi: 12.03.2019).
- Anonim, 2019d. Word Maize Production Statistics, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (Date of access: 03 July 2019).
- Anonim, 2019e. Türkiye İstatistik Kurumu Mısır Üretimi İstatistikleri, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (Erişim Tarihi: 03.07.2019).
- Banker RD, Charnes A, Cooper WW, 1984. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. Management Science, 30, 1078-1090.
- Başaran C, Engindeniz S, 2015. Sivri Biber Üretiminde Girdi Kullanım Etkinliğinin Analizi: İzmir Örneği. Tarım Ekonomisi Dergisi, 21(1 ve 2), 77-84.
- Bayramoğlu Z, Ağızan S, 2018. Farklı Sulama Sistemlerinin Üretim Maliyetleri Üzerindeki etkileri, Uluslararası Su ve Çevre Kongresi SUÇEV (22-24 Mart 2018) Bursa.
- Behdioğlu S, Özcan AG, 2009. VZA ve Bankacılık Sektöründe Bir Uygulama. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 14(3), 301-326.
- Bozdemir M, 2017. Dane Mısır Üretiminde Kaynak Kullanım Etkinliğinin Belirlenmesi: Konya İli Örneği. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış).
- Charnes A, Cooper WW, Rhodes E, 1978. Measuring the Efficiency of Decision Making Units. European Journal of Operational Research, 2,429-444.
- Çelik A, 2019. Farklı Organik Gübre Kaynakları ve Bitki Ekstraktlarının Mısırdaki Sorun Olan Yabancı Otların Mücadelesinde Kullanım Olanakları. İğdir Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış).
- Çiçek A, Erkan O, 1996. Tarım Ekonomisinde Araştırma ve Örneklemeye Yöntemleri, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 12, Ders Notları Serisi No: 6, Tokat.
- Farrell MJ, 1957. The Measurement of Productivity and Efficiency, Journal of Royal Statistical Society. Series A(General), 120(3):253-290.
- Güneş T, Arıkan R, 1988. Tarım Ekonomisi İstatistiği, AÜZF Yayın No: 1049, Ders Kitabı: 305, Ankara.
- Hoff A, 2007. Second Stage DEA: Comparison of Approaches for Modelling the DEA Score. European Journal of Operational Research, 181(1):425-35.
- Karagölge C, 2013. Tarımsal İşletmecilik. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:827 s, Erzurum.
- Kızıloğlu R, Kızılaslan H, 2016. Tokat İli Merkez İlçede Silajlık Mısır Üreten İşletmelerin Destek Alımını Etkili Faktörlerin Belirlenmesi, XII. Tarım Ekonomisi Kongresi, 22-27 Mayıs 2016, Isparta.
- Küleççi M, Dönmez R, Güler M, 2016. Elazığ İli Kayısı Üretiminde Etkinliğin Belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 3: 130-136.
- McDonald J, 2009. Using Least Squares and Tobit in Second Stage DEA Efficiency Analyses. European Journal of Operational Research, 197(2):792-8.
- Özcan S, 2009. Modern Dünyanın Vazgeçilmez Bitkisi Mısır: Genetiği Değiştirilmiş (Transgenik) Mısırın Tarımsal Üretimine Katkısı. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 2(2), 01-34.

- Özden A, 2010. Günümüzde Etkinlik Kavramı ve Ölçüm Metotları. Türkiye IX. Tarım Ekonomisi Kongresi, 22-24.
- Papke LE, Wooldridge JM, 1996. Econometric Methods for Fractional Response Variables with an Application to 401 (k) Plan Participation Rates. *Journal of Applied Econometrics*, 11:619–32.
- Paksoy M, Ortasöz N, (2018). Kahramanmaraş İli Pazarcık İlçesinde Mısır Üretim Faaliyetinin Ekonomik Analizi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21 (3), 95-101 . Doi: 10.18016/Ksutarimdogu.Vi.472962
- Ramalho EA, Ramalho JJ, Henriques PD, 2010. Fractional Regression Models for Second Stage DEA Efficiency Analyses. *Journal of Productional Analyzing*, 34(3):239–55.
- Savaş Y, 2013. Asma Fidanı İşletmelerinin Ekonomik Analizi ve Etkinliklerinin Değerlendirilmesi: Manisa İli Örneği. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış).
- Tuvaç İ, 2009. Erzurum İli Pasinler İlçesinde Silajlık Mısır Üretim Maliyetinin Tespiti Üzerine Bir Araştırma. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış).

## İçme Suyu Olarak Belediye Şebeke Suyunun Tüketici Tercihlerindeki Yerinin Belirlenmesi: İğdır İli Örneği

Ahmet Semih UZUNDUMLU<sup>1</sup>, Emine AŞKAN<sup>2\*</sup>, Zeynep ÇELİK<sup>2</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada İğdır ilinde hanehalkının en uygun içme suyu tipini tespit etmek amaçlanmıştır. Bu amacı gerçekleştirmek için İğdır ili Merkez ilçede yaşayan 17-75 yaş aralığında 400 bireyle yüz-yüze görüşme yapılmıştır. Çalışmada tüketici ve ailesine yönelik sosyo- ekonomik ve demografik sorular ile içme ve kullanma suyu tüketimine yönelik sorular sorulmuştur. Anket sayısının belirlenmesinde ana kitle oranlarına dayalı basit tesadüfi örnekleme yöntemi ile en uygun içme suyu tipinin belirlenmesinde Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre içme suyu olarak hanelerin %38'i şişe suyunu, %35'i arıtma cihazlı şebeke suyunu, %13'ü mahalle çeşmesi veya kaynak suyunu, %13'ü arıtma cihazı olmadan belediye şebeke suyunu, %1'i de arıtma cihazlı kaynak suyunu kullandığı belirlenmiştir. Hanehalkı için aylık ortalama su faturası 40.14 TL ve şişe su harcaması 86.42 TL'dir. Günlük kişi başına içilen su miktarı 2.27 L olup 1.03 L'si şişe sudur. Hanehalkının %32.36'sı şişe suyu, %27.56'sı arıtılmış suyu, %21.27'si çeşme ve kuyu gibi kaynak sularını ve %18.80 ise belediye şebeke suyunu fiyat, hijyen, mineral, tat ve ulaşım kriterlerine göre tercih ettikleri tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarının İğdır iline içme ve kullanma suyu arz eden belediye yetkililerine ve içme suyu sağlayan arıtma cihazı ve şişe su pazarlayan firmalara yol göstereceği düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Arıtılmış su, AHS yöntemi, içme suyu, şebeke suyu, tüketici tercihi

### Determining the Place of Municipal Network Water as Drinking Water in Consumer Preferences: Case of İğdır Province

**ABSTRACT:** In this study, it was aimed to determine the most appropriate type of drinking water for households in İğdır province. In order to achieve this aim, 400 individuals between the ages of 17-75 living in the Central District of İğdır province were interviewed face-to-face. In the study, socio - economic and demographic questions were asked about consumers and their families and questions about drinking and drinking water consumption. The analytical hierarchy process (AHS) method was used to determine the most appropriate type of drinking water by using simple random sampling method based on Main mass ratios in determining the number of surveys. According to the results of the study, 38% of households used bottled water, 35% used mains water with purification device, 13% used fountain or Spring Water, 13% used municipal mains water without purification device and 1% used spring water with purification device as drinking water. The average monthly water bill for households is £ 40.14 and the spend on bottled water is £ 86.42. The amount of water drunk per person per day is 2.27 L and 1.03 L is bottled water. 32.36% of households preferred bottled water, 27.56% treated water, 21.27% preferred spring water such as fountains and Wells, and 18.80% preferred municipal mains water according to price, hygiene, mineral, taste and transportation criteria. It is thought that the results of this study will guide the municipal authorities that supply drinking and use water to İğdır province and the companies that market drinking water treatment equipment and bottled water.

**Keywords:** Purified water, AHS method, drinking water, network water, consumer preference

<sup>1</sup>Ahmet Semih UZUNDUMLU (Orcid ID: 0000-0001-9714-2053), Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Erzurum, Türkiye

<sup>2</sup> Emine AŞKAN (Orcid ID: 0000-0002-4052-6598), Zeynep ÇELİK (Orcid ID: 0000-0002-6123-0833) İğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, İğdır, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Emine AŞKAN, e-mail: emine.askan@igdir.edu.tr



## GİRİŞ

Su dünya üzerinde yaşayan tüm canlıların sağlıklı, temiz ve uzun ömürlü bir hayat sürdürebilmeleri için gerekli vazgeçilmez kıt kaynaklardan biridir. Su sadece yaşamın vazgeçilmez bir bileşeni olmakla kalmamakta aynı zamanda kaynakların en kıtı ve en fazla tüketilenidir. Bu ifadelerin genelinde su insanoğlunun yaşamını idame ettiren bir fizyolojik ihtiyaç olarak ortaya çıksa da yüzmeye, dalma, balık tutma ve piknik yapma ve birçok kültürel ihtiyaçlarının da karşılamasında en önemli kaynak vazifesini görmektedir (Uzundumlu ve ark., 2016). Dünya yüzeyinin yaklaşık %75'i suyla kaplı olmasına karşın, bu 2 ihtiyacın karşılanmasında insanların kullanımında olan tatlı ve tuzlu su miktarı yaklaşık 1.39 milyar km<sup>3</sup>'tür. Bu miktarın %97.39'u dünya okyanusları ve denizlerde depolanan tuzlu su, %2.61'i ise tatlı su olup, bu değerlerin %2.01'i kutuplarda buzul olarak, %0.58'i insanoğlunun erişebildiği yeraltı suyu ve nehir ile göllerden sağlanan tatlı su miktarı ise %0.02'lik kısmı oluşturmaktadır. Ayrıca buharlaşmadan gelen su ise milyonda bir etki sağlamaktadır (Ateş ve Bektaş, 2016). Dünyanın artan nüfusunu desteklemek için büyük miktarlarda donmuş veya tuzlu suya erişmek ve çıkarmak çok maliyetli olmaya devam etmektedir. Dünyadaki suyun sadece %0.007'sinin insanlar tarafından doğrudan erişilebilir olduğu tahmin edilmektedir (Peterson ve ark., 2016).

**Çizelge 1.** Kıtalara göre nüfus ve su kaynağı mevcudu (%)

Kıtalar	Tatlı Su Kaynağı	Nüfus	Tatlı Su Kaynağı /Nüfus
Avustralya ve Adalar	5	1	5.000
Güney Amerika	26	6	4.333
Kuzey Amerika	15	8	1.875
Afrika	11	13	0.846
Avrupa	8	13	0.615
Asya	36	60	0.600

**Kaynak:** UN, 2007.

Çizelge 1 incelendiğinde tatlı su varlığının %36'sı Asya, %26'sı Güney Amerika, %15'i Kuzey Amerika, %11'i Afrika, %8'i Avrupa ve %5'i Avustralya ve Adalara dağılmıştır. Bu dağılım incelendiğinde Asya kıtasının en şanslı ve Avustralya ve Adaların en şanssız olduğu düşünülse de dünya nüfusu dikkate alındığında en şanssız Asya ve en şanslı Avustralya ve Adalardır (UN, 2007). Dünya geneli için tatlı su kaynaklarının %67-70'i tarım sektöründe sulama amaçlı, %22-23'ü endüstriyel alanda üretime dönüştürme amaçlı ve %8-10'u ise insanların günlük hayatında içme, temizlik ve diğer birtakım amaçları için kullanılmaktadır. Gelişmiş ülkelerde tatlı suyun tarımda kullanım oranı %40'ın altında, gelişmekte olan ülkelerde %50 civarında az gelişmiş ülkelerde ise %80'lerin üzerinde değerler almaktadır. Türkiye içme ve kullanma suyu bakımından gelişmiş ülkelere yakın bir oranda (%15-16) tatlı su kullanımı varken, bu suyun sanayide kullanım oranında (%10-12) az gelişmiş ülkelerle paralellik göstermekte ve tarımda kullanım açısından ise dünya ortalamasına yakın bir orana (%72-75) sahip olmaktadır (Muslu, 2015).

**Çizelge 2.** Yıllar itibari ile dünyanın kişi başı kullanılabilir su potansiyeli

Yıllar	Kişi başına Yıllık Ortalama Kullanılabilir Su (m <sup>3</sup> )	Su Yeterliliği (%)	Su Yetersizliği (%)	Sürekli Su Kıtlığı (%)
1950	16000	97	3	0
1995	7000	92	5	3
2025	5000	64	26	10
2050	4000	58	24	18

**Kaynak:** Çiçek ve Atol, 2009.

Çizelge 2’de görüldüğü üzere kişi başına yıllık ortalama kullanılabilir su 1950’li yıllarda 16000 metreküpten hızlı artan nüfus ve iklim değişikliği nedeniyle 2050 yılında 4000 metreküpe düşeceği tahmin edilmektedir. Aynı dönem içerisinde su yeterliliği %97’den %58’e düşerken, su yetersizliği %3’ten %24’e ve su kıtlığı %0’dan %18’e yükseleceği düşünülmektedir (Çiçek ve Atol, 2009). Hızlı nüfus artışı ve bunun paralelinde gelişen sanayileşme ve kentleşme ile birlikte insanların yaşam standartlarının yükselmesi ve sosyal ve ekonomik gelişimin bir sonucu olarak kişi başına evlerde kullanılan temiz su ihtiyacı artış göstermektedir (Muluk, ve ark., 2013). ABD’de ve Kanada gibi gelişmiş ülkelerde yıllık 1.300-1.600 m<sup>3</sup> kişi başı yıllık tatlı su çekimi mevcut olup gelişmekte olan ülkelerdeki su tüketiminin yaklaşık on katıdır. Su kıtlığı çekilen bölgelerde bu oran kişi başı yıllık 18-20 m<sup>3</sup>’e kadar gerilemektedir (Gleick ve ark., 2011). TÜİK (2020)’nin belediyelerin verilerini dikkate aldığı bilgilerde, Türkiye’de 2018 yılında kişi başı düşen günlük su miktarı 224 litre olarak belirleyerek en az tüketimin yapıldığı iller 117 litre ile Hakkâri, 130 litre ile Iğdır ve 147 litre ile Diyarbakır illeri olmuştur. Su tüketiminin bu kadar düşük düzeyde olması belediye hizmetlerinin yetersiz veya toplumun belediye suyuna daha az güvendiği sonucunu ortaya çıkarmaktadır.

Günümüzde, temiz suya erişim oldukça pahalı ve aynı zamanda sermaye gerektirmektedir (Green, 2003). İçme suyunun kalitesi özellikle gelişmekte olan ülkelerde büyük sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Her yıl dünya çapında 10-20 milyon ölümlerle sonuçlanan yaklaşık 250 milyon enfeksiyon, su kaynaklı hastalıklar nedeniyle ortaya çıkmaktadır (Zamxaka, 2004). Toplumun su ihtiyacını karşılayan belediyeler yapmış oldukları yatırımlar ile fertlerin daha hijyenik ve daha güvenilir içme sularına ulaşmalarına imkan tanımaktadır. Bu nedenle belediyelerin toplumun ihtiyaçlarını dikkate alacak bazı iyileştirmeleri yaparken bireylerin de desteğini alması gerekmektedir (Uzundumlu ve ark., 2019a).

Belediye tarafından sağlanan sunun hijyen ve kalitesini yeterli görmeyen bireyler genelde bu sorunu 3 alternatif metotla gidermektedirler. Bu alternatifler şişe su satın alma, mahalle çeşmeleri veya ünlü çeşmelerden içme suyu ihtiyacını karşılama ve belediyeden sağlanan suya arıtma cihazı bağlamadır. Her bir alternatifi tercih etmede fiyat, tat, hijyen, mineral içeriği ve ulaşım kolaylığı gibi etkenlere göre o bölge halkı için en uygun içme suyu alternatifi belirlenmektedir (Uzundumlu ve ark., 2016). Bu çalışmadaki temel amaç belediye şebeke suyu kullanımı bakımından Türkiye’de en son sıralarda yer alan Iğdır ilinde ikamet eden hanehalkı için yukarıda belirtilen 5 faktör (fiyat, tat, hijyen, mineral içeriği ve ulaşım kolaylığı) dikkate alınarak tüketicilerin tercihinin sunulduğu en uygun içme suyu alternatifini belirlemektir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Materyal

Çalışmanın birincil verileri 2019 yılına ait olup, Iğdır ili merkezinde yaşayan hanehalkıyla yapılan yüz-yüze anketlerden sağlanmıştır. Çalışmada birincil verilerin yanı sıra özellikle belediyelerin hizmet sağladığı şebeke suyunun yanı sıra tüketicilerin talep oluşturduğu şişe su, çeşme suyu ve arıtılmış içme suyu ile ilgili yerli ve yabancı çalışmalardan yararlanıldığı gibi TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) ve çalışmada istatistiki bilgilerden yararlanılan internet adresleri de ikincil veri olarak çalışmada kullanılmıştır.

### Yöntem

#### Örnek büyüklüğünün hesaplanması

2018 yılı Iğdır ili merkez nüfusu 137 613 kişi (TÜİK, 2019) olarak tespit edildikten sonra, Ana Kitle Oranlarını Dayalı Basit Tesadüfi Örnekleme yöntemine göre %95 güven aralığı ve %5 hata payı ile aşağıdaki formül yardımı ile hesaplamalar yapılmıştır (Uzundumlu ve ark., 2016).

$$n = \frac{N * p * (1 - p)}{(N - 1) * \sigma_p^2 + p * (1 - p)} \quad (1)$$

n : Örnek büyüklüğünü,

N : Iğdır ili merkez nüfusunu (kişi),

r : Ortalamadan ne kadar sapma gösterebileceğini (%5),

$Z_{\alpha/2}$ : Z tablo değerini (1.96),

$\sigma_p^2$  : Ana kitle varyansını  $\sigma_p^2 = \left(\frac{r}{Z_{\alpha/2}}\right)^2 = (0.0255)^2$  ve

p : İçme suyu olarak belediye şebeke suyunu tercih edenlerin yüzdesini ifade etmektedir (%50).

$$n = \frac{137\ 613 * 0.5 * 0.5}{137\ 612 * (0.0255)^2 + 0.5 * 0.5} = 384$$

Araştırmada verilerin yeterli ölçüde olabilmesini sağlamak için maksimum örnek büyüklüğünü belirleyen p: 0.50 ve q: 0.50 alınmış ve veriler elde edilirken karşılaşılabilecek eksik ve hatalı anketler olabileceği düşünülerek örneklem sayısı %5 artırılarak 400 bireyle birebir görüşmeler yapılmıştır.

#### **Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS)**

Birçok konuda olduğu gibi yiyecek ve içecekleri satın almada da tüketiciler ekonomik, sosyal, çevresel faktörleri dikkate almakta buna ilaveten insan tüketiminde etkili sağlık ve diğer faktörleri de göz önünde tutarak kendisine sunulan alternatifler içerisinde en iyisini sağlayıp tüketmeyi amaçlamaktadır. Birçok tüketici daha önceki tecrübe deneyimlerinden dolayı alternatifler içerisinde seçim yaparken en iyiyi seçmesi mümkün olabilmekte yani ekonomik anlamda fırsat maliyetini düşürmektedir. Ancak tüketicinin fırsat maliyetini düşürmesi ve en iyi kararı vermesinde AHS gibi bilimsel metotlardan yararlanması gerekmektedir (Uzundumlu ve ark., 2016; Uzundumlu ve ark., 2019b). Belediye su hizmetleri son derece karmaşık olan işlemleri gerektirmekte olup su tahsisini bilgi, tecrübe ve yerel politikalar gibi birçok faktör etkilemesine rağmen bunlar modellerde ihmal edilmektedir. Saaty (1980) tarafından sunulan AHS yöntemi su yönetim problemlerini hiyerarşiye ayırarak bu sorunu çözmeye kullanılabilmektedir (Zhang ve ark., 2018). Bu yöntem tüketicinin bir ürünü tercih ederken alternatifler içerisinde en iyisini seçebilmesi için kullanılmaktadır. Yöntemde her bir seçenek için ortak belirli kriterler belirlenerek her bir kriter ve seçenek hiyerarşik bir puanlama ile ikili karşılaştırılmaktadır (Uzundumlu ve ark., 2019b). AHS'de kriter ve seçenekler karşılaştırıldığında 1, 3, 5, 7, 9 gibi tek sayılardan oluşan rakamlar kullanılmakta (Kwong ve Bai, 2002) ve her bir seçenek ve kriter için bu puanlamalar dikkate alınarak matrisler oluşturulmaktadır. Bu matriste her bir seçenek veya kritere verilen eşit tercihte durumunu gösteren matris değeri 1 iken, diğer durumlarda verilen 3,5,7,9 gibi rakamların karşı hücrelerine verilen değer tersi (1/verilen değer) yazılmaktadır (Yaralıoğlu, 2001). Hiyerarşik düzeni kolaylaştırma adına bu puanlamada verilen rakam 1 ise iki seçenekte %50-%50 tercih edilmekte, verilen rakam 3 ise tercih durumu %51-60'a, 5 olduğunda %61-70'e, 7 olduğunda %80-99'a ve 9 olduğunda ise %100'e yükselmektedir (Uzundumlu ve ark., 2019b). AHS'de yürütülen işlemler temelde 5 adımda ele alınmaktadır (Uzundumlu, 2011; Yılmaz ve ark., 2017).

- 1-Seçenek ve kriterlerin hazırlanması,
- 2-İkili karşılaştırma puanlarının tespit edilmesi,
- 3-İkili karşılaştırma matrisinin oluşturulması,
- 4-Ağırlık puanlarının hesaplanması ve
- 5-Verilen puanların tutarlılık oranının belirlenmesidir.

**BULGULAR VE TARTIŞMA****Tüketicilerin demografik, sosyoekonomik profilleri****Hane ve Bireye Ait Özellikler**

Çizelge 3'te ankete katılan bireylerin fiziksel, demografik, sosyal ve ekonomik bazı özellikleri verilmiştir.

**Çizelge 3.** Ankete katılan bireylere, ailesine veya hanesine ait bazı özellikler

<b>Değişkenler ve Tanımlaması</b>	<b><math>\bar{X}</math></b>	<b>Sd</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
Yaş: Anket yapılan bireyin yaşı (yıl)	37.31	13.49	17.00	75.00
Cinsiyet: erkek: 1, kadın: 0	0.49	0.50	0.00	1.00
Eğitim: Anket yapılan bireyin eğitimi (yıl)	10.97	4.31	0.00	22.00
Meslek, memur: 1, diğerleri: 0	0.30	0.46	0.00	1.00
Meslek, ev hanımı: 1, diğerleri: 0	0.22	0.42	0.00	1.00
Meslek, işçi: 1, diğerleri: 0	0.17	0.37	0.00	1.00
Meslek, öğrenci: 1, diğerleri: 0	0.11	0.31	0.00	1.00
Meslek, serbest: 1, diğerleri: 0	0.08	0.27	0.00	1.00
Meslek, emekli: 1, diğerleri: 0	0.05	0.22	0.00	1.00
Meslek, esnaf: 1, diğerleri: 0	0.04	0.18	0.00	1.00
Meslek, çiftçi, işsiz ve yönetici: 1, diğerleri: 0	0.03	0.16	0.00	1.00
Birey: Hanedeki birey sayısı (kişi)	3.96	1.51	1.00	10.00
Gelir: Hanehalkı geliri (1.000 TL ay <sup>-1</sup> )	4.42	2.26	1.00	15.00
İçme suyu: Damacana: 1, diğerleri: 0	0.38	0.49	0.00	1.00
İçme suyu: Arıtma cihazlı Belediye şebeke suyu: 1, diğerleri: 0	0.35	0.48	0.00	1.00
İçme suyu: Kuyu (kaynak) suyu: 1, diğerleri: 0	0.13	0.34	0.00	1.00
İçme suyu: Belediye şebeke suyu: 1, diğerleri: 0	0.13	0.34	0.00	1.00
İçme suyu: Arıtma cihazlı kuyu suyu: 1, diğerleri: 0	0.01	0.11	0.00	1.00
Aylık su faturası (TL ay <sup>-1</sup> )	40.14	15.08	0.00	65.00
Aylık hanehalkı için şişe su harcaması (TL ay <sup>-1</sup> )	86.42	69.42	0.00	250.00
Günlük kişi başına içilen su: Musluk suyu (L gün <sup>-1</sup> )	1.24	0.84	0.00	3.00
Günlük kişi başına içilen su: Şişe su (L gün <sup>-1</sup> )	1.03	0.94	0.00	4.00

$\bar{X}$ : Ortalama, **Sd**: Standart sapma, **Min**: Minimum, **Max**: Maksimum

Çalışma anketleri 17-75 yaş aralığında olan 400 bireyle yüz-yüze yapılmış olup, ortalama yaş 37.31 olarak belirlenmiştir. TÜİK (2019)'da 2018 yılında Iğdır ili merkez ilçede 15-74 yaş bireyler için 5'er yaşlık aralıklar ortalaması dikkate alınınca anket yapılması gereken yaş aralığı ağırlıklı ortalamaya göre 36.34 olarak hesaplanmıştır. Iğdır ilinde Ertürk ve ark. (2014), 2013 yılında yaptıkları tüketim çalışmasında görüştüğü 400 bireyin yaş ortalamasını 35.40 yıl ve 2018 yılında ise Gürsoy ve Karlı (2018), 17-80 yaş aralığında 34.61 yıl olarak tespit etmişlerdir.

Yapılan bu çalışmada örnekleme dâhil edilen deneklerin %51'i kadın ve %49'u erkektir. TÜİK (2019)'da Iğdır ili merkez ilçede 15-74 yaş aralığındaki bireylerin %47.62'si kadın ve %52.38'i erkektir. Ertürk ve ark, (2014), çalışmalarında anket yaptıkları bireylerin %66.50'sinin ve Gürsoy ve Karlı (2018) ise %74.75'inin erkeklerden oluştuğunu belirlemişlerdir.

Anket yapılan bireyin eğitimi 0-22 yıl arasında olduğu ve ortalama eğitim yılının 12.3 olduğu tespit edilmiştir. Gürsoy ve Karlı (2018), eğitim üç gruba ayrıldığında 8 yıl ve altında eğitim alanların oranını %28.80, 9-14 yıl eğitim alanların oranını %39.90 ve 15 yıl ve üzerinde eğitim alanların oranını %31.30 olarak tespit etmişlerdir.

Anket yapılan bireylerin %30'u memur, %22'si ev hanımı, %17'si işçi, %11'i öğrenci, %8'i serbest meslek sahibi, %5'i emekli, %4'ü esnaf ve %3'ü de çiftçi, işsiz ve yöneticidir. Gürsoy ve Karlı (2018), anket yapılan bireylerin %31.31'inin özel sektörde çalışan personel olduğunu bunu, %19.19'la uzmanlık gerektiren meslekler grubunda olduğunu, %15.15'inin küçük orta ölçekli ticaretle uğraştığı, %10.10'unun öğrenci, %9.60'ının memur, %5.05'inin emekli, %4.55'inin ev hanımı, %3.54'ünün işsiz olduğu ve %1.52'sinin kamu sektöründe çalışan işçi olduğunu belirlemişlerdir.

Çalışmamızda anket yaptığımız hanelerde yaşayan hanehalkı 1 ile 10 bireyden oluşmakta olup, hanelerdeki ortalama birey sayısı 3.96'dır. Gürsoy ve Karlı (2018), hanedeki birey sayısını 1-20 kişi olarak belirleyerek 4 kişi ve altında bireye sahip olan hanelerin oranını %44.95 olarak tespit etmişlerdir.

Çalışmamız sonuçlarından ailelerin aylık geliri ise 1 000 ile 15 000 TL arasında değişmekte olup ortalama 4 420 TL'dir. Bu çalışmadan 6 yıl önce yapılmış olan araştırmada Ertürk ve ark. (2014), aylık aile gelirini 2014 yılı fiyatları ile 1 768 TL ve bu 6 yılda TÜFE 2.95 katı olunca 5 216 TL olarak hesaplanabilir.

Yapılan bu çalışmada hane halkı %38 ile şişe su, %35 ile arıtma cihazlı belediye şebeke suyunu %13'ü kaynak suyunu %13 belediye şebeke suyunu ve %1'i de arıtma cihazlı kuyu suyunu kullanmaktadır. Uzundumlu ve ark. (2016), Erzurum ilinde tüketicilerin %44.92'si arıtma cihazı olmadan şebeke suyunu kullanmakta olup, bu değeri %27.18 ile mahalle ve meşhur çeşmeler ile kuyu suyu kullananlar oluşturmakta, hanelerin %21.52'si şişe suyu ve %6.38'i ise şebeke ve kuyu suyunda arıtma cihazını kullanmaktadır.

Haneler de aylık 40.14 TL şebeke su faturası ile 86.42 TL şişe su ödemesi yapılarak aylık hane başına içme ve kullanılan su bedeli 126.56 TL'dir. Eğer arıtma cihazı ve ekipmanları için yapılan masraflarda dikkate alınınca aylık hane başına ödenen su bedeli 150 TL'ye ulaşmaktadır. TÜİK (2020), 2018 yılı Türkiye ortalamasında olduğu gibi Iğdır ilinde de aylık Belediye şebeke suyu toplam hanehalkı kullanımını 11 tondur. Anonim (2020), Diyarbakır ili ile Iğdır ili şebeke su fiyatları neredeyse aynı olduğu için ortalama su faturası 11 ton için 38 TL civarındadır.

Kişi başına içme suyu tüketimi 2.27 L olup, bu değer 1.24 L'si şebeke ve kuyu suyu ve 1.03 L'si ise şişe su olarak tespit edilmiştir. SUDER (2020), Türkiye'de kişi başına yıllık şişe su tüketimi 2019 yılı itibari ile 152 L olup günlük kişi başına tüketim 0.42 L'dir.

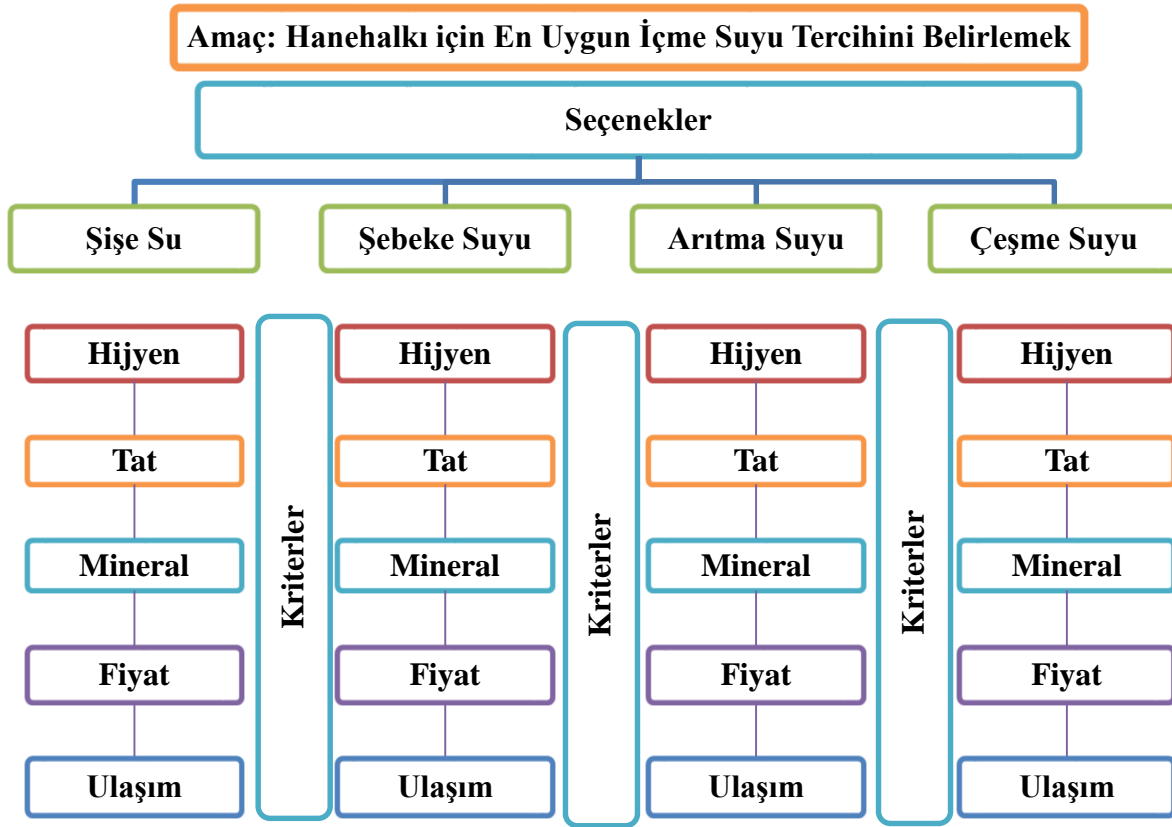
### **AHS Yöntemi ile Tüketiciler için En Uygun İçme Suyu Çeşidini Belirleme**

Şekil 1'de Iğdır ili için en uygun içme suyu tipinin belirlenmesinde kullanılan karar ağacı verilmiştir. Şekil 1'de görüldüğü gibi çalışmanın amacı belirlendikten sonra tüketicilerin içme suyu tüketiminde belediye şebeke suyu, şişe su, arıtma cihazı suyu ve çeşme suyu olmak üzere 4 alternatifi vardır. Her bir alternatifin ortak alt kriterleri tat, mineral içeriği, hijyen, fiyat ve ulaşım kolaylığıdır.

### **Seçeneklerin öncelikleri**

Çizelge 4'te AHS yöntemi ile hanede yaşayan bireylerin içme suyu tercih durumlarının açıklayıcı istatistikleri verilmiştir.





Şekil 1. En uygun içme suyu tercihindeki karar ağacı

Çizelge 4. AHS yönteminde içme suyu seçeneklerinin açıklayıcı istatistikleri

Seçenekler	$\bar{X}$	Se	Min	Max	$X_{ort}$
Şişe Su	0.3388	0.2022	0.0430	0.6016	0.3719
Artılmış Su	0.2742	0.1938	0.0412	0.6348	0.2500
Çeşme Suyu	0.2122	0.1293	0.0465	0.5870	0.1831
Şebeke Suyu	0.1748	0.1158	0.0418	0.6215	0.1424

$\bar{X}$ : Ortalama, **Se**: Standart hata, **Min**: Minimum, **Max**: Maksimum,  $X_{ort}$ : Medyan

Kruskal-Wallis testinin **Chi karesi (0.05,3)**: 7.82

**H**: 125.31 (\*\*\*)  $p < 0.01$

Hanehalkının %33.33'i için Şişe su, %27.42'si için Arıtılmış su, %21.22'si için Çeşme suyu ve %17.48'i için ise Şebeke suyu içme suyu için tercih edilmekte olup istatistiki açıdan bu durum %1'de anlamlıdır. Bu çalışma ile Erzurum ilinde Uzundumlu ve ark., (2016), tarafından yapılan çalışmada hanehalkının %33.76'sı için şişe su, %28.81'i için çeşme suyu, %19.37'si için şebeke suyu ve %18.06'sı için arıtılmış şebeke suyu tüketiciler için daha uygun olduğu dile getirilmiştir. İki çalışma arasında fark dikkate alınca Erzurum ilinde şişe ve mahalle çeşmelerine güven daha fazla iken bu çalışmada ki hanehalkı şişe su ve arıtılmış suya daha fazla güvenmektedir. Çalışmalar göstermiştir ki Iğdır ilinde hanehalkı belediyenin sağladığı suya içme açısından güveni az olduğu için arıtma cihazı kullanan işletme sayısı Erzurum iline göre daha fazladır. Erzurum ilinde arıtma cihazı kullanan ailelerin oranı %6.32 iken Iğdır ilinde bu oran %35'tir. Ayrıca Erzurum ilinde şişe su kullanımı %21.52 iken Iğdır ilinde bu oran

%37.3'tür. Bu nedenle 2018 yılında TÜİK'in yapmış olduğu çalışmaya göre de belediye şebeke suyu kullanımını Iğdır ilinde diğer illere oranla çok daha düşüktür.

### Kriterlerin öncelikleri

Çizelge 5'te AHS yöntemine göre içme suyu tüketiminde ele alınan kriterlerin açıklayıcı istatistikleri verilmiştir.

**Çizelge 5**, AHS kriterlerinin açıklayıcı istatistikleri

Kriterler	$\bar{X}$	Se	Min	Max	$X_{ort}$
Hijyen	0.2889	0.1414	0.0379	0.5416	0.2461
Fiyat	0.2784	0.1823	0.0309	0.5126	0.2686
Mineral	0.1641	0.1371	0.0297	0.5001	0.1390
Tat	0.1356	0.1203	0.0312	0.5131	0.0716
Ulaşım	0.1330	0.1198	0.0306	0.5610	0.0750

$\bar{X}$ : Ortalama, **Se**: Standart hata, **Min**: Minimum, **Max**: Maksimum,  $X_{ort}$ : Medyan

**H**: 376.57 (\*\*\*) p<0.01)

Tüketiciler içme suyu için dikkate aldığı kriterlerin öncelikle dikkate alındığında, en önemli kriter %28.89 ile hijyendir. Bu kriteri %27.84 ile fiyat, %16.41 ile mineral içeriği, %13.56 ile tat ve %13.30 ile ulaşım kolaylığı takip etmektedir.

### Kriter ve seçenekler matrisi

Çizelge 6'da içme suyu tüketiminde bulunan 17-75 yaş arasındaki tüm tüketicilerin AHS kriter ve seçeneklerine göre içme suyu tiplerini tercih etme oranları verilmiştir.

**Çizelge 6**. AHP kriter ve seçeneklerinin karşılaştırmalı ortalamaları

Faktörler	Şişe	Şebeke	Aritma	Çeşme	Toplam
Fiyat	0.27379	0.21516	0.26333	0.24772	1
Hijyen	0.36184	0.14360	0.28808	0.20648	1
Mineral	0.35535	0.16268	0.27000	0.21197	1
Tat	0.34843	0.16285	0.27389	0.21483	1
Ulaşım	0.27865	0.25590	0.28283	0.18262	1
<b>Toplam</b>	1.61806	0.94019	1.37813	1.06362	5
<b>Oran</b>	32.3612	18.8038	27.5626	21.2724	100

**Ortalama tutarlılık oranı**: 0.12379445

**Toplam gözlem sayısı**: 400

**Tutarlı gözlem sayısı**: 228 (%57)

Bu çalışmada tutarlılık oranı %12.3 ve tutarlı gözlem sayısı %57 olup, bireylere sunulan fiyat, hijyen, mineral, tat ve ulaşım kriterlerine göre onların hangi su tipini tercih ettikleri araştırılmıştır. Bu kriterler dikkate alındığında ankete katılan bireylerin %32.36'sı şişe suyu, %27.56'sı arıtılmış suyu, %21.27'si çeşme ve kuyu gibi kaynak sularını ve %18.80 ise belediye şebeke suyunu tercih ettiğini belirtmiştir. Şişe suyu tercih edenler için en önemli kriterler hijyen, mineral içeriği ve tat kriterleri iken, arıtılmış su tercihi bulunan bireyler için ise hijyen, ulaşım kolaylığı ve tat kriterleridir. Bu iki tip su

için tüketicilerin gördüğü en önemli farklılık şişe sunun besin içeriğinin artırılmış suya göre daha iyi olduğu, artırılmış suyun ise şişe su ya oranla daha az maliyetli olmasıdır. Hawkins ve ark. (2015), şişe su talebinin giderek artmasındaki en önemli 3 nedeni pet şişesi üreten teknolojik yenilikler, yeni biyopolitik sağlık söylemlerinin yükselişi ve bilinen bazı markaların şişe su pazarına girmesi olarak sıralamıştır. Bu çalışmada çeşme suyu tercihinde ise en önemli kriterler fiyat, tat ve mineral içeriği ve şebeke suyu tercihinde en önemli kriterler ulaşım kolaylığı ve bunu takip eden fiyat değişkeni olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda tüketiciler şebeke suyuna oranla kaynak sularını daha iyi tat ve mineral içerdiğini düşünmektedir. Parag ve Roberts (2009), suyu taşıma materyali olarak kullanan pet şişelerin kimyasallardan oluşması ve çevreye olan olumsuz etkilerine rağmen atık pet şişelerin plastik konteynırlarda toplanmasıyla bu sorunun giderildiği ve şişe su pazarlamasında doğal kaynak suyu tabirinin sıklıkla kullanılmasının tüketiciyi oldukça etkilediğini belirlemişlerdir. Ayrıca Biro (2019), İçme suyu açısından belediye şebeke sularının coğrafi konuma bağlı olarak tüketiciye tat, hijyen, mineral içeriği gibi özellikler dikkate alındığında tek bir seçenek sunduğunu en önemli avantajın ulaşım kolaylığı olduğunu şişe su pazarında ise niş pazarlamanın hakim olduğu birçok markanın büfe, bakkal, market ve süpermarket gibi yerlerde tüketiciye birçok alternatif sunduğunu belirtmiştir.

## SONUÇ

Iğdır ilinde içme suyu tercihlerini belirlemek için yapılan bu çalışmada 17-75 yaş aralığında 194 erkek ve 206 kadın ile yüz-yüze görüşülmüştür. Görüşme yapılan bireylerin ortalama yaşı 37.31 ve ortalama eğitimi 10.9 yıl olup, %30'u memur, %22'si ev hanımı, %17'si işçi, %11'i öğrenci, %8'i serbest meslek sahibi, %5'i emekli, %4'ü esnaf ve %3'ü çiftçi, işsiz ve özel sektörde yönetici konumunda bulunmaktadır. Yapılan bu çalışma sonucunda hanelerin ortalama 4 bireyden oluştuğu ve aylık hanehalkı gelirinin 4 420 TL olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca hanelerde içme suyu %38 ile damacanalardan, %36 oranıyla arıtma cihazı kullanarak elde edilen artırılmış sudan sağlanmaktadır. Ayrıca hanehalkının %13'ü içme suyunu direkt belediye şebeke suyundan ve %13'ü de kuyu, çeşme gibi kaynak sularından karşılamaktadır. Hanehalkının hanelerde kullandığı sunun bedeli olarak belediyeye ödediği aylık su faturası ortalama 40.14 TL ve satın alınan şişe su değeri 86.42 TL'dir. Bu bedele ek olarak hanelerin %36'sının arıtma cihazı kullanıldığı düşünüldüğünde içme ve kullanma suyu için hanelerde yapılan aylık harcama 150 TL civarında olmaktadır.

Kişi başına su tüketimi dikkate alındığında ise günlük 2.27 litre su tüketiminin neredeyse yarısını (%45.3) şişe su tüketimi oluşturmaktadır. Iğdır ilinde içme suyu için tüketicilerin önünde 4 alternatifleri vardır. Bu 4 alternatif belediye şebeke suyu, kaynak suyu, şişe su ve arıtma cihazı kullanarak elde edilen ya kaynak ya da şebeke suyudur. Bu durumda hanehalkının %32.36'sı şişe suyu, %27.56'sı artırılmış suyu, %21.27'si çeşme ve kuyu gibi kaynak sularını ve %18.80 ise belediye şebeke suyunu fiyat, hijyen, mineral, tat ve ulaşım kriterlerine göre yeterli görmektedir. Şişe suyu tercih edenler daha çok hijyen, mineral içeriği ve tat kriterlerine daha fazla önem vermekte ve artırılmış su tercihinde bulunan bireyler ise hijyen, ulaşım kolaylığı ve tat kriterleri nedeniyle bu su tipini tercih ettikleri belirlenmiştir. Çeşme suyu tercihinde ise en önemli kriterler fiyat, tat ve mineral içeriğidir. Son olarak şebeke suyu tercihinde en önemli etken ulaşım kolaylığı ve bunu takip eden fiyat değişkenidir. Elde edilen sonuçlara göre şişe su pazarlayan firmaların daha ekonomik şartlarda tüketicilere ürünlerini onların ulaşabileceği noktalarda pazarlaması gerekmektedir. Arıtma cihazı satan firmaların arıtma cihazı aparatları için maliyetlerini düşürerek tüketicilere ulaştırması onların ürünlerine olan talebi artıracaktır. Çeşme sularının en büyük avantajı maliyet avantajları tadı olması nedeniyle ulaşım zorluklarının giderilmesi amacıyla belirli bölgelerde mahalle çeşmelerinin artırılması gerekmektedir. Son ve en önemli seçenek olan belediye

şebeke suyu ile ilgili tat ve hijyenle ilgili sıkıntılar tüketici gözünde devam etmektedir. Belediyenin tat ve hijyeni iyileştirmeye yönelik çalışmalar yapması gerekmektedir.

Bu çalışma sonuçlarının başta Iğdır ilinde şişe su ve arıtma cihazı pazarlayan firmalara yol göstereceği düşünülmektedir. Ayrıca belediyelerin hanehalkına sunduğu içme ve kullanma suyu için evlerdeki şebeke ve mahallelerdeki çeşme sularına yönelik nasıl bir uygulama yapmanın tüketici faydasını artıracakını belirlemede onlara önemli bilgiler vereceği düşünülmektedir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçların başta yerel yöneticiler olmak üzere, politika yapıcılarına, belediyelere ve bu alanda faaliyet gösteren özel şirketlere önemli bilgiler vereceği tahmin edilmektedir. Sonuç olarak insan varlığının devamında son derece önemli olan suyun daha kaliteli daha hijyenik daha ekonomik şartlarda ulaştırılması ile tüketici memnuniyeti artırılabacaktır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Iğdır Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından “2019-FBE-A01” kodlu proje ile desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Anonim, 2020. İllerin Belediye Şebeke Su Faturası Hesaplama Aracı. <https://hesapliyor.com/su-faturasi-hesaplama>. Erişim Tarihi: 17.01.2020.
- Ateş H, Bektaş M, 2016. Ortadoğu’da Su Savaşı İhtimali. Yeni Türkiye Dergisi, 8: 392-403.
- Biro A, 2019. Reading a water menu: Bottled water and the cultivation of taste. Journal of Consumer Culture, 19(2): 231-251.
- Çiçek İ, Atol M, 2009. Türkiye’nin Su Potansiyelinin Belirlenmesinde Yeni Bir Yaklaşım. Coğrafi Bilimler Dergisi, 7(1): 51-64.
- Ertürk YE, Karadaş K, Şahin K, 2014. Iğdır İlinde Tüketicilerin Tavuk Eti ve Balık Tercihlerini Belirleyen Faktörler. Tarım Ekonomisi Kongresi, 3-5.
- Gleick P, Cooley H, Cohen, MJ, Morikawa M, Morrison J, Palaniappan M, 2011. The World's Water Vol.7: The Biennial Report on Freshwater Resources, Pacific Institute Washington DC, ABD: Island Press.
- Green C, 2003. Handbook of Water Economics: Principles & Practice, John Wiley & Sons Ltd., Chichester.
- Gürsoy AK, Karlı B, 2018. Iğdır İlinde Tüketicilerin Komşu Ülkelerden Gelen Gıda Ürünlerini Ayırt Edip Edememe Durumunun Satın Alma Kararlarına ve Satın Alma Davranışlarına Etkisi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8(2): 267-274.
- Hawkins G, Potter E and Race K, 2015. Plastic Water: The Social and Material Life of Bottled Water. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Kwong CK, Bai H. 2002. A Fuzzy AHP Approach to the Determination of Importance Weights of Customer Requirements in Quality Function Deployment. Journal of Intelligent Manufacturing, 13(5): 367-377.
- Muluk, ÇB, Kurt B, Turak A, Türker A, Çalışkan MA, Balkız Ö, Gümrükçü S, Sarıgül G, Zeydanlı U, 2013. Türkiye’de Suyun Durumu ve Su Yönetiminde Yeni Yaklaşımlar: Çevresel Perspektif. İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği - Doğa Koruma Merkezi.
- Muslu AV, 2015. Dünyada ve Türkiye’de Suyun Fiyatlandırılması. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Uzmanlık Tezi (Basılmış).
- Parag Y, Roberts JT, 2009. A Battle against the Bottles: Building, Claiming, and Regaining Tap-Water Trustworthiness. Society and Natural Resources, 22(7): 625-636.

- Peterson JL, Redmon, LA, McFarland ML, 2016. Outreach Programs for Awareness of Water Resources Sustainability and Adoption of Best Management Practices. Sustainable Water Management and Technologies. Ed. Chen, D.H., Volume 1, Section 8, pp. 195-224. CRC Press, USA.
- Saaty TL, 1980. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation, McGraw-Hill, New York.
- SUDER, 2020. Şişe Su Pazarının Genel Yapısı ve 2015-2019 Rakamsal Göstergeleri. <http://suder.org.tr/sector-hakkinda/genel-yapi-ve-rakamsal-buyukluk>. Erişim Tarihi: 16.01.2020.
- TÜİK, 2019. Yaşlara ve Cinsiyete Göre İllerin Nüfus Bilgileri. Türkiye İstatistik Kurumu Web Sayfası. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr>. Erişim Tarihi: 02.01.2019.
- TÜİK, 2020. Belediye Su İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu Web Sayfası. <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=30668>. Erişim Tarihi: 16.01.2020.
- UN, 2007. Coping with Water Scarcity - Challenge of the Twenty Century World Water Day 22 March 2007. United Nations, Food and Agricultural Organization.
- Uzundumlu AS, 2011. Erzurum İlinde İşlenmiş ve İşlenmemiş İçme Sütü Tüketim Davranışlarının İncelenmesi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi ABD, Doktora Tezi, Erzurum (Basılmış).
- Uzundumlu AS, Ertek N, Kurtoğlu S, 2019b. Erzurum İlinde Tüketilen En Uygun Elma Çeşidinin Belirlenmesi. Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 5(2): 245-264.
- Uzundumlu AS, Fakioglu Ö, Köktürk M, 2019a. Erzurum İlinde İçme Suyu İçin Ödeme İstekliliği Üzerine Etkili Olan Faktörlerin Belirlenmesi IBAD Sosyal Bilimler Dergisi, 2019(5): 153-163.
- Uzundumlu AS, Fakioglu Ö, Köktürk M, Temel T, 2016. Erzurum İlinde En Uygun İçme Suyu Tercihinin Belirlenmesi. Alınteri Ziraai Bilimler Dergisi, 30(1): 1-7.
- Yaralıoğlu K, 2001. Performans Değerlendirmede Analitik Hiyerarşi Proses, Dokuz Eylül İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 16(1): 129-142.
- Yılmaz S, Özdemir Ö, Orhan C, Fırat M, 2017. AHP Yöntemi ile Konut Sayaçlarında Hataya Sebep Olan Faktörlerin Önem Sıralarının Belirlenmesi. Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 4(7): 99-100.
- Zamxaka M, Pironchev AG, Muyima NYO, 2004. Microbiological and Physico-Chemical Assessment of the Quality of Domestic Water Sources in Selected Rural Communities of the Eastern Cape Province, South Africa. WaterSA, 30: 33-340.
- Zhang F, Guo S, Ren C, Guo P, 2018. Integrated IMO-TSP and AHP Method for Regional Water Allocation under Uncertainty. Journal of Water Resources Planning and Management, 144(6): 1-11.



## Süt Sığırcılığı Yapan İşletmelerin Tarımsal Yeniliklerin Benimsenmesi ve Bilgi Kaynakları Yönünden Değerlendirilmesi: Samsun İli Bafra ve Canik İlçeleri Örneği

Gamze AYDIN ERYILMAZ<sup>1\*</sup>, Osman KILIÇ<sup>2</sup>, İsmet BOZ<sup>2</sup>, Cevahir KAYNAKÇI<sup>3</sup>

**ÖZET:** Araştırmanın amacı, süt sığırcılığı işletmelerinin tarımsal yeniliklerin benimsenmesi ve bilgi kaynakları yönünden değerlendirilmesidir. Veriler, Samsun ili Bafra ve Canik ilçelerinde süt sığırcılığı yapan 70 işletmeyle yapılan anketlerden elde edilmiştir. Araştırma sonuçları, süt sığırcılığı işletmelerinde bilgi ve yeniliklerin yeterince benimsenmediğini ve geleneksel yöntemlerin yaygın olduğunu göstermektedir. İşletme yöneticilerinin %47.1'i süt sığırcılığıyla ilgili eğitimlerden haberdar olduklarını, diğerleri ise haberdar olmadıklarını belirtmişlerdir. Eğitimlerden haberdar olanların, eğitimlere katılmamalarındaki en önemli neden %51.5 ile süt sığırcılığıyla ilgili yeterli bilgiye sahip olduklarını düşünmeleridir. Diğer nedenler ise, komşu çiftçilerden bilgi almaları (%27.3) ve eğitimlere katılmak için yeterli zaman bulamamalarıdır (%21.2). Süt sığırcılığıyla ilgili bilgi ve yenilikler konusunda en fazla başvurulan kaynaklar aile bireyleri (%72.9) ve komşu çiftçiler (%67.1) iken, yayım metodu olarak en yaygın kullanılan kitle iletişim aracı televizyondur (%87.1). Süt sığırcılığı işletmelerine aktarılan tarımsal bilgi ve yeniliklerin uygulanabilir olması ve bunların yetiştiriciler tarafından benimsenmesi, kırsal toplumdaki üretim anlayışını önemli oranda değiştirecektir. Yetiştiricilerin bilgi ve yeniliklere karşı olumlu tutum geliştirmeleri, yanlış uygulamaların giderilmesini sağlayacak ve işletmelerin modern bir yapıya dönüşümlerini hızlandıracaktır.

**Anahtar kelimeler:** Süt sığırcılığı, tarımsal yenilikler, bilgi kaynakları

### Evaluating the Adoption of Agricultural Innovations and Information Sources of Dairy Cattle Farms: The Case of Bafra and Canik Districts of Samsun Province, Turkey

**ABSTRACT:** The aim of the research is to evaluate the adoption of agricultural innovations and sources of information in dairy cattle farms. The data were obtained by administering a questionnaire to 70 dairy farms in Bafra and Canik districts of Samsun. The results of the research showed that knowledge and innovations in dairy cattle farms are not sufficiently adopted and traditional methods are commonly applied. Nearly half of the dairy cattle owners (47.1%) stated that they were aware of the trainings related to dairy cattle breeding, while others did not. The most important reason for those being aware of the training programs but not participating was that they believed that they had enough information about dairy cattle with 51.5%. Other reasons were that they received information from neighboring farmers (27.3%) and did not find enough time to participate in the trainings (21.2%). The most preferred sources of information about innovations related to dairy cattle were family members (72.9%), and neighboring farmers (67.1%); and the most preferred extension method among mass media methods was television (87.1%). The applicability of agricultural knowledge and innovations transferred to dairy cattle farmers and their adoption will significantly change the understanding of production in rural society. Developing positive attitude towards knowledge and innovation will lead to the elimination of wrong practices and facilitate the transformation of dairy farms to a modern structure.

**Keywords:** Dairy cattle, agricultural innovations, information sources

<sup>1</sup> Gamze AYDIN ERYILMAZ (Orcid ID: 0000-0002-4440-8687), Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun Meslek Yüksekokulu, Park ve Bahçe Bitkileri Bölümü, Samsun

<sup>2</sup> Osman KILIÇ (Orcid ID: 0000-0002-0129-4034), İsmet BOZ (Orcid ID: 0000-0001-7316-9323), Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Samsun

<sup>3</sup> Cevahir KAYNAKÇI (Orcid ID: 0000-0003-3785-5283), Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Kahramanmaraş

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Gamze AYDIN ERYILMAZ, e-mail: gamzeaydin@omu.edu.tr

Geliş tarihi / Received: 26-12-2019

Kabul tarihi / Accepted: 03-02-2020

## GİRİŞ

Tarım teknolojilerindeki hızlı değişim ve ağır rekabet koşulları, ekonominin bütün sektörleri arasındaki ilişkileri karmaşık hale getirmiştir. Günümüzde tarım işletmeleri, sadece kendine yeterli ve iç tüketime dönük geleneksel işletme anlayışını değil, aynı zamanda üretimde kullandığı girdilerin önemli bir bölümünü sanayi ve hizmet sektörlerinden satın alan ve bu sektörlerle ürün arz eden bir yapıya dönüşmüştür (Cinemre ve Kılıç, 2015). Tarımsal kaynakların etkin kullanılması ve pazardaki fırsatların doğru analiz edilerek tarım sektörünün gelişen teknikler doğrultusunda yönlendirilmesi, modern teknolojileri içeren tarımsal bilgi ve yeniliklerin uygulanması sayesinde mümkün olacaktır. Çiftçilere üretim faktörlerini daha iyi yönetme kabiliyeti kazandırması açısından gerekli olan tarımsal bilgiye erişim kolaylığı, ülkelerin gelişmişlik düzeyi ne olursa olsun kırsal alanda insan kaynağına yapılan önemli yatırımlardan birisidir. Öyle ki doğal kaynakların hızla yok edildiği son yıllarda, tarımsal kaynakların sürdürülebilir kullanımı tüm ülkelerin temel ve ortak sorunlarından biri haline gelmiştir. Bu bağlamda, üretim sürecinde kullanılan yeni, modern ve geliştirilmiş girdiler ile yöntemleri kapsayan tarımsal yenilikler ön plana çıkmaktadır (Taluğ ve Tatlıdil, 1993). Yalçın ve Boz (2007)'a göre tarımda modern teknolojilerin çiftçiler tarafından benimsenmesi ve geniş kitlelere yayılması, kısa dönemde verimlilik ve kâr oranlarının artmasına, uzun dönemde ise kırsal alanda yaşam standardının yükselmesine katkıda bulunmaktadır. Tarımsal bilginin üretilmesi ise, bilginin yetiştiricilerin anlayabileceği biçime dönüştürülerek yayılması ve yetiştiriciler tarafından algılanıp kullanılması şeklinde birbirini tamamlayan bir döngü olarak ifade edilmektedir (Sezgin ve ark., 2010; Oktay ve ark., 1995; Boyacı, 1998; Bernet ve ark., 2001).

Türkiye'deki ekonomik gelişmelere paralel olarak değişen amaçlar doğrultusunda, sürdürülebilir kaynak yönetiminin bilgiyle desteklenmesi gereken tarımsal alanlardan biri de hayvancılıktır. Türkiye'de hayvancılık, sağlıklı ve dengeli beslenme için gerekli protein ihtiyacının karşılanması, kırsal alanda istihdamın artırılması ve kentlere göçü önleyerek kırsal ve kentsel alandaki nüfus dengesizliğinin azaltılması bakımından stratejik bir öneme sahiptir. Türkiye'de hayvancılığın temel ve önemli faaliyet alanlarından biri süt sığırcılığıdır. Türkiye'de süt sığırcılığı yapan büyük ölçekli işletmeler 2013-2017 yılları arasında artış göstermesine rağmen, kapasitesi 10 başın altında olan işletmeler hâlen %77 gibi büyük bir orana sahiptir. Süt sığırcılığı kapasitesi 20 başın üzerindeki işletmelerin oranı ise sadece %10'dur (TAGEM, 2018). Türkiye'de süt sığırcılığı yapan özellikle küçük ölçekli işletmelerdeki elverişsiz üretim koşulları beraberinde pek çok sorunu getirmektedir. İşletmelerde süt sağım ünitelerinin bulunmaması ve soğuk zincirin oluşturulamaması sütün kalitesini düşürmektedir (Bars ve Akbay, 2013). Düşük kaliteli süt üretimi işletmelerin satışları üzerinde olumsuz etki yaratırken, aynı zamanda insan sağlığı açısından oluşturduğu risk nedeniyle de tüketicileri olumsuz etkilemektedir. Değişen ve küreselleşen sosyo-ekonomik düzende tüketiciler gıdaları sadece ihtiyaçlarını gidermek için değil, kalite ve sağlık açısından oluşturabilecekleri riskler yönünden de değerlendirmektedir. Bu nedenle süt sığırcılığı sektöründe, rekabetin yoğun yaşandığı günümüzde ayakta kalmanın yolu sektörde yaşanan yeniliklerin işletmelerde uygulanmasıyla gerçekleştirilebilecektir.

Türkiye'deki süt sığırcılığında, genel olarak babadan oğula geçen ve geleneksel üretim tekniklerinin yaygın olduğu bir yapı hâkimdir. İşletmelerde tarımsal yeniliklerin kabul edilmesi ve bunların işletmelerde uygulanması uzun zaman almaktadır. Bu nedenle hızla gelişen pazar dinamiklerine uyum sağlamak için, süt sığırcılığında tarımsal bilgi ve yenilikler giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Türkiye'nin farklı bölgelerinde, süt sığırcılığı işletmelerini bilgi ve yeniliklerin benimsenmesi yönünden değerlendiren birçok araştırma yapılmıştır (Türkyılmaz ve ark., 2002; Çiçek ve ark., 2008; Boz ve ark., 2011; Yener, 2017; Kılıçtekin ve Aksoy, 2019). Oğuz ve Yener (2016), süt

sığırcılığı yapan işletmelerin tarımsal yenilikleri benimsemelerinde ve işletmelerinde uygulamalarında; sağılan hayvan sayısının, ortalama süt veriminin ve işletmeye ait teknoloji kullanım düzeyinin etkili faktörler olduğunu ifade etmişlerdir. Kılıçteke ve Aksoy (2019) ise süt sığırcılığıyla ilgili yeniliklerin benimsenmesinde; ailedeki birey sayısı, tarımsal amaçlı kredi kullanımı, tarım dışı gelir, sosyal güvenlik, yeni teknolojilerin gelirden meydana getirdiği değişim, yeniliğin ucuz olması, yenilikle ilgili bilgi sahibi olma, yeniliğin denenebilir olması, yeniliği diğer çiftçilerin uyguluyor olması ile sütün pazarlanma şekli ve süresinin etkili olduğunu belirtmişlerdir. Samsun ili Bafra ve Canik ilçelerinde yapılan bu araştırmanın amacı ise, süt sığırcılığı işletmelerinin tarımsal yeniliklerin benimsenmesi ve bilgi kaynaklarının kullanılması yönünden değerlendirilmesidir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmanın materyalini, Samsun ili Bafra ve Canik ilçelerinde süt sığırcılığı yapan işletmelerden anket yoluyla 2019 yılında elde edilen veriler oluşturmaktadır. Araştırmada, örnekleme birimi olarak işletmedeki süt sığırcılığı sayısı esas alınmıştır. Anket yapılan işletme sayısı, tabakalı tesadüfi örnekleme yöntemine göre (Yamane, 1967) 70 olarak hesaplanmıştır.

Araştırmada anket formları, araştırmanın amacı göz önünde bulundurularak hazırlanmıştır. Anketlerde, yönetici konumundaki yetiştiriciler ile işletmelerin sosyo-ekonomik özelliklerine ilişkin sorular sorulmuştur (yaş, eğitim, süt sığırcılığı deneyimi, tarımsal örgütlere üyelik, aile nüfusu, tarımsal faaliyet yapısı, süt sığırcılığı sayısı, ahırın yaşı, ahırın büyüklüğü). Ayrıca anketlerde, işletmelerdeki süt sığırcılığıyla ilgili uygulamalar, çiftçilerin süt sığırcılığı eğitimi hakkındaki görüşleri, tarımsal bilgi ve yeniliklere ilişkin kullanılan kaynaklar ve süt sığırcılığına ilişkin kayıt tutulan konular yer almaktadır. Araştırmada anketlerden elde edilen veriler, işletmeler ortalamasına göre analiz edilmiştir.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırma sonuçlarına göre, yönetici konumundaki yetiştiricilerin yaş ortalaması 45.9 yıl iken, eğitim gördükleri süre 6.9 yıl ve süt sığırcılığı deneyimi 25.3 yıldır. Tarımsal örgüt üyeliği; uygun fiyatla girdi kullanımı, ürünlerin yüksek fiyatla pazarlanması, işletmelere ait ortak sorunların ilgili kurumlara iletilmesi ve çiftçilerin güncel gelişmelerden haberdar olmaları bakımından önemlidir. İncelenen yetiştiricilerin %58.6'sı Ziraat Odası, %48.6'sı Süt Üreticileri Birliği ve %41.4'ü Tarım Kredi Kooperatifi'ne üyedir. İşletmelerde aile nüfusu ortalama 4.7 kişiden oluşmaktadır. Sadece hayvancılık yapan işletmelerin oranı %68.6 iken, %31.4'ü hayvancılıkla birlikte bitkisel üretim yapmaktadır. İşletmelerin fiziki yapıları incelendiğinde, işletme başına düşen hayvan sayısı 16.8 baş, ahır kapasitesi 50.4 baş ve ahır yaşı 17.7 yıl olarak tespit edilmiştir (Çizelge 1). Buna göre, işletmelerin mevcut ahır kapasitelerinin sadece üçte birini kullandıkları görülmektedir.

Anket yapılan işletmelerin %62.9'u bütün hayvan ırkları için aynı yemi kullanmaktadır. Hayvanları meraya çıkararak işletmelerin oranı %60 iken, diğerlerinde hayvanlar ahırda tutulmaktadır. İşletmelerin %95.7 gibi büyük çoğunluğu sağım öncesi hijyen kurallarına uyma konusunda dikkatli davranmaktadır. İşletmelerde gübre temizliğini elle yapanların oranı %72.9, hayvanlarda antibiyotik kullananların oranı %97.1'dir. Hayvanlarda antibiyotik kullanımından sonra elde edilen sütün buzağıya içirilmesi (%38.2) ve sütün dökülmesi (%32.4) yaygın uygulamalardır. Antibiyotik sonrası sağılan sütü satışa sunan işletmelerin oranı ise %11.8'dir (Çizelge 2).

Araştırmadan elde edilen sonuçlar, yetiştiricilerin çoğunun süt ve mamulleri konusunda hijyen ve kaliteye dikkat ettiklerini göstermektedir. Ancak yetiştiricilerin hayvan hastalıklarının tedavisinde yoğun antibiyotik kullanmaları ve sütün buzağıya içirilmesi sonucu antibiyotiğin hayvanların etinde veya sütünde bıraktığı kalıntılar halk sağlığına zarar vermektedir. Dolayısıyla doğru antibiyotik seçimi,

uygun dozda antibiyotik kullanımı ve uygulama sonrası etkilerin değerlendirilmesi açısından teknik bilgiye ihtiyaç vardır. Malatya ilinde yapılan bir araştırmada, inek sağımında kullanılan makine ve ekipmanları dezenfekte eden işletmelerin oranı %77.9, sağım öncesi ve sonrası meme temizliği yapanların oranı ise %81.8 olarak belirlenmiştir (Köseman ve ark., 2016). Doğu Akdeniz Bölgesi'nde yapılan bir araştırmada, süt sığırcılığı işletmelerinde sağım öncesi meme temizliği ve dezenfeksiyonu ile sağım yapan kişinin hijyen kurallarına uymasının en fazla dikkat edilen konular olduğu, ancak işletmelerde sağım sonrası meme temizliğine aynı oranda hassasiyet gösterilmediği tespit edilmiştir (Boz, 2013).

**Çizelge 1.** İşletme yöneticisine ve işletmeye ait özellikler

	Ortalama
<b>İşletme yöneticisine ait özellikler</b>	
Yaş (yıl)	45.9
Eğitim (yıl)	6.9
Süt sığırcılığı deneyimi (yıl)	25.3
Tarımsal örgüt üyeliği (%)*	
Ziraat Odası	58.6
Süt Üreticileri Birliği	48.6
Tarım Kredi Kooperatifi	41.4
Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliği	20.0
İslah Amaçlı Hayvan Yetiştirici Birliği	10.0
Tarımsal Kalkınma Kooperatifi	8.6
<b>İşletmeye ait özellikler</b>	
Aile nüfusu (kişi)	4.7
Üretim faaliyeti (%)	
Hayvancılık	68.6
Hayvancılık + Bitkisel üretim	31.4
Süt sığırı sayısı (baş)	16.8
Ahır kapasitesi (baş)	50.4
Ahır yaşı (yıl)	17.7

\* Birden fazla seçenek işaretlenmiştir.

Süt sığırcılığı yetiştiriciliğinde besleme ve bakım gibi temel konularda yapılan yanlış uygulamaların giderilmesi, aynı zamanda sağlıklı süt ve mamullerinin elde edilmesi açısından tarımsal eğitimler son derece önemlidir. Araştırma sonuçları, işletme yöneticisi konumundaki yetiştiricilerin hiçbirinin süt sığırcılığı eğitimine katılmamış olduğunu göstermektedir. Yetiştiricilerin %52.9'u süt sığırcılığı eğitiminden haberdar olmadıklarını, %47.1'i ise haberdar olmalarına rağmen eğitime katılmadıklarını belirtmişlerdir. Eğitimden haberdar oldukları halde eğitime katılmayanların %51.5'i, gerekçe olarak süt sığırcılığı konusunda yeterli bilgiye sahip olduklarını göstermiştir. Bunu, diğer çiftçilerden bilgi alma (%27.3) ve zamanın kısıtlı olması (%21.2) gibi gerekçeler takip etmektedir. Yetiştiricilerin süt sığırcılığı eğitimi alma konusunda genel olarak istekli olmadıkları (%34.3) ya da kararsız oldukları (%42.9) görülmektedir. Yetiştiriciler süt sığırcılığı eğitimlerini çoğunlukla (%64.3) faydalı bulmazken, bireysel yayım (%52) en faydalı metot olarak değerlendirilmektedir (Çizelge 3). Erzurum ili Hınıs ilçesinde yapılan bir araştırmada, yetiştiricilerin %83'ünün teknik bilgi yönünden destek alma gereksinimi duymadıkları tespit edilmiştir (Koçyiğit ve ark., 2015). Benzer bir araştırma sonucuna göre, İzmir ilindeki süt sığırcılığı yetiştiricilerinin yaklaşık %78'i yayım eğitimine hiç katılmamıştır (Mayda, 2017). Diğer taraftan, Erzurum ili Narman ilçesinde yapılan bir araştırmada, çiftçilerin %59'unun sığırcılık konusunda teknik bilgi desteği alma ihtiyacı hissettikleri belirlenmiştir (Diler ve ark., 2017).

Çizelge 2. Süt sığırcılığıyla ilgili uygulamalar

	Sayı	(%)
<b>Irka göre yem kullanma</b>		
Aynı yemi kullanma	44	62.9
Farklı yem kullanma	26	37.1
Toplam	70	100.0
<b>Kaba-kesif yem oranına dikkat etme</b>		
Dikkat ediyor	59	84.3
Dikkat etmiyor	11	15.7
Toplam	70	100.0
<b>Hayvanları meraya çıkarma</b>		
Çıkartıyor	42	60.0
Çıkartmıyor	28	40.0
Toplam	70	100.0
<b>Sağımda hijyen kurallarına dikkat etme</b>		
Dikkat ediyor	67	95.7
Dikkat etmiyor	3	4.3
Toplam	70	100.0
<b>Gübre temizliğinin yapılma şekli</b>		
Elle	51	72.9
Traktörle	19	27.1
Toplam	70	100.0
<b>Hayvanlarda antibiyotik kullanma</b>		
Kullanıyor	68	97.1
Kullanmıyor	2	2.9
Toplam	70	100.0
<b>Antibiyotik kullanımından sonra sütün değerlendirilmesi</b>		
Buzağıya içirme	26	38.2
Dökme	22	32.4
Aile içi tüketim	12	17.6
Pazarda satma	8	11.8
Toplam	68	100.0

Araştırma bölgesindeki işletme yöneticileri, süt sığırcılığıyla ilgili eğitimlere katılma ve bu eğitimlerden çeşitli kazanımlar edinme konusunda çok fazla ilgili değildir. Bu durumun birçok sosyo-ekonomik ve kültürel nedeni olmakla birlikte, genellikle kırsal alanda egemen olan kadercilik, düşük beklenti düzeyi ve koşullara göre sağlıklı ve mutlu olma olgusu önemli rol oynamaktadır. Mevcut koşullarda çiftçilerde var olan ile yetinme olgusu hâkim olduğundan, daha çok elde etme güdülerini harekete geçirici arzu ve istekler yetersiz kalmaktadır. Bütün bu güdülerini harekete geçirmek; sadece ülkenin genel eğitim politikasıyla değil, aynı zamanda kırsal alanda yapılacak eğitim ve yayım programlarıyla mümkün olacaktır.

Kırsal alanda çiftçilerin tarımsal üretimle ilgili teknik ve ekonomik konularda yararlanmış oldukları bilgi kaynakları genel olarak modern ve geleneksel olmak üzere iki grup altında toplanmaktadır. Modern bilgi kaynakları daha çok tarımla ilgili resmi kuruluşlar, üniversiteler, girdi sağlayıcılar ve üretici örgütleri gibi organizasyonlardan oluşurken, geleneksel bilgi kaynakları çiftçilerin kendi deneyimleri, aile bireyleri, yakın arkadaş ve komşulardan oluşmaktadır (Yalçın ve Boz, 2007; Özçatalbaş ve Ünlü, 2018). Araştırma bölgesinde süt sığırcılığı yetiştiricilerinin, tarımsal yenilikleri izleme ve bilgi edinme kaynakları olarak daha çok geleneksel kaynaklardan yararlandıkları belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, yetiştiricilerin süt sığırcılığıyla ilgili bilgi ve yenilikleri takip etmek için en fazla kullandıkları bilgi kaynakları aile bireyleri (%72.9) ve komşu çiftçilerdir (%67.1). Yetiştiricilerin bilgi ve yeniliğe ulaşmada modern bilgi kaynaklarından çok fazla faydalanmadıkları görülmektedir (Çizelge 4).



## Süt Sığırcılığı İşletmelerinin Tarımsal Yeniliklerin Benimsenmesi ve Bilgi Kaynakları Yönünden Değerlendirilmesi: Samsun İli Canik İlçesi Örneği

Çizelge 3. Süt sığırcılığına yönelik eğitimler konusundaki görüşler

	Sayı	(%)
<b>Eğitimden haberdar olma</b>		
Haberdar	33	47.1
Haberdar değil	37	52.9
Toplam	70	100.0
<b>Süt sığırcılığıyla ilgili eğitime katılmama nedeni</b>		
Yeterli bilgi sahibi olma	17	51.5
Komşu çiftçilerden bilgi alma	9	27.3
Zamanın kısıtlı olması	7	21.2
Toplam	33	100.0
<b>Eğitim alma konusundaki görüş</b>		
İstekli	16	22.9
Kararsız	30	42.9
İstekli değil	24	34.3
Toplam	70	100.0
<b>Eğitimleri faydalı bulma</b>		
Faydalı	25	35.7
Faydalı değil	45	64.3
Toplam	70	100.0
<b>Faydalı olduğu düşünülen yayım metodu</b>		
Bireysel	13	52.0
Grup	10	40.0
Kitle	2	8.0
Toplam	25	100.0

Çizelge 4. Bilgi ve yeniliklere ilişkin kaynaklar\*

	Sayı	(%)
Aile bireyleri	51	72.9
Komşu çiftçiler	47	67.1
Veteriner hekim	20	28.6
Alet-makine satış bayii	18	25.7
İl/İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü	17	24.3
Zirai ilaç bayii	13	18.6
Ziraat Fakültesi	7	10.0
Ziraat Odası	7	10.0
Ürün satın alan özel kuruluşlar	7	10.0
Ürün satın alan devlet kuruluşları	4	5.7
Hayvan borsası	4	5.7

\* Birden fazla seçenek işaretlenmiştir.

Araştırma sonuçlarına göre, süt sığırcılığı işletmelerinde en çok yararlanılan tarımsal yayım metodu kitle iletişimi olup, ilk sırada %87.1 ile televizyon ve ikinci sırada %47.1 ile internet yer almaktadır (Çizelge 5). Televizyon ve internet gibi kitle iletişim araçlarının daha fazla tercih edilmesi, bölgede demonstrasyon ve çiftçi görüşmeleri gibi grup ve bireysel yayım metodlarının yeterince kullanılmadığını göstermektedir. Bu bağlamda Tarım ve Orman Bakanlığı il ve ilçe müdürlüklerinin, diğer resmi kuruluşların, süt sığırcılığıyla ilgili üretici örgütlerinin, girdi sağlayıcıların ve ürün satın alıp işleyen firmaların araştırma bölgesindeki süt sığırcılığı işletmelerine yönelik tarımsal yayım ve eğitim faaliyetlerini yürütmeleri son derece yararlı olacaktır. İzmir ilinde yapılan bir araştırmaya göre, süt sığırcılığı işletmelerinde bilgi kaynakları olarak ilk sırayı yöneticilerin kendi tecrübeleri almakta, bunu veteriner hekim ve televizyon takip etmektedir (Mayda, 2017). Konya ilinde yapılan benzer bir araştırmaya göre, yöneticilerin %68.75'i serbest veteriner hekimden, %54.69'u aile bireylerinden %48.44'ü televizyondan, %42.19 ise komşularından bilgi almaktadır (Yener, 2017). Erzurum, Erzincan ve Bayburt'u kapsayan 3 ilde yapılan bir araştırmada ise, televizyon izleme sıklığı ile süt sığırcılığı konusunda yeni tekniklerin benimsenmesi arasında pozitif bir ilişki olduğu tespit edilmiştir (Atsan, 2015).

**Çizelge 5.** Bilgi ve yeniliklere ilişkin tercih edilen yayım metotları\*

	Sayı	(%)
Televizyon	61	87.1
İnternet	33	47.1
Gazete	23	32.9
Radyo	20	28.6
Dergi, kitap, broşür ve video kayıtları	4	5.7

\* Birden fazla seçenek işaretlenmiştir.

Süt sığırcılığı işletmelerinde girdi ve çıktılarla ilgili kayıt tutulması, teknik ve ekonomik açıdan önemli bir gerekliliktir. Kayıt tutma, defter tutma zorunluluğu olan işletmelerde vergi matrahının tespiti açısından zorunlu olduğu kadar, ekonomik performansın ortaya konulması, işletme sonuçlarının benzer işletmelerle mukayese edilmesi ve geleceğe yönelik işletme planlaması için önemlidir. Araştırma sonuçlarına göre, incelenen işletmelerin süt sığırcılığıyla ilgili kayıt tutulması konusunda ilgili oldukları söylenebilir. İşletmelerde süt sığırcılığıyla ilgili kayıt tutma oranının yüksek olduğu konular; hayvanların doğum tarihi, doğum şekli ve tipi (%94.3) ile tohumlama tarihi, ineğin ırkı ve numarasıdır (%94.3). Yetiştiricilerin yemleme (%48.6), sütteki yağ, protein ve kuru madde miktarı (%45.7) ile hayvanların belirli dönemlerdeki canlı ağırlıkları (%41.4) gibi teknik konularda kayıt tutma eğilimlerinin diğer konulara nazaran düşük olduğu görülmektedir (Çizelge 6). Erzincan ilinde yapılan bir araştırmada, süt sığırcılığı işletmelerinin %47.3'ünde (Özyürek ve ark., 2014), Ağrı ilinde yapılan bir araştırmada %81.1'inde (Bakan ve Aydın, 2016) ve Muş ilinde yapılan bir araştırmada ise %56.8'inde (Bakır ve Kibar, 2019) kayıt tutulduğu tespit edilmiştir.

**Çizelge 6.** Kayıt tutulan konular\*

	Sayı	(%)
Doğum tarihi, doğum şekli ve tipi	66	94.3
Tohumlama tarihi, ineğin ırkı ve numarası	66	94.3
Aşılama ve hastalıklar	58	82.9
Hayvanların süt miktarı	40	57.1
Hayvanı kuruya çıkarma tarihi	38	54.3
Sürüden çıkarılan hayvanlar	37	52.9
Yemlemeyle ilgili konular	34	48.6
Sütteki yağ, protein ve kuru madde miktarı	32	45.7
Hayvanların belirli dönemlerdeki canlı ağırlıkları	29	41.4

\* Birden fazla seçenek işaretlenmiştir.

## SONUÇ

Türkiye'de son yıllarda süt sığırcılığı işletmelerinde modern üretim tekniklerinin kullanımı yönünden önemli gelişmeler yaşanmasına rağmen, piyasadaki ağır rekabet koşullarına ayak uydurabilecek büyük ölçekli üretim yapan ticari işletmeler hâlen yeterli sayıda değildir. Süt sığırcılığında bilgi ve yeniliklerin kırsal topluma sunumu, üretim tekniklerinde uzmanlaşmayı hedefleyen ekonomik bir amaçla yapılmış olsa da, çalışma koşullarının iyileştirilmesi suretiyle kırsal alandaki sosyal değişime de katkı sağlayacaktır. Ancak araştırma sonuçları, bölgede süt sığırcılığı yapan işletmelerde bilgi ve yeniliklerin yeterince benimsenmediğini ve geleneksel yöntemlerin yaygın olduğunu göstermektedir. Örneğin, süt sığırcılığı işletmelerinde antibiyotik kullanımından sonra elde edilen sütün aile bireyleri tarafından tüketilmesi, pazarda satılması ya da buzağıya içirilmesi insan ve hayvan sağlığını tehdit eden önemli bir sorundur. Bu bağlamda, işletmelerde yapılan bu yanlış uygulamaların tespit edilerek, tarımsal eğitimler yoluyla ihtiyaç duyulan konularda teknik bilgi desteğinin verilmesi gerekmektedir. Yetiştiriciler arasında bireysel yayımın en çok tercih edilen metot olması, yetiştirici ile yayım elemanı arasındaki karşılıklı güven duygusunun önemini ortaya

koymaktadır. Ancak belirli bir grubu ilgilendiren konularda daha çok sayıda yetiştiriciye ulaşmak için, deneyimli yayım elemanlarıyla uygulanacak grup yayım metodunun tercih edilmesi gerekir.

Araştırma sonuçlarına göre, süt sığırcılığıyla ilgili bilgi edinmede geleneksel kaynakların, yayım metotları arasında da kitle iletişim araçlarının ön plana çıktığı görülmektedir. Bilgi kaynakları arasında daha çok aile bireyleri ve komşu çiftçiler tercih edilirken, yayım metotları arasında da televizyon ve internet ilk sıraları almaktadır. Bu bakımdan süt sığırcılığıyla ilgili konularda televizyon aracılığıyla yetiştiricilerin yeniliklerden daha fazla haberdar olmaları sağlanmalıdır. İşletmelerde bilgi ve yenilikler için, kurumsal bilgi kaynakları yerine genellikle aile bireyleri ve komşu çiftçiler tercih edilmektedir. Çiftçilerin kendi aralarında paylaştıkları bu yerel bilgi akışı, bilimsel ve kurumsal bilgilerle desteklenmelidir. Bu nedenle, tarımsal tecrübe ve fikirlerine güvenilen önder çiftçiler bilgi ve yeniliklerin transferi için kilit rol oynamaktadır. Günümüzde akıllı telefon kullanan çiftçilerin artması, yeniliklerin iletilmesinde geleneksel medyanın yanı sıra yeni medyanın kullanılmasını da olanaklı hale getirmiştir. Bu nedenle, dijital mecralarda tarımsal bilgilerin daha fazla paylaşılması önemli olup, bu bilgilerin çiftçilerin anlayabileceği şekilde sunulması etkin bilgi transferini kolaylaştıracaktır.

Türkiye’de bilişim ve iletişim teknolojilerinin tarım sektöründe kullanımı artmış olsa da, bilgi ve yenilikleri aynı hızda takip etmeyen çok sayıda çiftçi vardır. Bu bağlamda, çiftçileri bilinçlendirmeye yönelik tarımsal eğitim programlarının yaygınlaşması önem kazanmaktadır. İncelenen işletmelerde süt sığırcılığıyla ilgili eğitimden haberdar olmalarına rağmen, eğitime katılmak istemeyen yetiştiriciler buna neden olarak yetiştiricilik konusunda kendilerini yeterli gördüklerini ifade etmişlerdir. Dolayısıyla süt sığırcılığını ticari anlamda yapan yetiştiricilerin, hızla değişen üretim teknikleri ve piyasa koşulları hakkında bilgiye ihtiyaç duymamalarının finansal, psikolojik ve çevresel faktörlerle açıklanması gereklidir. Yetiştiricilerin gelir ve yaşam standardının artırılması, bilimsel nitelikteki bilgi ve teknolojiyle sağlanabilecektir. İhtiyaca yönelik somut çıkarımların elde edilmesi ise, hâlihazırda hayvancılık işletmelerine verilen desteğe devam edilmesi ve destek verilen işletmelerin belli bir plan dâhilinde sürekli takibiyle mümkündür.

## KAYNAKLAR

- Atsan T, 2015. Factors Affecting Rural Women in Adopting Agricultural Innovations on Animal Breeding: The Case of TRA1 Region. *Alinteri Ziraat Bilimler Dergisi*, 28 (1): 1-8.
- Bakan Ö, Aydın R, 2016. Ağrı İli Süt Sığırcılığı İşletmelerinin Sosyo-Ekonomik Özellikleri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 47 (2): 113-122.
- Bakır G, Kibar M, 2019. Muş İlinde Bulunan Süt Sığırcılığı İşletmelerinin Bazı Yapısal Özelliklerinin Crosstab Analiziyle Belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22 (4): 609-619.
- Bars T, Akbay C, 2013. Kahramanmaraş İlinde Süt ve Süt Ürünleri İşleyen Mandıra İşletmelerinin Yapısal Analizi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 16 (2): 9-20.
- Bernet T, Ortiz O, Estrada RD, Quiroz R, Swinton SM, 2001. Tailoring Agriculture Extension to Different Production Contexts: A User-Friendly Farm-Household Model to Improve Decision-Making for Participatory Research, Michigan State University, East Lansing, USA.
- Boyacı M, 1998. Tarımsal Bilgi ve Teknoloji Akışı (Enformasyon) Sisteminin Yapısal Özellikleri, Sorunları ve Çözüm Önerileri Üzerine Bir Araştırma: Manisa İli Örneği. *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Doktora Tezi*.

- Boz İ, Akbay C, Baş S, Budak DB, 2011. Adoption of Innovations and Best Management Practices Among Dairy Farmers in the Eastern Mediterranean Region of Turkey. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10 (2): 251-261.
- Boz İ, 2013. Doğu Akdeniz Bölgesi'nde Süt Sığırcılığı Yapan İşletmelerin Yapısı, Sorunları ve Çözüm Önerileri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 16 (1): 24-32.
- Cinemre HA, Kılıç O, 2015. Tarım Ekonomisi (5. Baskı). Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ders Kitabı No: 11, Samsun.
- Çiçek H, Cevger Y, Tandoğan M, 2008. Socio-Economic Factors Affecting the Level of Adoption of Innovations in Dairy Cattle Enterprises. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 55: 183-187.
- Diler A, Güler İO, Aydın R, Yanar M, Koçyiğit R, 2017. Erzurum İli Narman İlçesi Sığırcılık İşletmelerinde Çiftlik Yönetimi ve Buzağı Yetiştirme Uygulamaları. *Alinteri Ziraai Bilimler Dergisi*, 32 (1): 39-45.
- Kılıçtekin S, Aksoy A, 2019. Erzurum İli Süt Sığırcılığı İşletmelerinin Yenilikleri Benimsenme Açısından Değerlendirilmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 6 (3): 424-431.
- Koçyiğit R, Diler A, Yanar M, Güler O, Aydın R, Avcı M, 2015. Erzurum İli Hınıs İlçesi Sığırcılık İşletmelerinin Yapısal Durumu: Çiftlik Yönetimi ve Buzağı Yetiştirme Uygulamaları. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5 (4): 85-97.
- Köseman A, Rişvanlı A, Kaygusuzoğlu E, Saat N, Korkmaz H, Şeker İ, 2016. Malatya İlindeki Süt Sığırcılık İşletmelerinde Yetiştiricilerin Demografik Özellikleri ve İşletmedeki Üreme, Sürü Sağlığı ve Hijyen Konularında Bilgi Düzeylerinin Belirlenmesi. *Eurasian Journal of Veterinary Sciences*, 32 (2): 101-108.
- Mayda F, 2017. İzmir İlinde Süt Sığırcılığı Yapan İşletmelerin Ekonomik Analizi ve Sütün Pazar Arzı. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*.
- Oğuz C, Yener A, 2016. Süt Sığırcılığı İşletmelerinin Teknoloji Kullanım Düzeylerine Göre Tanımlanması ve Karşılaştırılması; Konya İli Örneği. XII. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi, 25-27 Mayıs 2016, Isparta.
- Oktay E, Boyacı M, Karaturhan B, Bayaner A, Sakarya H, 1995. Bilgi ve Teknoloji Akışında Etkinliğin Sağlanması, Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi, Ankara.
- Özçatalbaş O, Ünlü T, 2018. The analysis of Information Sources Used by Pomegranate Producers in Antalya Province of Turkey. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 31 (1): 45-48.
- Özyürek S, Koçyiğit R, Tüzemen N, 2014. Erzincan İlinde Süt Sığırcılığı Yapan İşletmelerin Yapısal Özellikleri: Çayırılı İlçesi Örneği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11 (3): 19-26.
- Sezgin A, Kaya TE, Külekçi M, Kumbasaroğlu H, 2010. Tarımsal Yeniliklerin Benimsenmesinde Etkili Olan Faktörlerin Analizi: Erzurum İli Örneği. *Türkiye IX. Tarım Ekonomisi Kongresi, Şanlıurfa*.
- TAGEM 2018. Süt Sektör Politika Belgesi 2018-2022. Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Taluğ C, Tatlıdil F, 1993. Tarımsal Yayım ve Haberleşme. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Teksir No: 141, Ankara.
- Türkyılmaz MK, Bardakçioğlu HE, Nazlıgül A, 2002. Aydın İli Süt Sığırcılığı İşletmelerinde Yeniliklerin Benimsenmesine Etkili Olan Sosyo-Ekonomik Faktörler. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 27: 1269-1275.
- Yalçın M, Boz İ, 2007. Kumluca İlçesinde Seralarda Üreticilerin Kullandıkları Bilgi Kaynakları. *Bahçe*, 36 (1): 1-10.
- Yamane T, 1967. *Elementary Sampling Theory*. Printice Hall Inc. Englewood Cliffs, Nt.
- Yener A, 2017. Konya İlinde Süt Sığırcılığı Yapan Aile İşletmelerinde Yeniliklerin Benimsenmesi ve Yayılmasına Etki Eden Faktörler. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Konya.

## Topraksız Kültür Baş Salata (*Lactuca Sativa L.*) Yetiştiriciliğinde Farklı Tuzluluk (NaCl) Düzeylerinin Verim ve Bitki Gelişimi Üzerindeki Etkileri

Özlem AKAT SARAÇOĞLU<sup>1\*</sup>, Cenk Ceyhun KILIÇ<sup>1</sup>, Hale DUYAR<sup>1</sup>

**ÖZET:** Bu araştırma, topraksız kültür baş salata (*Lactuca Sativa L. capitata* cv. Bombala) yetiştiriciliğinde farklı tuzluluk düzeylerinin (NaCl), verim ve bitki gelişimi üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Araştırma 3 tekrarlı olacak şekilde tesadüf blokları deneme desenine göre iki ayrı üretim döneminde (1. ve 2. üretim dönemi) yapılmıştır. Üç farklı NaCl tuzluluk seviyesi (S0: Kontrol, S1: S0+1 dS m<sup>-1</sup>, S2: S0+2 dS m<sup>-1</sup>) ve Hoagland besin çözeltisi ile birlikte baş salata bitkisinin gelişimi perlit ortamında denenmiştir. Kontrol (S0) olarak Hoagland çözeltisi kullanılmıştır. S1 ve S2 tuz seviyelerinin tuzluluk düzeyleri stok NaCl çözeltisi ilave edilerek ayarlanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, NaCl dozları verim üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etki yaratmıştır. Besin çözeltisinin NaCl konsantrasyonu arttıkça verim düşmüştür. Üretim dönemlerine ilişkin en yüksek verim, NaCl uygulaması yapılmayan kontrol (S0) konularında tespit edilirken, en düşük verim ise besin çözeltisi NaCl konsantrasyonunun en yüksek düzeyi olan (S2) konularda belirlenmiştir. Tuzluluğun (NaCl); bitki baş çapı (en), bitki baş yüksekliği (boy), bitki kuru ağırlığı ve vitamin C içeriği üzerindeki etkisi istatistiksel anlamda önemsiz bulunmuştur. Bununla birlikte, NaCl düzeylerindeki artış söz konusu değerleri azaltmıştır. S2 konularında en düşük yaprak oransal su kapsamı değerleri ve en yüksek yaprak hücreleri membran zararlanma indeksi değerleri belirlenmiştir. Elde edilen tüm bulgular; NaCl ile oluşturulan tuzlu koşulların topraksız baş salata yetiştiriciliğinde olumsuz etkiler yarattığı yönündedir.

**Anahtar Kelimeler:** Tuzluluk, topraksız tarım, baş salata (cv. Bombala), verim, bitki gelişimi.

### The Effects of Different Salinity Levels (NaCl) on Yield and Plant Growth in Soilless Culture Head Lettuce (*Lactuca Sativa L.*)

**ABSTRACT:** The objective of this study was to determine the effects of different salinity levels (NaCl) on head lettuce (*Lactuca Sativa L. capitata* cv. Bombala) development in soilless culture. This study was conducted to cover two separate production periods (1st and 2nd production periods). The randomized blocks were arranged on the basis of the experimental design with 3 replicates in two production periods. Three different NaCl salinity levels (S0: control, S1: S0+1 dS m<sup>-1</sup>, S2: S0+2 dS m<sup>-1</sup>) with Hoagland Solution on lettuce development was tested in a perlite substrate. The Hoagland solution was used as control (S0). Salinity levels of S1 and S2 salinity levels were adjusted by adding stock NaCl solution. The results obtained had a statistically significant effect on the yield of the NaCl levels. The yield decreased as NaCl concentration of the nutrient solution increased. The highest yield for the production periods was determined in the control (S0) subjects without NaCl application, while the lowest yield was determined for the highest NaCl concentration of the nutrient solution (S2). Results in relation to lettuce showed that NaCl levels had a statistically significant effect on yield. The yield decreased as NaCl concentration of the nutrient solution increased. Moreover, the highest yield for production periods was determined in control (S0), while the lowest yield was determined for the highest NaCl level (S2). It can be concluded that the effect of salinity on plant head diameter (width), plant head height (height), plant dry weight and vitamin C content was found to be statistically non-significant. However, the increase in salt levels decreased these values. The lowest leaf proportional water coverage values and the highest leaf cell membrane damage index values were determined in S2 level. Overall; salinity, which has made up with NaCl, conditions have negative effects on soilless head lettuce cultivation.

**Key Words:** Salinity, soilless culture, head lettuce (cv. Bombala), yield, plant development.

<sup>1</sup> Özlem AKAT SARAÇOĞLU (Orcid ID: 0000-0003-1680-783X), Cenk Ceyhun KILIÇ (Orcid ID: 0000-0002-8929-2761), Hale Duyar (Orcid ID: 0000-0003-0289-0279), Ege Üniversitesi, Bayındır Meslek Yüksekokulu, Seracılık Programı, Bayındır-İzmir, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Özlem AKAT SARAÇOĞLU, e-mail: ozlem.akat@ege.edu.tr

Geliş tarihi / Received: 20-12-2019

Kabul tarihi / Accepted: 14-03-2020



## GİRİŞ

Günümüzde, su kıtlığı küresel düzeyde yaşanan önemli bir risk faktörüdür ve bitkisel üretimi önemli boyutta etkilemektedir. Nüfus artışına paralel olarak artan gıda ihtiyaçları, kısıtlı olan su kaynakları üzerindeki baskıyı arttırmaktadır. Bunun sonucunda, artan gıda ihtiyaçlarını karşılayabilmek adına kullanılan su miktarının gelecek yıllar içerisinde katlanarak artacağı öngörülmektedir (Anonim, 2019). Global anlamda ortaya çıkan kötümser tablonun engellenmesi adına başvurulmuş önlemlerden biri olarak ortaya çıkan topraksız tarım üzerine yapılan araştırmalar, bugün bu tekniğin araştırma boyutundan çıkarak fiili olarak uygulamaya alınması ile sonuçlanmıştır.

Topraksız üretimde, bitki kökleri ya sık sık besin çözeltisi ile sulanan geçirgen katı ortamlarda ya da herhangi bir katı ortam olmaksızın doğrudan besin çözeltisinde büyüebilir. Son yıllarda, bitki beslenmesini optimize etmek için bitkilere besin çözeltisi sağlamak (gübreleme veya sıvı gübreleme) sadece topraksız kültürde değil aynı zamanda toprakta yetiştirilen sera bitkilerinde de rutin kültürel uygulama haline gelmiştir. Bu nedenle, topraksız yetiştiricilik sistemleri kullanılarak gerçekleştirilen üretimde köklenme ortamının kısıtlanmış hacmi ve tek biçimliliği, onları geleneksel yetiştiricilikten ayıran tek özelliğidir (Savvas et al., 2013). Ayrıca; daha sağlıklı ürünlerin elde edildiği, verimde erkenciliğin sağlandığı, daha kaliteli ürünlerin yetiştirildiği bu teknikle ayrıca, işgücünden tasarruf sağlanması ve toprak kökenli hastalıklarının önlenmesi de mümkündür (Mascarini et al., 2001). Büyük potansiyele sahip olan Türkiye’de her geçen yıl yeni topraksız tarım seraları kurulmaktadır. Özellikle, sebzeçilikte yeni üretim modellerinin benimsenmesi, kullanılan tekniklerin modernleşmesi ve yeni çeşitlerin piyasaya girmesi ile birlikte dünya piyasası ile rekabet düzeyi artmıştır (Yanmaz ve ark., 2015).

Tuzluluk, özellikle kurak ve yarı kurak alanlarda bitkisel üretimde verim ve gelişimi kısıtlayan önemli abiyotik stres faktörlerindedir (Allahverdiev et al., 2000). Bitkisel yetiştiriciliğin temelini oluşturan toprak ve suyun kendi bünyelerinde barındırdığı tuzlar nedeniyle üretim sınırlandırılmaktadır. Ayrıca, bitkideki büyüme ve gelişimi sağlamak amacıyla sulama suyuna ilave edilen temel kimyasal gübrelerin de ayrıca tuz kaynağı olması; zamanla kök bölgesinde ciddi boyutlarda tuz birikimine neden olmakta ve bunun sonucu olarak bitkisel üretimin verim ve kalitesi düşebilmekte, bitkilerde renk ve görünüş değişiklikleri meydana gelebilmektedir (Quamme and Stushnoff, 1983; Rhoades et al., 1992; Cassaniti et al., 2013). Bitkilerin tuzluluğa karşı tepkileri, bitki genotipine, büyüme evresine ve ortam nem içeriğine bağlı olarak değişir (Niu and Cabrera, 2010; Cassaniti et al., 2013;).

Dünyada sulu tarım yapılan alanlarda, yüksek kaliteli suyun insan tüketimi için yönlendirilmesi nedeniyle; tarımsal üretimde bitki büyümesi için yetersiz kaliteye ve yüksek elektrik iletkenliğine (EC) sahip olan acı, tuzlu veya geri kazanılmış suda gerçekleştirilmesi gerekebilir (Villora et al., 2000; Cassaniti et al., 2013). Düşük kaliteli bu suların bitki büyümesine, verimine ve kalitesine zarar vermeyeceği vurgulamaktadır (Grieve et al., 2012). Yaprağı yenen ve çiğ olarak tüketilebilen sebzeler arasında ilk sırayı marul ve salatalar grubu bitkiler almaktadır. Dünya genelinde marul üretiminin gerçekleştirildiği ülkeler arasında Çin 1. sırayı alırken, Türkiye 8. sırada bulunmaktadır. 2019 yılı verilerine göre Türkiye’de toplam 499.766 ton marul üretimi gerçekleştirilmiştir (TÜİK, 2019). Tuzluluğa orta derecede duyarlı olan marulun pek çok ülkede bütün bir yıl boyunca yetiştiriciliği gerçekleştirilebilmektedir (Shannon and Grive, 1999; Andriolo et al., 2005; Güneş ve ark., 2010). Bununla birlikte, kökün geliştiği ortam bitkilerin tuzluluğa karşı gösterdiği tepkiyi etkileyebilmektedir. Topraksız tarım tekniği ile tuzlu koşullarda gerçekleştirilen marul yetiştiriciliğinde elde edilen çalışma sonuçları; tuz eşik değerinin 1.3 dS m<sup>-1</sup> olduğu ve elektriksel iletkenlik değeri 4.4 dS m<sup>-1</sup> olan sulama suyu kullanılarak toprakta gerçekleştirilen yetiştiricilik koşullarında marul veriminin ve kalitesinin etkilenmediğini bildirmiştir (Pasternak et al., 1986).

2017-BAMYO-001 kapsamında, besin çözeltilisinin farklı NaCl konsantrasyonuna sahip düzeylerinde topraksız koşullarda yetiştiriciliği gerçekleştirilen baş salata (*Lactuca Sativa* L. *capitata* cv. Bombala) bitkisinde tuzluluğun verim ve gelişimi üzerinde yarattığı etkilerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma, 2017–2019 yılları arasında Ege Üniversitesi Bayındır Meslek Yüksekokulu'nda bulunan yay çatılı, 240 m<sup>2</sup> (6 m x 40 m) taban alana sahip PE örtülü ısıtmasız sera koşullarında iki ayrı üretim dönemini kapsayacak şekilde yürütülmüştür. Araştırmada bitkisel materyal olarak Ege Fide A.Ş. tarafından temin edilen baş salata fideleri (Bombala F1) topraksız tarım açık besleme siteminin kullanıldığı ortam kültüründe yetiştirilmişlerdir. Araştırma alanı 3 tekrarlı olacak şekilde tesadüf blokları deneme desenine esas alınarak düzenlenmiştir. Denemeye alınan baş salata fideleri 25 cm x 25 cm (16 bitki m<sup>-2</sup>) dikim mesafesi esas alınarak yetiştirme kanallarındaki yerlerine dikilmişlerdir (Şekil1).



Şekil 1. Baş salata yetiştiriciliğinin gerçekleştirildiği yetiştirme kanalları ve fide dikimi.

Araştırmada üretim dönemlerine ilişkin fide dikim ve hasat tarihlerini kapsayan üretim periyodu Çizelge 1'de verilmiştir.

### Çizelge 1. Araştırma başlangıç ve bitiş tarihleri.

Araştırma Yılı	Başlangıç Tarihi	Hasat Tarihi
1. Üretim Dönemi	05.10.2017	18.01.2018
2. Üretim Dönemi	26.10.2018	26.01.2019

Araştırma süresince, sulama suyuna ilave edilen besin elementleriyle hazırlanan besin çözeltilisi ile bitkilerin su ve besin elementi ihtiyacı karşılanmıştır (Jensen 1997; Maloupa 2002; Sevgican 2002). Bu amaçla kullanılan standart Hoagland besin çözeltilisinin (mM) içeriği 12 N-NO<sub>3</sub>, 3.8 N-NH<sub>4</sub>, 2.8 P, 8.4 K 3.5 Ca, 1.4 Mg, 9.5 Na, 8.0 Cl, 2.7 S, 0.04 Fe kimyasal kaynaklarının birleşiminden oluşturulmuştur (Alberici et al., 2007). Yetiştirme dönemleri süresince ortalama 6.95 pH'ya ve ortalama 1.83 dS m<sup>-1</sup> EC (elektriksel iletkenliği) sahip besin çözeltilisi, sera içerisine yerleştirilen 2 m<sup>3</sup> hacme sahip, ana besin çözeltilisi tankından sağlanırken, iki farklı NaCl düzeyi konusu için 2 m<sup>3</sup> ve 0.5 m<sup>3</sup> hacme sahip 2 ayrı tanktan daha yararlanılmıştır. Araştırmada denemeye alınan NaCl düzeyleri oluşturulurken; sulama suyuna sadece besin maddesi eklenmesi sonucunda elde edilen besin çözeltilisinin ölçülen tuzluluk konsantrasyonu farklı tuz düzeylerinden biri olan kontrol uygulaması (Kontrol:S0) olarak ele alınmıştır. Kontrol konusunda oluşturulan tuzluluk düzeyi sırasıyla 1 ve 2 dS m<sup>-1</sup> artırılarak denemeye alınan 2 ayrı NaCl düzeyi konusu (S0: Kontrol, S1: S0+1 dS m<sup>-1</sup>, S2: S0+2 dS m<sup>-1</sup>) oluşturulmuştur. Böylece,

çalışmada hedeflenen amaca ulaşabilmek toplam 3 farklı NaCl düzeyi düzenlenmiştir. Kontrol konusu dışındaki uygulama konularında iki farklı tuz konsantrasyonunun oluşturulabilmesi amacıyla stok NaCl çözeltisinden faydalanılmıştır. Yetiştiricilik süresince 1. üretim döneminde, NaCl düzeyleri S0 konusunda (kontrol) ortalama  $1.80 \text{ dS m}^{-1}$ , S1 konusunda  $2.62 \text{ dS m}^{-1}$  ve S2 konusunda  $3.5 \text{ dS m}^{-1}$  olacak şekilde oluşturulmuştur. 2. üretim döneminde ise S0, S1 ve S2 konuları için oluşturulan ortalama NaCl düzeyleri sırasıyla  $1.86 \text{ dS m}^{-1}$ ,  $2.60 \text{ dS m}^{-1}$  ve  $3.85 \text{ dS m}^{-1}$ 'dir.

Araştırma alanındaki yerlerine dikilen baş salata fidelerinin su ihtiyacı karşılanırken, bitki gelişimi takip edilmiş ve tutumda üniformite sağlanıncaya kadar araştırmaya alınan tüm konularına eşit miktarda, besin maddesi ilavesi yapılmayan sulama suyu uygulanmıştır. Araştırmanın her iki döneminde, besin çözeltisi ve farklı NaCl düzeylerinin konularda çalıştırılma takvimi Çizelge 2'de verilmiştir.

**Çizelge 2.** Üretim dönemlerine ilişkin besin çözeltisi ve NaCl düzeyi uygulamaları başlangıç tarihleri

Araştırma Yılı	Besin Çözeltisi Uygulaması Başlangıcı	Tuzluluk Düzeyi Uygulaması Başlangıcı
I. Üretim Dönemi	20.10.2017	05.11.2017
II. Üretim Dönemi	08.11.2018	06.12.2018

Araştırmada süresince, saksı drenaj çıkışlarında yapılan gözlemler ve iklim verilerine dayalı olarak konulara uygulanan besin çözeltisi miktarları düzenlenmiştir. Kalibrasyonu sağlanmış sayaç ve vanalardan faydalanılarak uygulanan besin çözeltisi miktar ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bitki sulamasında kullanılan damla sulama sisteminin otomasyonu sağlanmıştır. Uygulama konularından drene olan besin çözeltisi, kanal çıkışlarına yerleştirilen drenaj çıkışları yardımıyla konularla ilişkili olacak şekilde 30 L'lik drenaj çözeltisi bidonlarında toplanmış ve gerekli ölçümler (EC ve pH) yapıldıktan sonra sistemden uzaklaştırılmıştır. Çalışmada; verime yönelik sonuçlara ulaşabilmek için hasadı gerçekleştirilen bitkilerden ortalamayı temsil eden örneklerde, toplam ve pazarlanabilir verim (adet bitki<sup>-1</sup>) ile toplam ve atılan yaprak adedine ilişkin değerler (g bitki<sup>-1</sup>) tespit edilmiştir. Örnek bitkiler üzerinden bitki baş çapı (en) ve bitki baş yüksekliği (boy) cetvel yardımı ile ölçülmüştür. En-boy ölçümü gerçekleştirilen örnek bitkiler daha sonra parçalanmış ve orta kısımdaki yenebilir nitelikteki yapraklardan yeter miktarda alınarak hassas terazi yardım ile yaş ağırlıklar ve etüvde 65°C'de kurutulduktan sonra kuru ağırlıklar saptanarak değerlendirmeye alınan sonuçlar yüzde (%) kuru ağırlık olarak ifade edilmiştir (Kacar, 1972). Hasat sonrası örnek bitki yapraklarında Vitamin C içeriğine (mg g<sup>-1</sup> taze ağırlık) ilişkin analizler yapılmıştır (Pearson, 1970). Seçilen örnek bitki yapraklarında nitrat içeriği (mg kg<sup>-1</sup>) belirlenmiştir (Cataldo et al., 1975). Bunun yanı sıra tuz uygulamaları konularda çalıştırdıktan sonra ayda 1 kez olmak üzere yaprak oransal su kapsamı (%) (Küçükahmetler, 2003; Türkan ve ark., 2005; Akat, 2012) ile hücreden dışarı verilen elektrolitin ölçülmesi yöntemiyle hesaplanan yaprak hücrelerinde membran zararlanma indeksi (%) belirlenmiştir (Fan and Blake, 1994; Kuşvuran ve ark., 2011). Sera içi iklimine ilişkin takipler iklim sensörü yardımı ile (Onset HOB0 Data Logger) yapılmıştır.

Elde edilen veriler Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi tarafından geliştirilen TARIST istatistik analiz programı değerlendirilerek LSD testi ile varyans analizi uygulanmıştır (p <0.05).

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Verim ve Bazı Kalite Kriterlerine İlişkin Sonuçlar

Ortam kültürü baş salata yetiştiriciliğinde, iki üretim döneminde de tek hasat yapılmıştır. Farklı NaCl düzeylerinin toplam ve pazarlanabilir verim üzerindeki etkisi %95 güven düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 1).

Topraksız Kültür Baş Salata (*Lactuca Sativa* L.) Yetiştiriciliğinde Farklı Tuzluluk (NaCl) Düzeylerinin Verim ve Bitki Gelişimi Üzerindeki Etkileri

Çizelge 1. Tuzluluk düzeylerinin verim ve bitki yaprak sayıları üzerindeki etkileri.

		Toplam verim (g bitki <sup>-1</sup> )	Pazarlanabilir verim (g bitki <sup>-1</sup> )	Toplam yaprak adeti (adet bitki <sup>-1</sup> )	Atılan yaprak adeti (adet bitki <sup>-1</sup> )
Uygulamalar	S0	620.95 a	581.31 a	32.60 a	4.90
	S1	460.25 b	406.70 b	26.67 b	6.17
	S2	469.29 b	406.70 b	26.53 b	6.17
	LSD (0.05)	111.654**	95.709**	3.298**	ö.d.
Dönemler	1. Ü.D.	648.44 a	546.96 a	23.00 b	8.00 a
	2. Ü.D.	390.56 b	399.56 b	34.20 a	3.49 b
	LSD (0.05)	95.401**	78.146**	2.693**	1.471
1. Üretim Dönemi	S0	734.24	665.28 a	26.67 a	7.00
	S1	616.25	499.85 b	20.33 b	8.00
	S2	594.82	475.74 b	22.00 b	9.00
	LSD (0.05)	ö.d.	135.353**	4.664**	ö.d.
2. Üretim Dönemi	S0	507.67 a	497.33 a	38.53 a	2.80
	S1	341.67 b	337.67 b	31.33 b	3.33
	S2	322.33 b	363.67 ab	32.73 b	4.33
	LSD (0.05)	157.902**	135.353**	4.664**	ö.d.

\*\* : p<0.05 önem düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunmaktadır.

Çizelge 1'e göre; verime ilişkin en yüksek değerler hiç NaCl uygulanmayan S0 konularında belirlenirken, en düşük değerler ise S1 konularında belirlenmiştir. Elde edilen toplam verim 460.25-620.95 g bitki<sup>-1</sup> arasında değişirken, pazarlanabilir verim ise 406.70 - 581.31 g bitki<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. 1. Üretim döneminde 2. üretim dönemine oranla daha yüksek verimlerin elde edildiği saptanmıştır. Dönemler arasındaki bu farklılığın yetiştirme sürecindeki iklim koşullarındaki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir. Topraksız tarım sistemleri kullanılarak marul üretimin gerçekleştirildiği pek çok araştırma bulunmaktadır. Bunlardan biri olan araştırmamızda denemeye alınan Bombala çeşidi üzerine Gül ve ark. (2003) tarafından yürütülen; organik gübrelemenin etkilerinin belirlendiği çalışma sonucunda; çeşit veriminin 439.00 g olduğu bildirilmiştir. Bombala çeşidiyle kapılar sistem marul yetiştiriciliğinde mikoriza uygulamalarına etkilerinin araştırıldığı Kardüz ve ark. (2015) tarafından yürütülen başka bir araştırma sonuçlarına göre; toplam ve pazarlanabilir verim değerleri sırasıyla 590.40 ve 573.20 g bitki<sup>-1</sup> bulunmuştur. Hamdi ve ark. (2014) yürüttükleri çalışma sonucunda, marul bitkisinin baş ağırlığını 405.00 g olarak bulmuşlardır. Verime ilişkin bulgularımızın bu değerlerle uyumlu olduğu görülmektedir. Marul bitkisinde 0.3, 1.2, 2.1, 3.7, 5.3, 6.8 dS m<sup>-1</sup> olmak üzere 6 farklı elektriksel iletkenlik düzeyine sahip deniz suyunun bitkisel üretimdeki etkisinin araştırıldığı başka bir çalışma sonucu ise; 0.3–2.1 dS m<sup>-1</sup> değişen düşük tuz düzeylerinin marul verimini etkilemediği, ancak artan tuzluluk düzeyiyle birlikte verimde azalmalar kaydedildiği yönündedir (Turhan ve ark., 2014a). NaCl düzeylerinin hasat edilen baş salataların toplam yaprak sayıları üzerindeki etkileri önemli olurken (p<0.05), atılan yaprak sayısı üzerindeki etkisi istatistiksel anlamda önemli bir fark yaratmamıştır. Bununla birlikte, üretim dönemlerine göre yapılan değerlendirmede; NaCl düzeylerinin atılan yaprak sayısı üzerindeki etkisi %95 güvenle önemli bulunmuştur. 2. üretim döneminde 1. üretim dönemine oranla (%129) daha az miktarda yaprak atılmıştır. Baş salatanın toplam yaprak sayılarına yönelik elde edilen sonuçlar, baş salatanın toplam yaprak sayılarının belirlenmesi üzerine yapılan diğer çalışma sonuçlarıyla uyum içerisindedir (Kılıç ve ark., 2015; Fallovo et al., 2009; Patil et al., 2013). Benzer şekilde Al–Maskri et al. (2010) tarafından yapılan başka bir çalışmada; marul bitkisinde, artan tuz düzeylerinin yaprak sayısı azaldığı belirlenmiştir. Mola et al. (2013), kış mevsiminde tuzluluğun verimi, taze ağırlığı, azalttığını bildirmişlerdir. Araştırmacıların ulaştıkları bu sonuç, araştırmamızda artan NaCl düzeylerinin verim azalttığı noktasında benzerlik göstermektedir.



NaCl düzeylerinin bitki gelişimi ve kalite kriterleri üzerindeki etkilerini belirlemeye yönelik olarak gerçekleştirilen bitki Nitrat içeriği, Vitamin C içeriği, bitki kuru ağırlıkları, bitki baş çapı (en) ve baş yüksekliği (boy) ölçümlerine ilişkin sonuçlar Çizelge 2’de verilmiştir.

**Çizelge 2.** Üretim dönemlerinde tuzluluğun bitki gelişimi ve kalite parametreleri üzerindeki etkileri

		Nitrat içeriği (mg kg <sup>-1</sup> )	Vitamin C içeriği (mg g <sup>-1</sup> )	Kuru Ağırlık (%)	Bitki baş çapı (en) (cm)	Bitki baş yüksekliği (boy) (cm)
<b>Uygulamalar</b>	<b>S0</b>	223.21 b	5.49	7.68	20.18	19.40
	<b>S1</b>	359.58 a	5.42	6.39	18.07	18.93
	<b>S2</b>	418.98 a	5.38	6.97	17.73	17.93
	<i>LSD (0.05)</i>	133.89**	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.
<b>Dönemler</b>	<b>1. Ü.D.</b>	297.63	6.91 a	5.09 b	20.54 a	20.16 a
	<b>2.Ü.D.</b>	370.21	3.95 b	8.94 a	16.79 b	17.36 b
	<i>LSD (0.05)</i>	ö.d.	0.684**	3.246**	2.275**	2.440**
<b>1. Üretim Dönemi</b>	<b>S0</b>	286.027	7.47	4.59	21.10	18.93
	<b>S1</b>	290.66	6.67	6.60	20.87	20.67
	<b>S2</b>	316.22	6.58	4.07	19.67	20.87
	<i>LSD (0.05)</i>	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.
<b>2. Üretim Dönemi</b>	<b>S0</b>	160.39 b	4.25	8.71	16.47 ab	17.00 ab
	<b>S1</b>	428.51 a	3.51	10.77	19.27 a	19.87 a
	<b>S2</b>	521.73 b	4.09	7.34	14.60 b	15.20 b
	<i>LSD (0.05)</i>	189.347**	ö.d.	ö.d.	3.940**	4.226**

\*\* : p<0.05 önem düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunmaktadır.

Çizelge 2’ye göre; denemeye alınan farklı NaCl düzeylerinin baş salata yapraklarındaki nitrat içeriği üzerindeki etkisi istatistiksel anlamda önemli bir fark yaratmıştır (p<0.05) ve uygulanan NaCl konsantrasyonu arttıkça Nitrat miktarında artış saptanmıştır. En düşük nitrat içeriği NaCl uygulaması yapılmayan kontrol konusunda (S0) 223.21 mg kg<sup>-1</sup>, en yüksek nitrat içeriği ise aralarında rakamsal fark bulunan S1 ve S2 uygulamalarında, sırasıyla 359.58 ve 418.98 mg kg<sup>-1</sup> belirlenmiştir. Barbieri et al. (2011) tarafından, büyüme sırasındaki stres koşullarının hasat sonrası roka kalitesi üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmada; tuz stresi ve ışık etkisi altında büyüme döneminde yüksek tuz (100 mM NaCl) seviyesinde yapraklarda bulunan hem nitrat (%14), hem de nitrit (%3) içeriğinin azaldığı bildirilmiştir. Üründeki nitrat içeriği; yetiştirilen bitkiye, yetiştiricilik sitemine, bitkinin organlarına, kullanılan gübreleme reçetesine, yetiştirme dönemine bağlı olarak pek çok faktörün etkisi altında değişebilmektedir (Pitura and Michalojc, 2012; Duyar ve ark., 2013; Duyar ve ark., 2017). Mola et al. (2013) tuzluluğun marul kalitesini büyük ölçüde etkilemediğini ve aslında kış mevsiminde tuz stresinin nitrat içeriğini azalttığını ayrıca bitkilerdeki nitrat içeriğinin Avrupa sınırlarını aşmayan düzeylerde kaldığını, bunun sonucunda çiftçiler ve özellikle de tüketiciler için dikkate değer avantajlı bir durumun oluştuğunu bildirmiştir. Kış yetiştiriciliğinde artan tuz konsantrasyonuna karşın azalan nitrat içeriğinin; bahar yetiştiriciliğinde muhtemelen foto-oksidatif stres (yüksek ışık yoğunluğu) nedeniyle daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmacılar çalışmalarında; genel olarak, elektriksel iletkenliği 1.8 dS m<sup>-1</sup> den büyük olmayan tuzlu su ile sulamanın, marulun beslenme kalitesinden aşırı derecede ödün vermeksizin yaprakların nitrat içeriğini azalttığını ifade etmişlerdir. Çizelge 2’de farklı NaCl düzeylerinin, Vitamin C içeriği, bitki kuru ağırlığı, bitki baş çapı ve bitki baş yüksekliği üzerindeki etkileri istatistiksel anlamda önemli bulunmamasıyla birlikte, NaCl konuları arasında en yüksek değerlerin kontrol uygulamasından alındığı görülmektedir. NaCl düzeyi arttıkça Vitamin C içeriği, bitki kuru ağırlıkları, bitki baş çapı ve bitki boyuna ilişkin değerlerin azaldığı saptanmıştır. Vitamin C içeriği 5.38-5.49 mg g<sup>-1</sup> arasında değişmiştir ve tüm konularda birbirine yakın değerler almıştır. Turhan ve ark. (2014b) tarafından sarımsak üzerine gerçekleştirilen araştırma sonucunda; Vitamin C içeriğindeki azalmaya karşılık artan tuz stresi nedeniyle negatif doğrusal bir ilişki kurulmuştur. Tuzluluğun Vitamin



C içeriği üzerindeki etkilerini araştırmaya yönelik Pitura and Michalojc (2012) tarafından yapılan çalışma sonucu; marul (*Lactuca sativa*) yetiştiriciliğinde, yüksek toprak tuzluluğa bağlı olarak artan azot düzeyinin bir sonucu olarak vitamin C içeriğini azaldığını göstermiştir. Ancak, Bayram ve Daşgan (2018); domates genotiplerin meyvelerindeki C vitamini içeriklerinin, tuzluluğun yüksek olduğu koşullarda, kontrole göre arttığı ifade etmişlerdir. Kılıç ve ark. (2015), marul bitkisinde farklı dikim tarihi ve azot uygulamalarının etkisi araştırdıkları çalışmalarında; Vitamin C içeriğinin 11.79 - 13.45 mg g<sup>-1</sup> arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Bitkilerde, C vitamini içeriği ekim zamanı ve hasat tarihi gibi mevsimsel faktörlerden etkilenir ve genellikle hasat sonrası bozulma için belirteç olarak kullanılır (Sood et al., 2001). Çalışmamızdan elde edilen sonuçlar her ne kadar istatistiki anlamda önemli bir fark yaratmasa da NaCl kökenli tuzluluğun Vitamin C içeriğinde azalmalara sebep olması yönüyle Turhan ve ark. (2014b) tarafından elde edilen sonuçlarla daha uyumlu görünmektedir. Bu nedenle araştırmamızda Vitamin C içeriğine ilişkin değerlerin diğer araştırmacıların sonuçlarına oranla çok daha düşük bulunması iklim koşulları, kullanılan tuz kaynağı, yetiştiricilik sistemleri ve irdelenen NaCl düzeyleri arasındaki farklılıklardan kaynaklanabileceği düşünülmüştür.

Bitki kuru ağırlığına ilişkin sonuçlar incelendiğinde; kuru ağırlıkların NaCl düzeylerinden etkilenmediği görülmektedir. NaCl konularına göre 6.39-7.68 (%) arasında değişen kuru ağırlığa ilişkin belirlenen en yüksek değerler S2 uygulamalarındadır (%7.68). Ancak dönemler arasında istatistiki fark dikkati çekmektedir (Çizelge 2). Tuzluluk etkilerinin araştırıldığı pek çok araştırma sonuçları; birbirinden farklı olarak, tuzun bitkilerin taze ve kuru ağırlıkları üzerindeki etkisinin farklı olduğu ve bunun da tuzluluk kaynağını oluşturan mevcut tuz tipi ya da bitki türündeki farklılıklardan dolayı pozitif ya da negatif yönde etkilenebileceği ifade edilmiştir (Turan ve ark., 2007, Memon et al., 2010; Torabi, 2014; Akat ve Akat Saraçoğlu, 2017). Çalışmamızdan bitki kuru ağırlığına ilişkin olarak elde edilen sonuçların istatistiksel olarak olmasa da rakamsal olarak azalma göstermesi noktasında Turan ve ark. (2007) tarafından yapılan araştırma sonuçlarıyla uyum göstermektedir.

Çizelge 2'ye göre, farklı NaCl düzeyleri bitki baş çapında (en) ve baş yüksekliğinde (boy) üzerindeki etkisi istatistiksel anlamda önemli bulunmasa da, en düşük değerler yüksek NaCl düzeyi uygulamalarında saptanmıştır. Araştırmada, bitki baş çapına ilişkin değerler 17.73-20.18 cm ve baş yüksekliğine ilişkin değerler 17.93 -19.40 cm arasında değişmiştir. Üretim dönemlerinde en düşük bitki baş çapı ve yüksekliği, sırasıyla 17.73 cm ve 17.93 cm ile S2 konularında belirlenmiştir. Baş yüksekliğine ilişkin sonuçlar, topraksız tarım tekniğinde marul yetiştiriciliğine yönelik yapılan diğer çalışmalarla uyum içinde olmakla birlikte daha düşük düzeydedir. Bu farklılığın da yetiştiriciliğin gerçekleştirildiği ekolojik ve iklim koşullarındaki değişimle ilintili olduğu düşünülmektedir. Tuzlu koşullarda gerçekleştirilen marul yetiştiriciliğine ilişkin pek çok araştırma sonucu; tuzluluk konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak değişmekle birlikte, artan tuzluluğun bitki baş çapını ve bitki boyunu azaltıcı etkileri olduğu noktasında birleşmiştir (Yagmur ve ark., 2010; Mola et al., 2013; Çamoğlu ve Demirel, 2015). Bu da araştırmamızdan elde edilen sonuçların daha düşük bulunması noktasında destekler niteliktedir.

### **Yaprak Oransal Su Kapsamı ve Bitki Yapraklarında Membran Zararlanma İndeksine İlişkin Sonuçlar**

Her iki üretim döneminde marul bitkisi için, NaCl uygulamasından 1 ay sonra başlatılarak hasada kadarki süreçte 2'şer kez olacak şekilde yapraklarda oransal su kapsamına ve membran zararlanma indeksine ilişkin analizleri gerçekleştirilmiştir. NaCl uygulamasının yarattığı tuzluluğun bitki yaprak oransal su kapsamı ve membran zararlanma indeksi üzerindeki etkilerinin istatistiksel değerlendirmesi Çizelge 3'te verilmiştir.

**Çizelge 3.** Üretim dönemlerine göre yaprak oransal su kapsamı ve membran zararlanma indeksi

		YOSK (%)	TK (%)	MZİ (%)
Uygulamalar	S0	96.17 a	3.55 c	-
	S1	86.53 b	11.57 b	11.54 b
	S2	78.29 c	20.77 a	29.60 a
	LSD (0.05)	3.025**	4.296**	2.613**
Dönemler	1. Ü.D.	87.14	11.54	17.76 b
	2.Ü.D.	86.85	12.39	23.39 a
	LSD (0.05)	ö.d	ö.d	2.613**
1. Üretim Dönemi	S0	94.90	4.69	-
	S1	87.72	9.41	10.88 b
	S2	78.79	20.51	24.64 a
	LSD (0.05)	ö.d	ö.d	3.695**
2. Üretim Dönemi	S0	97.43	2.41	-
	S1	85.33	13.73	12.20b
	S2	77.78	21.027	34.58a
	LSD (0.05)	ö.d	ö.d	3.695**

\*\* :  $p < 0.05$  önem düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunmaktadır.

Buna göre; farklı NaCl düzeylerinin, yaprak oransal su kapsamı ve turgor kaybı üzerindeki etkisi %95 güven düzeyinde önemlidir. Kontrol uygulamasına ilave edilerek arttırılan NaCl konsantrasyonuna karşılık yaprak oransal su kapsamı azalmıştır. Uygulama konuları arasında en yüksek yaprak oransal su kapsamı %96.17 ile kontrol uygulamasında (S0), en düşük yaprak oransal su kapsamı ise %78.29 ile en yüksek tuz içeriğine sahip konuda (S2) belirlenmiştir. Denemeye alınan NaCl konuları arasında en yüksek turgor kaybı %20.77 ile en yüksek NaCl düzeyi uygulamasında (S2), en düşük değerler ise %3.55 ile kontrol uygulamasında (S0) saptanmıştır. Çalışmada yaprak oransal su kapsamı istatistiksel değerlendirme sonuçları, Sivritepe (2000) tarafından asma yetiştiriciliğinde tuzlu koşulların etkilerinin araştırıldığı çalışmadan elde edilen; tuz konsantrasyonlarındaki artışın yaprak oransal su kapsamında azalmaya, turgor kaybında ise artışa neden olduğu yönündeki sonuçlarla uyumludur. Yüksek yaprak oransal su kapsamı ve düşük turgor kaybı değerlerinin kontrol grubunda belirlenmesi; Garmendia and Mangas (2014) tarafından gerçekleştirilen marul yetiştiriciliğinde bitkilere uygulanan düşük tuz konsantrasyonlarının, yaprak oransal su kapsamında değişime neden olmadığı sonucuyla tutarlı görünmektedir. Ayrıca, araştırmacıların sonuçlarıyla uyumlu olarak, araştırmamızda denenen 2.85 ve 3.85 dS m<sup>-1</sup> gibi kontrole göre daha yüksek NaCl tuz konsantrasyonları yaprak oransal su kapsamında azalmaya neden olmuştur. Tuzlu koşullarda yetiştiriciliği gerçekleştirilen bazı sebze, tarla bitkileri ve kesme çiçek türlerinde (Marul, kavun, biber, mısır, gerbera ve sahil karanfili) tuzluluğun etkilerinin araştırıldığı çalışmalar sonucunda; artan tuz düzeylerinin yaprak oransal su içeriğini azalttığını ve tuz uygulanmayan konularında ise yüksek yaprak oransal su kapsamı değerlerine ulaşıldığı saptanmıştır (Çamoğlu ve ark., 2015; Kuşvuran, 2010; Bora, 2015; Yakıt ve Tuna, 2006; Akat, 2008; Akat ve Özzambak, 2013; Akat ve Özzambak, 2014). Araştırmacıların sonuçları çalışmamızdan yaprak oransal su kapsamına ilişkin elde edilen bulgularla benzerlik göstermektedir.

Çizelge 3'te her iki üretim döneminde de NaCl düzeylerinin membran zararlanma indeksi üzerindeki etkisi %95 güven düzeyinde farklılık yaratmıştır. En yüksek membran zararlanma indeksi %29.60 ile S2 konusunda, en düşük membran zararlanma indeksi ise %11.54 ile S1 konusunda tespit edilmiştir. Bitki hücreleri içerisinde suda erimiş formda bulunan maddeler, tuzluluğun neden olduğu zararlar neticesinde zar dışındaki boşluğa akarak bitki dokularındaki iletkenlik değerini yükseltmektedir (Arslan, 2011). Bu sonuç, çalışmamızdan elde edilen bu sonuçları destekler görünmektedir. Tuzlu koşullarda yetiştiriciliği gerçekleştirilen iç mekan sukkulent süs bitkileri, sebze, tarla bitkileri (Aloe vera, buğday, hıyar, arpa, karpuz ve ıspanak) üzerine yürütülen bazı araştırmalar; artan tuz stresinin bitki

türlerine bağlı olarak değişen düzeylerde hücre membran zararlanmasını artırıcı etkiler yaratmıştır (Zheng et al., 2004; Faroq and Azam, 2006; Zhu et al., 2008; Perez-Lopez et al., 2008; Süyüm, 2011; Devenci ve Tuğrul, 2017). Araştırmacılar tarafından elde edilen bu sonuçlar marul üzerine gerçekleştirilen araştırma sonuçlarımıza paralel olarak; artan NaCl konsantrasyonunun yaprak hücrelerinde membran zararlanma oranının giderek artırdığı yönündedir.

## SONUÇ

Elde edilen bulgular topluca değerlendirildiğinde; artan düzeylerdeki NaCl baş salata yetiştiriciliğinde verimi, yaprak oransal su kapsamını olumsuz etkilediği ve yaprak hücrelerindeki membran zararlanma indeksini artırdığı sonucuna varılmıştır. Bitki gelişimi ve kalitesine yönelik Vitamin C içeriği, bitki kuru ağırlığı, bitki baş çapı ve bitki boyu gibi bazı parametreler üzerindeki etkisi artan NaCl düzeyleriyle birlikte azalma gösterse de bu sonuçların istatistiksel anlamda önemli bir fark yaratmadığı görülmüştür. Bu sonuç doğrultusunda, topraksız tarım baş salata yetiştiriciliğinin belli bir konsantrasyondaki kötü kaliteli sulama sularının kullanılarak gerçekleştirilebileceği yaklaşımı yapılabilir.

## TEŞEKKÜR

Ege üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri 2017-BAMYO-001 kapsamında yürütülen bu çalışmaya destek sağlayan Ege Üniversitesine Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü bünyesinde görev alan komisyon üyelerine teşekkürlerimizi sunarız.

## KAYNAKLAR

- Akat H, 2012. Tuz stresi koşullarında yetiştirilen *Limonium sinuatum* (Statice) bitkisinde kalsiyum uygulamalarının verim ve gelişim üzerine etkisi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmış).
- Akat H, Özzambak M, 2013. Örtü Altı Tuzlu Koşullarda Yetiştirilen *Limonium sinuatum* Bitkisinde Kalsiyum Uygulamalarının Stres Parametreleri Üzerine Etkileri. Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 10(1): 48-58.
- Akat H, Özzambak M, 2014. The Effects of Ca Application on Some Stress Parameters Under Salinity Conditions in the Open Field Growing of *Limonium Sinuatum*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 51(1): 59-68.
- Akat H, Saraçoğlu-Akat Ö, 2017. The Effects of Organic Substances and Foliar Calcium Applications on *Limonium sinuatum* Cultivation in Saline Conditions. Current Trends in Science and Landscape Management. M Hasanuzzaman, K.R. Hakeem, K Nahar, H Alharby (eds), Sofia St. Kliment Ohridski University Press, Chapter: 25, 285-295 pp.
- Akat Ö, 2008. Farklı Tuzluluk Düzeyleri ve Yıkama Oranlarının Gerbera Bitkisinde Gelişim, Verim, Kalite ve Su Tüketimi Üzerine Etkileri, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmış).
- Alberici A, Quattrini E, Penati M, Martinetti L, Gallina PM, Ferrante A, Schiavi M, 2007. Effect of The Reduction of Nutrient Solution Concentration on Leafy Vegetables Quality Grown in Floating System. International Symposium on High Technology for Greenhouse System Management: Greensys2007. De Pascale S ve ark. (eds). Acta Horticulturae, 801: 1167-1176.
- Allakhverdiev SI, Sakamoto A, Nishiyama Y, Inaba M, Murata N, 2000. Ionic and Osmotic Effects of NaCl-Induced Inactivation of Photosystems I and II in *Synechococcus* sp. Plant Physiology, 123(3): 1047-1056.
- Al-Maskri A, Al-Kharusi L, Al-Miqbali H, 2010. Effects of Salinity Stress on Growth of Lettuce (*Lactuca sativa*) Under Closed-Recycle Nutrient FilmT. International Journal of Agriculture and Biology 12: 377-380.
- Andriolo JL, Gean LD, Maiquel HW, Rodrigo DSG, Gis OCB, 2005. Growth and Yield of Lettuce Plants Under Salinity. Horticultura Brasileira, 23(4) : 931-934.
- Anonim, 2019. World Water Assessment Programme 2009. The United Nation World Water Development Report 3. Water in a Changing World. Paris UNESCO and London Earthscan (Erişim Tarihi: 17.11.2019).

- Arslan A, 2011. Biberde 24-Epibrassinolid Uygulamaları ile Kuraklık Stresine Karşı Toleransın Artırılması, Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Barbieri G, Bottino A, Stasio ED, Vallone S, Maggio A, 2011. Proline and Light as Quality Enhancers of Rocket (*Eruca sativa* Miller) Grown Under Saline Conditions. *Scientia Horticulturae* 128: 393–400.
- Bayram M, Daşgan HY, 2018. Tuza Tolerant Bazı Domates Genotiplerinin Arazi Performanslarının Belirlenmesi. *Çukurova Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 36 (5):107-116.
- Bora M, 2015. Değişik Vejetasyon Dönemlerine Kadar Uygulanan Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Biberde Meydana Getirdiği Fizyolojik, Morfolojik ve Kimyasal Değişikliklerin Belirlenmesi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Cassaniti C, Romano D, Hop MECM, Flowers TJ, 2013. Growing Floricultural Crops with Brackish Water. *Environmental and Experimental Botany*, 92: 165-175.
- Cataldo DA, Haroon M, Schrader LE, Youngs VL, 1975. Rapid Colorimetric Determination of Nitrate In Plant Tissue by Nitration of Salicylic Acid. *Communications in Soil Science & Plant Analysis*, 6: 71-80.
- Çamoğlu G, Demirel K, 2015. Marulda Farklı Tuz ve Potasyum Uygulamalarının Verim ve Bazı Fizyo-Morfolojik Özelliklere Etkileri. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3 (1): 89–97.
- Deveci M, Tuğrul B, 2017. İspanakta Tuz Stresinin Yaprak Fizyolojik Özelliklerine Etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 6 (Özel Sayı): 89 – 98.
- Duyar H, Kılıç CC, Tüzel Y, 2017. Yüzen Su Kültüründe Tere ve Roka Üretiminde Tuz Stresinin Etkisi. Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Sonuç Raporu, 2013- BAMYO-002.
- Duyar H, Tüzel Y, Kılıç CC, Öztekin GB, 2013. Bazı Yaprakları Yenen Sebze Türlerinin Su Kültüründe Yetiştiriciliği Üzerinde Araştırmalar. Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Sonuç Raporu, 2009-BAMYO-002.
- Falovo C, Roupael Y, Rea E, Battistelli A, Colla G, 2009. Nutrient Solution Concentration and Growing Season Affect Yield and Quality of *Lactuca sativa* L. var. *acephala* in Floating Raft Cultur. *Journal Science Food and Agriculture*, 89: 1682–1689.
- Fan S, Blake T, 1994. Abscisic Acid Induced Electrolyte Leakage in Woody Species With Contrasting Ecological Requirements. *Physiologia Plantarum*, 90: 414-419.
- Faroq S, Azam F, 2006. The Use of Cell Membrane Stability (Cms) Technique to Screen for Salt Tolerant Wheat Varieties. *Journal of Plant Physiology*, 163: 629-637.
- Garmendia I, Mangas VJ, 2014. Comparative Study of Substrate-Based and Commercial Formulations of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Romaine Lettuce Subjected to Salt Stress. *Journal of Plant Nutrition*, 7: 1717–1731.
- Grieve CM, Grattan SR, Maas EV, 2012. Plant Salt Tolerance. In: WW Wallender and KK Tanji (eds.) ASCE Manual and Reports on Engineering Practice No. 71 Agricultural Salinity Assessment and Management (2<sup>nd</sup> Edition). ASCE, Reston, VA. Chapter 13 pp: 405-459.
- Gül A, Öztan F, Eroğul D, Yağmur B, Ongun AR, 2003. The Use of Organic Manure For Iceberg Lettuce Plants Grown In Substrates. *International Symposium on The Horizons of Using Organic Matter and Substrates in Horticulture*, pp:53-57.
- Güneş A, Alpaslan M, İnal A, 2010. Bitki Besleme ve Gübreleme. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın no: 1581, Ders kitabı: 533.
- Hamdi MM, Boughattas I, Chikh-Rouhou H, Souhli E, Bettaieb T, 2014. Effect of Different Levels of Nitrogen Fertilizer on Morphological and Physiological Parameters and Nitrates Accumulation of Lettuce Cultivars (*Lactuca sativa* L.). *Research in Plant Biology*, 4 (4): 27-38.
- Jensen MH, 1997. Hydroponics. *Hortscience*, 32 (6): 1018-1021.
- Kacar B, 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri II, Bitki Analizleri. A.Ü. Ziraat Fakültesi yayınları 453. Uygulama kılavuzu 155: 37-49.
- Kardüz Y, Tüzel Y, Öztekin GB, 2015. Kapılar Sistemde Salata-Marul Yetiştiriciliğinde Mikoriza Uygulaması. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 52 (2):151-159.

- Kılıç CC, Duyar H, Akat Saraçoğlu Ö, Pekcan T, 2015. Topraksız Tarım Iceberg Marul Yetiştiriciliğinde Farklı Azot Dozlarının ve Dikim Tarihlerinin Verim, Besin Maddeleri ve Kalite Üzerine Etkisi. Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Sonuç Raporu, 2015/BAMYO/002.
- Kuşvuran Ş, 2010. Kavunlarda Kuraklık ve Tuzluluğa Toleransın Fizyolojik Mekanizmaları arasındaki Bağlantılar, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmış).
- Kuşvuran Ş, Daşgan HY, Abak K. 2011. Farklı Kavun Genotiplerinin Kuraklık Stresine Tepkileri. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 23(3): 209-219.
- Küçükahmetler Ö, 2003. Farklı *Lisianthus (Eustoma Grandiflorum Raf. Shinn)* Çeşitlerinde In vitro ve In vivo koşullarda Tuz Stresinin Büyüme ve Gelişmeye Etkisi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmış).
- Maloupa E, 2002. Hydroponic systems. Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals, Embryo Publications, D Savvas and H Passam (eds.), Embryo Publications, Athens, pp: 143 – 178.
- Mascarini L, Delfino OS, Vilella F, 2001. Evapotranspiration of Two *Gerbera Jamesonii* Cultivars in Hydroponics: Adjustment of Models for Greenhouses. Proc. ISOSC Congress 2000. A Bar-Tal & Z Plaut (eds). Acta Horticulturae, 554: 261 – 269.
- Memon, S.A., Hou, X., Wang, L.J., 2010. Morphological Analysis of Salt Stress Response of Pak Choi. Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry, 9 (1): 248–254.
- Mola I, Mori M, Chiaranda FQ, 2013. Interaction Between Salinity and Crop Cycle: Effect on Yield and Quality of Lettuce. International Journal of Agricultural Science and Research (IJASR), 3(1): 63-88.
- Niu G, Cabrera RI, 2010. Growth and Physiological Responses of Landscape Plants to Saline Water Irrigation: A Review. HortScience, 45: 1605–1609.
- Pasternak D, De Malachy Y, Borrovc I, Shram M, Avıram, C, 1986. Irrigation With Brackish Water Under Desert Conditions. IV. In: Salt Tolerance Studies With Lettuce. Agriculture Water Management, 11: 303-311.
- Patil T, Singh M, Khanna M, Singh DK, Hasan M, 2013. Response of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) to Trickle Irrigation under Different Irrigation Intervals, N Application Rate and Crop Geometry . Indian Journal of Agricultural Economics, 68 (4): 573-582.
- Pearson D, 1970. The Chemical Analysis of Foods (6<sup>th</sup> edn). Chemical Publishing Co Inc, New York, USA.
- Perez-Lopez U, Robredo A, Lacuesta M, Mena-Petite A, Munoz-Rueda A, 2008. The Impact of Salt Stress on the Water Status of Barley Plants is Partially Mitigated by Elevated CO<sub>2</sub>. Environmental and Experimental Botany, 66 (3): 463-470.
- Pitura K, Michalojc Z, 2012. Influence of Nitrogen Doses on Salt Concentration, Yield, Biological Value and Chemical Composition of Some Vegetables Plants Pieces. Part (I) Yield and biological Value. Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus, 11(6): 145- 153.
- Quamme HA, Stushnoff C, 1983. Resistance to Environmental Stress. In: Moore JN, Janick J (eds) Methods in Fruit Breeding. Purdue University Press, West lafayette, India, pp:242-266.
- Rhoades JD, Kandiah A, Mashali AM, 1992. Saline Waters as Resources. The Use of Saline Waters or Crop Production, FAO Irrigation and Drainage Paper, 48, Food and Agriculture Organization of The United Nations, Rome, 133 p. 5-10.
- Savvas D, Gianquinto G, Tuzel Y, Gruda N, 2013. FAO Plant Production and Protection Paper 217. GAPs for Greenhouse Vegetable Crops: Principles for Mediterranean Climate Areas. Chapter: 12, Soilless Culture, pp: 303-352.
- Sevgican A, 2002. Örtüaltı Sebzeçiliği (Topraksız Tarım) Cilt – II, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, İzmir.
- Shannon MC, Grieve CM, 1999. Tolerance of Vegetable Crops to Salinity. Scientia Horticulturae, 78: 5-38.
- Sivritepe N, 2000. Physiological Changes In Grapevines Induced by Osmotic Stres Originated From Salt and Their Role In Salt Resistance. Turkish Journal of Biology, 24: 97-104.
- Sood M, Malhotra SR, 2001. Effects of Processing and Cooking on Ascorbic Acid Content of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Varieties. Journal of the Science of Food and Agriculture, 82 (1): 65–68.



- Süyüm K, 2011. Karpuz Genetik Kaynaklarının Tuzluluk ve Kuraklığa Tolerans Seviyelerinin Belirlenmesi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Torabi M, 2014. Physiological and Biochemical Responses of Plants to Salt Stress. The 1<sup>st</sup> International Conference on New Ideas in Agriculture. Ismaic Azad University Khorasgan Branch. 26-27 January, Isfahan, Iran.
- Turan MA, Kalkat V, Taban S, 2007. Salinity-Induced Stomatal Resistance, Proline, Chlorophyll and Ion Concentrations of Bean. *International Journal of Agricultural Research*, 2 (5): 483–488
- Turhan A, Kuscü H, Özmen N, Demir AO, 2014b. Farklı Tuzluluk Düzeylerinin Sarımsakta (*Allium sativum* L.) Verim ve Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 20: 280-287.
- Turhan A, Kuscü H, Özmen N, Serbeci MS, Demir AO, 2014a. Effect of Different Concentrations of Diluted Seawater on Yield and Quality of Lettuce. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 74: 111–116.
- TÜİK, 2019. Türkiye İstatistik Kurumu Verileri. [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1001](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001) (Erişim Tarihi: 05.03.2020).
- Türkan İ, Bor M, Özdemir F, Koca H, 2005. Differential Responses of Lipid Peroxidation and Antioxidants in the Leaves of Drought-Tolerant *P. acutifolius* Gray and Drought Sensitive *P. vulgaris* L. Subjected to Polyethylene Glycol Mediates Water Stress. *Plant Science*, 168: 223-231.
- Villora G, Moreno A, Pulgar G, Romero L, 2000. Yield Improvement in Zucchini Under Salt Stress: Determining Micronutrient Balance. *Scientia Horticulturae*, 86: 175-183.
- Yagmur B, Aydın S, Okur B, Coskun A, 2010. Effect of Salt in Irrigation Water on Some Physical and Chemical Properties of Lettuce Plant and Soil. *Asian Journal of Chemistry*, 22 (1): 531–538.
- Yakıt S, Tuna AL, 2006. The Effects of Ca, K and Mg On The Stress Parameters of The Maize (*Zea mays* L. ) Plant Under Salinity Stress. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 19 (1): 59-67.
- Yanmaz R, Duman İ, Yaralı F, Demir K, Sarıkamış G, Sarı, N, Balkaya A, Kaymak HÇ, Akan S, Özalp R, 2015. Sebze Üretiminde Değişimler ve Yeni Arayışlar. Türkiye ZMO VIII. Türkiye Ziraat Mühendisleri Teknik Kongresi, Bildiriler Kitabı Cilt 1, s.579-600.
- Zheng QS, Liu ZP, Liu YL, Liu L, 2004. Effects of Iso-Osmotic Salt and Water Stresses on Growth and Ionic Distribution in Aloe Seedlings. *Journal of Plant Ecology*, 28 (6), 823-827.
- Zhu J, Bie Z, Li Y, 2008. Physiological and Growth Responses of Two Different Salt-Sensitive Cucumber Cultivars to NaCl Stress. *Soil Science and Plant Nutrition*, 54: 400–407.

## Herbisite Dayanıklı Mutant Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Hatlarında Bazı Bitkisel Özelliklerin Belirlenmesi

Ömer EĞRİTAŞ<sup>1</sup>, Mustafa TAN<sup>2\*</sup>, Kamil HALİLOĞLU<sup>3</sup>

**ÖZET:** Bu araştırma kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)'nın 2 çeşidine (Titicaca ve Moqu Arrochilla) ait M<sub>2</sub> seviyesindeki mutant hatların bazı morfolojik özelliklerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Hatlar; 2018 yılında tohumlara sodyum azid uygulayarak mutasyon oluşturulmuş ve M<sub>1</sub> seviyesinde tarla şartlarında herbisite dayanıklı olarak belirlenmiş materyallerdir. Dayanıklılık gösteren bitkilerden elde edilen M<sub>2</sub> tohumları ile 2019 yılında serada saksı çalışması yürütülmüştür. Çalışmada her iki çeşitten 6'şar hat ve kontrol çeşidi şansa bağlı tam parseller deneme desenine göre saksılara ekilmişlerdir. İki ay sonra saksılardaki bitkiler kökleri ile çıkarılmış; bitki boyu, kök uzunluğu, kuru fide ve kök ağırlığı, sap kalınlığı ve yaprak sayısı gibi morfolojik özellikler belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar çeşitlerin mutagen uygulamasından farklı derecelerde etkilendiğini ortaya koymuştur. Hatların bazı özellikleri kontrol çeşitlerinin gerisinde kalırken, bazı özellikleri kontrolden daha üstün bulunmuştur. Titicaca'da ET-6 hattı bitki boyu, ET-5 fide ağırlığı, ET-1 ve ET-5 kök ağırlığı ve ET-1 sap kalınlığı yönünden ön plana çıkan hatlardır. M. Arrochilla çeşidinde ise EM-4 ve M-114 bitki boyu, EM-5 kök uzunluğu, M-103 fide ağırlığı, EM-5 kök ağırlığı ve EM-4 sap kalınlığı yönünden daha iyi durumda bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Mutasyon, herbisite dayanıklılık, *Chenopodium quinoa*, morfolojik özellikler

## Determination of Some Plant Properties in Herbicide Resistant Mutant Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Lines

**ABSTRACT:** This research was carried out to determine some morphological properties of the M<sub>2</sub> level mutant lines of 2 varieties (Titicaca and Moqu Arrochilla) of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Lines; in 2018, mutations were created by applying sodium azide to the seeds and they were determined to be herbicide tolerant field conditions at the M<sub>1</sub> level. A pot study was carried out in the greenhouse in 2019 with M<sub>2</sub> seeds obtained from resistant plants. In the study, 6 lines of each variety and the control were planted in pots according to the completely randomized plots experimental design. Two months later, the plants in the pots were taken with their roots; morphological features such as plant height, root length, dry seedling and root weight, stem thickness and number of leaves were determined. The obtained results showed that cultivars are affected to varying degrees by mutagen application. While some features of the lines lagged behind the control varieties, some features were found to be superior to control. In Titicaca, the ET-6 line stands out in terms of plant height, ET-5 seedling weight, ET-1 and ET-5 root weight and ET-1 stem thickness. In M. Arrochilla cultivar, EM-4 and M-114 were better in terms of plant height, EM-5 root length, M-103 seedling weight, EM-5 root weight and EM-4 stem thickness.

**Keywords:** Mutation, herbicide resistance, *Chenopodium quinoa*, morphological features

<sup>1</sup> Ömer EĞRİTAŞ (Orcid ID: 0000-0002-9628-0048), Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu, Ordu, Türkiye

<sup>2</sup> Mustafa TAN (Orcid ID: 0000-0001-7939-7087), Trakya Üniversitesi Havsa Meslek Yüksekokulu, Park ve Bahçe Bitkileri Bölümü, Edirne, Türkiye

<sup>3</sup> Kamil HALİLOĞLU (Orcid ID: 0000-0002-4014-491X), Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Erzurum, Türkiye,

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mustafa TAN, e-mail: mustafatan@trakya.edu.tr

\* Bu çalışma Ömer EĞRİTAŞ'ın Doktora Tezinden üretilmiştir.

## GİRİŞ

Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Amaranthaceae familyasından tek yıllık bir bitki olup, dünyaya Güney Amerika'daki And Dağlarından yayılmıştır. Ülkemizde yeni yeni tanınmaya başlayan bu bitki Güney Amerika'da yerli halklar tarafından binlerce yıldır yetiştirilmektedir (Vega-Galves ve ark., 2010). Güney Amerika'da 3800 m rakıma kadar yetiştiği bilinmektedir (Bhargava ve ark., 2006). Bu özelliğinden dolayı ülkemizin yüksek rakımlı platolarında alternatif bir ürün olarak yetiştirilebilir.

Ülkemizin hemen hemen bütün bölgelerinde kinoa yetiştiriciliği konusunda çalışmalar yapılmaktadır. Ancak geleneksel bitkilerimizden farklı olarak kinoa, tarımı zor bir bitkidir. Tarımındaki en büyük zorluk yabancı ot mücadelesinden kaynaklanmaktadır (Tan ve Temel, 2019). Kinoa geniş yapraklı bir tür olup, *Dicotyledoneae* sınıfındadır. Ülkemiz tarım arazilerinde çok yaygın olan sirken (*Chenopodium album*) ve kırmızı köklü horozibiği (*Amaranthus retroflexus*) ile akrabadır ve morfolojik olarak benzerlik gösterir. Kinoa tarımında bu yabancı otlara karşı etkili bir mücadelenin yapılması gerekir. Aksi taktirde yabancı otlar verimi düşürmekte ve ürüne karışarak pazar değerini azaltmaktadır. Ekim öncesi temiz bir tohum yatağı hazırlamak ve çıkış öncesi herbisitler kullanmak ilk akla gelen mücadele yöntemleridir. Kinoa geniş alanlarda ekildiğinden sıra üzeri yabancı otların çapalanması pratik ve ekonomik değildir. Bu nedenle çıkış sonrası sıra üzerindeki yabancı otlar için herbisit kullanmak en pratik çözümdür. Fakat geniş yapraklı yabancı otlar için atılan herbisitler kinoayı da öldürmektedir. Cowbrough (2015) geniş yapraklılara atılan ve etkili maddesi pyroxasulfone, clomazone, ethofumesate ve halosulfuron olan herbisit uygulamalarının kinoaya %100 zarar verdiğini, s-metolachlor/benoxacor ve pendimethalin uygulamalarının ise zararının %20-80 arası olduğunu bildirmiştir. Zararın az olduğu uygulamalarda yabancı otlara olan etkinin de azaldığını ifade etmiştir. Zaten kinoa yetiştiriciliğinde geniş yapraklı yabancı otlara karşı kullanılacak ruhsatlı herbisitler bulunmamaktadır (Bilalis ve ark., 2013; Mestanza ve ark., 2015).

Kinoa yetiştiriciliğinde geniş yapraklı yabancı otlar için önleyici tedbirler ve mekanik mücadele tedbirleri yeterli gelmemekte, kimyasal tedbirler ise uygulanamamaktadır. Bu durumda kinoada herbisitlere dayanıklılık geliştirme yönünde yapılacak çalışmalar ön plana çıkmaktadır. Dayanıklılık ıslahında kullanılan yöntemlerden birisi de mutasyon oluşturmaktır. Eğer uygulanan herbisitlere dayanıklı genotipler elde edilirse geniş alanlarda kimyasal yabancı ot mücadelesi kolaylaşacaktır.

İmidazolinon grubu herbisitler, bitkilerde bazı amino asitlerin biyosentezinde kritik bir enzim olan asetohidroksiasit (AHAS) enzimini inhibe ederek yabancı ot kontrolünü sağlarlar. Bu herbisitler geniş spektrumlu olarak hem dar yapraklı ve hem de geniş yapraklı yabancı otların kontrolünde başarılı bir şekilde kullanılmaktadırlar. Ayrıca bu herbisitler düşük uygulama oranında oldukça etkili, düşük memeli toksisitesine ve çevre için tercih edilebilir profile sahiptirler. İmidazolinon ile AHAS enziminin aktivitesinin inhibe edilmesine hassas olmayan bitkilerin geliştirilmesi o bitki için yabancı ot kontrolündeki başarı şansını yükseltmektedir. Böyle bir bitkide, herhangi bir imidazolinon herbisitleri, fitotoksidite problemi olmadan rahatlıkla kullanılabilirler (Newhouse ve ark., 1992; Pozniak ve ark., 2004). Böylece yabancı otlarla tam anlamıyla bir mücadele sağlanabilir. Böyle bir herbiste dayanıklı kinoa bitkisinin geliştirilmesi ile üreticiler daha rahat, etkili, güvenli ve daha ekonomik bir yabancı ot kontrolü yapabilirler. Günümüzde, imidazolinon herbisitine dayanıklı birçok ticari çeşit klasik ıslah metotları ile geliştirilmiştir. Bunlar arasında mısır, çeltik, kolza, şekerkamışı ve buğday sayılabilir (Tan ve ark., 2005; Koch ve ark., 2012). Amerika Birleşik Devletleri'nde Clearfield ticari ismi altında imidazolinon herbisitine dayanıklı buğday çeşidi piyasaya sürülmüştür. Kinoada imidazolinon grubu herbisitlere dayanıklı çeşit henüz geliştirilmemiş olmakla birlikte yoğun çalışmalar

yapılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, klasik ıslah yöntemleri (mutasyon ve seleksiyon) kullanarak geliştirilmiş kinoa hatlarının bazı bitkisel özelliklerinin belirlenmesidir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma 2019 yılında Atatürk Üniversitesi Bitkisel Üretim, Araştırma ve Uygulama Merkezi seralarında saksı çalışması olarak yürütülmüştür. Bu çalışmada daha önceden mutagen uygulaması yapılarak geliştirilmiş kinoanın M<sub>2</sub> generasyonu kullanılmıştır. Mutasyon uygulamaları kinoanın Doğu Anadolu şartlarına uygun Titicaca ve Moqu Arrochilla (Tan ve Temel, 2018) çeşitleri kullanılarak 2018 yılında başlatılmıştır. Tohumlara kimyasal mutagen olarak sodyum azid uygulanmıştır. Bu uygulama ABD’de imi-herbisitine dayanıklı buğday geliştirilmesinde takip edilen yöntemler kullanılarak yapılmıştır (Newhouse ve ark., 1992). Bu tohumlar 2018 yaz döneminde tarlaya ekilerek M<sub>1</sub> generasyonu tohumlar üretilmiştir. Bu tohumlar 2019 yılında tarla şartlarında ekilerek etkili maddesi imazamox olan total herbisit uygulanmıştır. Bitkiler 2-3 yapraklı döneme ulaştığında yeşil aksam için 3 g ai/da imazamox uygulanmış, dayanıklılık gösteren bitkiler işaretlenerek M<sub>2</sub> tohumları üretilmiştir. Tarla şartlarında yürütülen bu aşamada 20 bin bitki taranmıştır. Alınan tohumlar sera şartlarında saksılara ekilerek bitkilerin dayanıklılıkları tekrar test edilmiştir. Bu test çalışmaları sonucunda genotiplerin büyük çoğunluğu elemine edilmiş ve her iki çeşitten de dayanıklılığı yüksek olan 6’şar bitki bulunmuştur. Seçilmiş olan bitkilerin tohumları ile sera şartlarında saksı çalışmaları başlatılmıştır.

Saksı çalışmaları Eylül-Aralık döneminde her bir çeşitten seçilmiş 6 hat ve kontroller kullanılarak yürütülmüştür. 2 çeşit, 6’şar hat ve 3 tekerrürden oluşan denemeler toplam 42 saksı ve şansa bağlı tam parseller deneme deseni kullanılarak yürütülmüştür. Her bir saksıya 5 tohum ekilmiş, çıkış sonrası 3 bitki kalacak şekilde seyreltilmiştir. Her bir saksıdaki veri 3 bitkinin ortalamasından alınmıştır (Akçay ve Tan, 2019). Bitkilerin 2 ay büyümesine izin verilmiş ve bitki boyu, kök uzunluğu, bitki kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı, sap kalınlığı ve yaprak sayısı belirlenmiştir. Her bir çeşit kendi içerisinde istatistiksel analize tabi tutulmuştur. Elde edilen veriler MSTAT-C paket programı yardımı ile analiz edilmiş ve önemli bulunan farklılıklar LSD çoklu karşılaştırma testi ile gruplandırılmıştır (Yıldız ve Bircan, 1991).

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Kinoa çeşit ve hatlarına ait bitki boyları her iki çeşitte de farklılık göstermiş ve bu farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 1). Uygulama yapılmamış kontrol Titicaca’da bitki boyu 13.0 cm olarak belirlenmiştir. Buna karşılık uygulama yapılmış ve herbiste dayanıklı olarak seçilmiş hatların boyları 13.5-22.6 cm arasında bulunmuştur. Hatların tamamı kontrol çeşidinden daha uzun boylu olmuş, ET-6 ve ET-7 hatlarında bu farklılık önemli bulunmuştur. M. Arrochilla çeşidinde ise bazı hatlar kontrol çeşidini geçmekle birlikte kontrol çeşidi yüksek boy grubunda yer almıştır. Hatlardan M-103 ve M-109 kısa boylu olarak belirlenmişlerdir. Bu sonuçlar mutagen uygulaması ve buna bağlı olarak yapılan seleksiyonun bitki boyunda çeşitlere göre farklı sonuçlar verdiğini göstermektedir. Titicaca çeşidinde boy uzaması görülürken, M. Arrochilla çeşidinde bazı hatlarda belirgin olarak kısalma görülmüştür. Bu durum daha önce yapılmış olan seleksiyonun bitki boyu dikkate alınmaksızın tamamen herbiste dayanıklılık esasına göre yapılmasından kaynaklanmıştır. Şehirli ve Özgen (1988) fide boyunun mutasyondan en çok etkilenen parametrelerden olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan araştırmalar mutasyon uygulamasının bitkiye, çeşide, mutagenin cinsine ve dozuna göre bitki boyu üzerine farklı sonuçlar yaptığını ortaya koymaktadır. Radyasyon uygulaması ile genellikle bitkilerde boy kısalmasının olduğu, kimyasal mutagen uygulamalarında ise bitki boyunda uzamaların olabileceği başka çalışmalarda da ortaya konulmuştur (Anonim, 2010; Anonim, 2011). Atmaca ve ark. (2012) düşük dozlardaki mutagen uygulamalarının fide boyunu değiştirmedeğini, ancak yüksek dozların

önemli kısalmalara yol açtığını belirlemişlerdir. Buna karşılık Efe ve Ünal (2017) Macar fiği çeşitleri arasında farklılıklar olduğunu ve mutasyon ile bitki boyunun uzadığını bildirmişlerdir.

**Çizelge 1.** Kinoa çeşitlerine ait seçilmiş hatlarda bitki boyları ve kök uzunlukları<sup>1</sup>

Titicaca	Bitki Boyu (cm)	Kök Uzunluğu (cm)	M. Arrochilla	Bitki Boyu (cm)	Kök Uzunluğu (cm)
Kontrol	13.0 C	8.5 A	Kontrol	17.7 A	6.4 AB
ET-1	13.5 C	7.8 AB	EM-4	18.1 A	5.6 ABC
ET-5	15.9 BC	4.9 C	EM-5	16.3 AB	8.5 A
ET-6	22.6 A	4.7 C	EM-12	16.0 AB	6.2 ABC
ET-7	17.5 B	5.7 BC	M-103	14.5 B	3.4 C
OT-11	15.6 BC	4.1 C	M-109	14.3 B	3.7 BC
T-103	14.8 BC	4.3 C	M-114	18.3 A	3.8 BC
Ortalama	16.1	5.7	Ortalama	16.6	5.4
F-test	**	**		*	*

<sup>1</sup>Aynı harfle işaretlenen ortalamalar birbirinden farklıdır

\*: %5, \*\*: %1 ihtimal sınırlarında önemlidir

Mutasyonun kök uzunluğu üzerine olan etkisi önemli bulunmuş, etkiler çeşitlere göre farklılık göstermiştir (Çizelge 1). Titicaca'da uygulama ile kök uzunlukları azalırken, M. Arrochilla çeşidinde ET-5 hattında kontrolden daha yüksek kök uzunluğu (8.5 cm) belirlenmiştir. Ancak bu farklılık istatistiksel olarak önemli değildir. Diğer hatlar kontrolden daha kısa kök uzunluğuna sahip olmuşlardır. Mutasyon uygulanan bitkilerde kök uzunluğunun çeşitlere göre değişim gösterdiğini Atmaca ve ark. (2012) da belirlemişlerdir. Bazı araştırmacılar 2,4-D'ye dayanıklı mutant *Nicotiana* ve *Arabidopsis* hatlarında kök gelişmesinin morfolojik olarak normal fakat daha zayıf olduğunu bildirmişlerdir (Mirza ve ark., 1984; Muller ve ark., 1985). Gomez-Pando ve Barra (2013) M<sub>1</sub> generasyonundaki mutant kinoaalarda köklerin belirgin olarak daha kısa olduğunu bulmuşlardır.

Kinoa fidelerinin kuru toprak üstü aksam ağırlıkları her iki çeşitte de önemli seviyede farklılık göstermiştir (Çizelge 2). Genel olarak hatların fide ağırlıkları kontrol çeşidine göre daha düşüktür. Her iki çeşitte de bazı mutant hatların kontrolden daha yüksek fide ağırlığına sahip olduğu görülse de bu farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Titicaca çeşidinde kontrol, ET-1 ve ET-5 hatları, M. Arrochilla çeşidinde kontrol, M-103, M-114, EM-12 ve EM-5 hatları yüksek fide ağırlığına sahip olmuşlardır. Atmaca ve ark. (2012) nohutta M<sub>1</sub> hatları ile yaptıkları çalışmada benzer olarak, bazı uygulamaların kontrol ile aynı seviyede fide ağırlığına sahip olduğunu, ama genel olarak mutasyon uygulamalarında fide ağırlığının düştüğünü belirlemişlerdir. Zaten mutasyona maruz kalan bitkilerde fide kuru ağırlığının düştüğü genel olarak bilinen bir sonuçtur (Peşkirioğlu, 1995).

Kök kuru ağırlığına ait sonuçlar çeşitlere bağlı olarak büyük değişim göstermiştir. Titicaca'da kontrol, ET-1, ET-5 ve T-103 yüksek kök kuru ağırlığına sahip olurken, M. Arrochilla'da EM-5 (0.26 g) hem kontrol hem de diğer hatlardan daha yüksek kök kuru ağırlığına sahip olmuştur. Bunu kontrol çeşidi takip etmiş, diğer hatlar düşük değerde bulunmuştur. Titicaca'nın ET-1, ET-5 ve T-103 hatları ile M. Arrochilla'nın EM-5 hattı hariç tutulursa mutasyonun kök kuru ağırlığını düşürdüğü ifade edilebilir (Çizelge 2).



**Çizelge 2.** Kinoa çeşitlerine ait seçilmiş hatlarda bitki ve kök ağırlıkları<sup>1</sup>

<b>Titicaca</b>	<b>Fide Ağırlığı (g)</b>	<b>Kök Ağırlığı (g)</b>	<b>M. Arrochilla</b>	<b>Fide Ağırlığı (g)</b>	<b>Kök Ağırlığı (g)</b>
Kontrol	4.87 AB	0.25 AB	Kontrol	6.30 A	0.20 B
ET-1	5.11 AB	0.26 A	EM-4	3.92 B	0.09 C
ET-5	5.91 A	0.26 A	EM-5	6.00 AB	0.26 A
ET-6	4.40 B	0.11 C	EM-12	5.80 AB	0.10 C
ET-7	4.47 B	0.15 BC	M-103	6.37 A	0.09 C
OT-11	3.17 C	0.09 C	M-109	4.00 B	0.10 C
T-103	4.37 BC	0.17 ABC	M-114	4.17 AB	0.10 C
Ortalama	4.61	0.19	Ortalama	5.22	0.14
F-test	**	**		**	**

<sup>1</sup>Aynı harfle işaretlenen ortalamalar birbirinden farksızdır

\*\* : %1 ihtimal sınırlarında önemlidir

İncelenen genotipler arasındaki sap kalınlığı her iki çeşitte de önemli seviyede değişiklik göstermiştir (Çizelge 3). Titicaca'da ET-1 ve ET-5 hatları kontrolden daha yüksek değerlere sahip olmuşlar, özellikle ET-1 hattı istatistiksel olarak da farklı bulunmuştur. OT-11 ise Titicaca çeşidinde en ince saplı materyal olmuştur. M. Arrochilla çeşidinde ise kontrol en kalın saplı materyal olurken, bunu aynı istatistiksel gruba giren EM-4 hattı takip etmiştir. M-103 hattı ise en ince saplı bitki olarak bulunmuştur. Sap kalınlığı güçlü bir bitki gelişimi için önemlidir. Kimyasal mutagen uygulamaları ile kısa boylu, kalın saplı ve yatmaya dayanıklı hatların geliştirilmesinde başarılı sonuçlar alınmaktadır (Wani ve ark., 2014). Bu çalışmada mutasyon ıslahı ile Titicaca'da kontrolden daha kalın hatlar belirlenirken, M. Arrochilla'da hatların tamamı kontrolden daha ince saplı olmuştur. Efe ve Ünal (2017) da Macar fiğinde mutasyon ile sap kalınlığının önemsiz değişimler gösterdiğini ve çeşitler arasında farklılıklar olduğunu bildirmişlerdir.

**Çizelge 3.** Kinoa çeşitlerine ait seçilmiş hatlarda sap kalınlıkları ve yaprak sayıları<sup>1</sup>

<b>Titicaca</b>	<b>Sap Kalınlığı (mm)</b>	<b>Yaprak Sayısı (adet)</b>	<b>M. Arrochilla</b>	<b>Sap Kalınlığı (mm)</b>	<b>Yaprak Sayısı (adet)</b>
Kontrol	3.37 BC	14.3	Kontrol	4.03 A	14.7
ET-1	4.18 A	15.3	EM-4	3.90 A	15.0
ET-5	3.78 AB	15.3	EM-5	3.17 B	15.0
ET-6	3.04 BCD	15.3	EM-12	2.90 B	15.0
ET-7	2.74 CD	14.0	M-103	2.20 C	13.3
OT-11	2.49 D	12.0	M-109	3.12 B	12.7
T-103	3.26 BC	14.7	M-114	2.91 B	13.7
Ortalama	3.27	14.4	Ortalama	3.18	14.2
F-test	**	ö.d.		**	ö.d.

<sup>1</sup>Aynı harfle işaretlenen ortalamalar birbirinden farksızdır

ö.d.: önemli değildir, \*: 0.05, \*\*: %1 ihtimal sınırlarında önemlidir

Kinoa çeşitlerinde bitkideki yaprak sayıları 12.0 adet ile 15.3 adet arasında değişmiş ve bu değişim istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Önemsiz olmakla birlikte her iki çeşitte de kontrolden daha fazla ve daha az yaprak üreten hatlar olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). Bu çalışmada önemli olmasa da

morfolojik mutasyonların bitkilerde yaprak şekli ve sayısını etkileyebildiği ifade edilmektedir (Wani ve ark., 2014).

## SONUÇ

Bu araştırmada kimyasal mutagen uygulaması ile geliştirilmiş IMI grubu herbisit uygulamasına dayanıklılık gösteren hatların M<sub>2</sub> generasyonundaki bazı morfolojik özellikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar hatlar arasında varyasyon olduğunu, bazı morfolojik özelliklerin standartların üzerinde, bazılarının ise standartların altında kaldığını ortaya koymaktadır. Bu durum büyük ihtimalle seleksiyon çalışmalarının dayanıklılık esasına göre yapılmasından kaynaklanmıştır. Mutasyon uygulamasının birçok özelliği geriletmesi beklenen bir sonuçtur. Amaç en düşük zararlar en yüksek seviyede istenen karakterlere sahip bitkiyi elde etmektir. Çeşitlerin mutagen uygulamasından etkilenmeleri farklılık göstermiştir. Genel olarak M. Arrochilla çeşidinin mutant hatlarında morfolojik özelliklerin daha fazla gelişmiş olduğu ifade edilebilir. Titicaca'da ET-6 hattı bitki boyu, ET-5 fide ağırlığı, ET-1 ve ET-5 kök ağırlığı ve ET-1 sap kalınlığı yönünden ön plana çıkan hatlardır. M. Arrochilla çeşidinde ise EM-4 ve M-114 bitki boyu, EM-5 kök uzunluğu, M-103 fide ağırlığı, EM-5 kök ağırlığı ve EM-4 sap kalınlığı yönünden daha iyi durumdadır. Hatların tarla şartlarındaki performanslarının ve tohum verimlerinin belirlenmesi daha sonraki aşamalarda hangi hatların üzerinde durulacağına karar vermede daha etkili olacaktır.

## TEŞEKKÜR

Makale Ömer EĞRİTAŞ'ın Doktora Tezi sonuçlarından üretilmiştir. Bu çalışma, Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince desteklenmiştir. Proje Numarası: FDK-2019-7186.

## KAYNAKLAR

- Akçay E, Tan M, 2019. Farklı tuzluluk seviyelerinin bazı kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) çeşitlerinde kök ve sürgün gelişmesine etkileri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 50 (3): 292-298.
- Anonim, 2010. Farklı Tip Biberlerde Mutasyon Islahı. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Teknik Rapor, TAEK TR-2010-7, Ankara.
- Anonim, 2011. Nükleer Tekniklerle Makarnalık Buğdayda (*Triticum durum* Desf.) Mutasyon Islahı. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Teknik Rapor, TAEK TR-2011-11, Ankara.
- Atmaca E, Çiftçi CY, Çakır S, Sağel Z, Akın R, 2012. Yaşa-05 ve Hisar nohut çeşitleri tohumlarına uygulanan farklı gama ışını dozlarının bazı özellikler üzerine etkilerinin belirlenmesi. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi 5(1): 104-106.
- Bhargava A, Shukla S, Ohri D, 2006. *Chenopodium quinoa* - An Indian perspective. Industrial Crops and Products, 23: 73-87.
- Bilalis DJ, Travlos IS, Karkanis A, Gournaki M, Katsenios G, Hela D, Kakabouki I, 2013. Evaluation of the allelopathic potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Romanian Agricultural Research, 30: 359-364.
- Cowbrough M, 2015. Crop injury and yield response of quinoa to applications of various herbicides. Crop advances: Field Crop Reports, <http://www.ontariosoilcrop.org>.
- Efe B, Ünal S, 2017. Farklı Gama ışını dozlarının Macar fiği çeşitlerindeki bazı kantitatif özelliklere etkisi. KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi, 20: 135-143.

- Gomez-Pando LR, Barra AE, 2013. Developing genetic variability of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) with gamma radiation for use in breeding programs. American Journal of Plant Sciences, 4: 349-355.
- Koch AC, Ramgareeb RS, Koch AC, Ramgareeb S, Rutherford RS, Snyman SJ, Watt MP, 2012. An *in vitro* mutagenesis protocol for the production of sugarcane tolerant to the herbicide imazapyr. *In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant*, 48: 417-427.
- Mestanza C, Riegel R, Silva H, 2015. Characterization of the acetohydroxyacid synthase multigene family in the tetraploide plant *Chenopodium quinoa*. *Electronic Journal of Biotechnology*, 18(6): 393-398.
- Mirza JI, Olsen GM, Iversen TH, Maher EP, 1984. The growth and gravitropic responses of wild-type and auxin-resistant mutants of *Arabidopsis thaliana*. *Plant Physiology*, 60: 516-522.
- Muller JF, Goujaud J, Caboche M, 1985. Isolation *in vitro* of naphthaleneacetic acid-tolerant mutants of *Nicotiana tabacum*, which are impaired in root morphogenesis. *Molecular and General Genetics*, 199: 194-200.
- Newhouse KE, Smith WA, Starrett MA, Schaefer TJ, Singh BK, 1992. Tolerance to imidazolinone herbicides in wheat. *Plant Physiology*, 100: 882-886.
- Peşkirçioğlu H, 1995. Arpa (*Hordeum vulgare* L.)'ya uygulanan EMS (Ethyl Methane Sulphonate) ve gamma ışınlarının M<sub>1</sub> ve M<sub>2</sub> bitkilerinin bazı özellikleri üzerine etkileri. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Pozniak CJ, Birk IT, O'Donoghue LS, Menard C, Hucl PJ, Singh BK, 2004. Physiological and molecular characterization of mutation derived imidazolinone resistance in spring wheat. *Crop Science*, 44: 1434-1443.
- Sehirali S, Özgen M, 1988. Bitki Islahı. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları: 1059, Ders Kitabı: 310, 261 s. Ankara.
- 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 Yönüyle Kinoa. Önemi, Kullanılması ve Yetiştiriciliği. İksad Yayınevi, 177 s, Ankara.
- Tan S, Evans RR, Dahmer ML, Singh BK, Shaner DL, 2005. Imidazolinone tolerant crops: History, current status and future. *Pest Management. Science*, 61: 246-257.
- 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.
- Wani MF, Kozgar MI, Tomlekova N, Khan S, Kazi AG, Sheikh SA, Ahmad P, 2014. Mutation Breeding: A Novel Technique for Genetic Improvement of Pulse Crops Particularly Chickpea (*Cicer arietinum* L.). In *Improvement of Crops in the Era of Climatic Changes*, P. Ahmads ve ark. (Eds.), Springer, New York, USA, p: 217-248.
- Yıldız N, Bircan H, 1991. Araştırma ve Deneme Metodları. Atatürk Üniversitesi. Yayınları No: 697, Ziraat Fakültesi Yayınları No: 305, Ders Kitapları Serisi No: 57, Erzurum.

## Doğal Bor Madeni Kullanımının Rezene (*Foeniculum Vulgare* Mill.)’de Uçucu Yağ Oranı Ve Bileşimi Üzerine Etkisi

Hasan Basri KARAYEL<sup>1\*</sup>

**ÖZET:** Rezene (*Foeniculum vulgare* Mill.) ticari olarak üretimi yapılan önemli baharat bitkilerindendir. Rezene; gaz giderici özelliğe sahip olmasının yanında ayrıca koku, tat ve uçucu yağ bakımından zengindir ve ayrıca baharat olarak yaygın kullanıma sahip bir bitkidir. Bu çalışma, Kütahya - Gediz koşullarında farklı bor dozlarının (0, Saf doz, 1/8 dozda dekara 8 lt) Rezene (*Foeniculum vulgare* Mill.)’de bulunan uçucu yağ oranı ve kalitesi üzerine etkisini belirlemek amacıyla, 2017 yılında Dumlupınar Üniversitesi, Tıbbi ve Aromatik Bitkiler deneme tarlasında yürütülmüştür. 2017 yılında tarla denemeleri tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Uçucu yağ bileşimi Gaz Kromatografi-Kütle Spektrometresi (GC-MS) ile belirlenmiştir. Uçucu yağ oranları sırasıyla borsuz doz %1.83, saf doz %3.43, 1/8 dozda %1.55 olarak bulunmuştur. Borsuz, saf dozda ve 1/8 dozda yetişen rezenelerin meyvelerinde yapılan 3 farklı dozun analiz sonucunda 7’şer bileşen tespit edilmiştir. Borsuz çalışmada elde edilen uçucu yağdaki ana bileşen sırasıyla; trans-anetol %84.65, limonen %5.92, p-allilanol %4.18, fenkon %1.12’dir. Saf dozda elde edilen bileşenler ise; trans-anetol %94.52, anisol %3.54, limonen %1.09, fenkon %0.36 olarak bulunurken, 1/8 dozda trans-anetol %92.38, anisole %3.8, limonen %2.85, fenkon %0.35 olarak bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Rezene, Bor, Uçucu yağ

### The Effect Of Natural Boron Mineral Use On Essential Oil Content And Components Of Fennel (*Foeniculum Vulgare* Mill.)

**ABSTRACT:** Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) is one of the most important spice plants produced commercially. In addition to having a degassing property, fennel is also a plant which is rich in odor, taste and essential oil and it is also used widely as spice. This study was carried out in Dumlupınar University, Medicinal and Aromatic Plants Department’s application field in 2017 in order to determine the effect of different boron doses (boron free, pure boron with 8 liters per decare and in 1/8 ratio diluted boron) on the rate and quality of volatile oil found in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) in Kütahya-Gediz conditions. Field experiments were administered as 3 replicates according to randomized block design in 2017. The volatile oil composition was determined by Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS). Essential oil ratios were found as 1.83%, 3.43% and 1.55%, for no boron dose, pure dose and 1/8 boron dose, respectively. 7 components were found in each analyse which was carried out on fruits of the fennels which were grown with 3 different doses (no boron, pure dose and 1/8 dose). The main components in the volatile oil obtained without boron use are as follows; trans-anethole 84.65%, limonene 5.92%, p-allylanisole 4.18 % and fenchone 1.12%. The components obtained in the pure dose were found as follows; trans-anethole 94.52%, anisole 3.54%, limonene 1.09%, fenchone 0.36% and in 1/8 dose the rates are as follows; trans-anethole 92.38%, anisole 3.8%, limonene 2.85%, fenchone 0.35%.

**Keywords:** Fennel, Boron, Essential Oil

<sup>1</sup> Hasan Basri Karayel (Orcid ID: 0000-0002-4271-0540), <sup>1</sup>Dumlupınar Üniversitesi Gediz MYO.Tıbbi Ve Aromatik Bitkiler, Kütahya, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Hasan Basri Karayel, e-mail: kbasri23@hotmail.com.tr

## GİRİŞ

Ülkemiz farklı iklim ve fitocoğrafik (Akdeniz, İran –Turan, Avrupa – Sibiry ) bölgelerin etkisinde olmasından dolayı tür zenginliği bakımında farklılıklar göstermektedir. Ülkemiz aynı zamanda birçok bitkinin de anayurdudur (Yiğit ve ark., 2005). Uçucu yağların uzun yıllardır farklı sektörlerde, değişik amaçlara yönelik kullanım alanları mevcuttur. Bu kullanım alanları; gıda ürünleri, parfümeri, kozmetik gibi birçok sektörün ana hammaddesini uçucu yağlar oluşturmaktadır (Baranska ve ark., 2004). Rezene bitkisinde en fazla bulunan bileşen Anethol olup, keskin kokusuyla rezeneyi tatlandırmaktadır (Krug, 1991). Rezeneden elde edilen uçucu yağın antibakteriyel etkisinden dolayı bitkilerde bakteriyel hastalıkların tedavisinde doğal bakterisit olarak kullanılabilceği, bunun da günümüzde yaygınlaşma sürecinde olan ekolojik tarım için önem arz ettiğini belirtilmiştir (Cantore ve ark., 2004). Türkiye’nin farklı 8 bölgesinde toplanan rezenenin meyveleri analiz edilmiş, trans-anethol %75.6-86.5, limonen %4.2-9.1, estragol %3.2-5.2, fenkhon %1-2.8,  $\gamma$ -terpinen %0.8-1.5 ve  $\alpha$ -pinen %0.4-1.1 oranında bulunmuştur (Akgül, 1986). Rezene bitkisinin uçucu yağ oranı ve bileşimi yetiştiği bölgelere ve çeşide göre farklılık sergilemektedir. Acı rezene meyvesinin uçucu yağ bileşiminde; trans anetol (%50-75), fenkon (%12-33) ve estragol (%2-5) baskın iken tatlı rezenenin meyvesinin uçucu yağın ana bileşenleri trans-anetole (%80-90), fenkon (%1-10 ) ve estragol (%3-10) bulunmuştur (Gruenwald ve ark., 2004). Rezene bitkisinin kullanımı sindirim sistemi üzerinde olumlu sonuçlar meydana getirmiştir. Gün geçtikçe rezene bitkisi farklı çay ve karışımlarla karıştırılarak kullanılmaya başlanmıştır (Baranska ve ark. 2004). Bu çalışma ülkemizde ekonomik öneme sahip olan rezene bitkisine verilen bor madeninin, uçucu yağ kompozisyonuna nasıl etkilediğine yöneliktir. Bor madeni kullanılarak *Foeniculum vulgare Mill.* türü üzerinde yapılmış bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Eski dönemlerde günümüze kadar ham bor minerallerinden yararlanmanın yanında, son yüzyılda sanayileşme ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte bor minerallerine olan talep ve ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Farklı sanayi alanlarına göre bor bileşiklerin elde edilmesi için çalışmalar yapılmaktadır. Bor madenin kullanıldığı alanlar; Cam sektörü, enerji alanı, fotoğrafçılık alanı, ilaç ve kozmetik sektörü, iletişim alanı, inşaat alanı vb. Bu sektör ve alanlarda bor, mineral konsantresi olarak ya da rafine edilmiş olarak kullanılmaktadır. Tarım sektöründe; Biyolojik gelişim ve kontrol kimyasalları, gübreler, böcek-bitki öldürücüler, yabancı ot mücadelesi vb. alanlarda bor madeni kullanılıyor (Yenmez, 2009). Bor, oksijenle bağ kurmaya çok uygun olduğu için çok sayıda değişik oksijen bileşiği meydana getirir. Borun bu özelliğinden dolayı bugüne kadar tespit edilen 230 değişik minerali bulunmaktadır. Bu minerallerden yedi tanesinin ticari değeri yüksektir. Değeri yüksek mineraller, Tinkal ve Kernit gibi suda eriyebilen bor tuzları ile suda erimeyen Kolemanit, Üleksit, Pandermit, Borasit ve Sassolitti. İçinde tenör oranı yüksek olan bor mineraller, daha çok değerli ve daha çok talep edilmektedir (Yenmez, 2009). Araştırma bor madeni bakımında zengin olan Kütahya bölgesinde yapılmıştır. Çalışma ile bölge halkının ürün çeşitliliğini artırmak, ilaç ve gıda sektörüne katkı sağlamak hedeflenmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Bitki Materyali

Bu çalışmada bitkisel materyaller Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesinden temin edilmiştir. Deneme 2017 yılında Kütahya Dumlupınar Üniversitesi uygulama alanında yürütülmüştür. Tohumlar 2017 yılı Mart ayında ekilmiş çimlenme 15-20 günde gerçekleşmiştir. Deneme, tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Bitki dikim sıklığı 30 x 30 cm olarak, parseller 3 sıradan kurulmuştur. Her sıraya 24 bitki olmak üzere, bir parsele 24x3 =72 bitki ekilmiştir. Rezene bitkisine 3 farklı bor madeni (0, Saf doz, 1/8 dozda dekara 8 lt) dozları uygulanmıştır. Tüm



parsellerde bitki 20 cm boyuna ulaştıktan sonra bor madeni verilmeye başlanmıştır. Bor madeni özütü hazırlandıktan sonra bitki başına 100 mL sıvı olarak verilmiş, bir ay sonra bitki başına 50 mL sıvı olarak verilmiştir. Denemede sulama hava koşullarına göre yapılmıştır. Yabancı otların mücadelesi çapayla yapılmıştır.

### Deneme Yerinin Toprak Özellikleri

Kütahya ili Gediz ilçesindeki deneme alanının toprak analizi Çizelge 1’de verilmiştir. Deneme yerinin toprak yapısında bulunan maddeler Çizelge 1’re göre potasyum ve fosfor bakımında orta derecede fakir, kireç oranı bakımında ise yüksek bulunmuştur, organik madde bakımında toprak yapısı düşük, toprak doygunluğu (Saturasyon) killi - tınlı olduğu yapılan analizler sonucunda belirlenmiştir (Anonim, 2015).

**Çizelge 1.** Deneme alanına ait toprak örneklerinde yapılan bazı kimyasal analiz sonuçları

Analiz Tipi- Kütahya-Gediz	Sonuç	Durumu
Potasyum (K <sub>2</sub> O) kg; da	20.0123	Orta
Fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) kg; da	6.231	Orta
Kireç(%)	4.0318	Kireçli
Organik Madde (%)	0.7862	Çok az
Toplam Tuz (%)	0.0035	Tuzsuz
PH	7.14	Nötr
Saturasyon (%)	53.3	Killi-Tınlı

### Bor Özütünün Hazırlanması

Çalışmamızda kullanılan özüt bor madeninden hazırlanmıştır. Söz konusu bor; Emet (Kütahya) bölgesinden temin edilmiştir. Bölgede alınan bor madeni toz haline getirilmiştir. Daha sonra toz halindeki bor madeni 20 g tartılıp 100 mL saf suda çalkalanarak beş dakika süre ile homojenize edilmiştir. Homejenat olan bor beş dakika süre ile 3500 devir/dakika’da santrifüj edilmiştir. Süpernatant kısmı alınarak buzdolabında saklanmıştır. 100 mL karışımda 0.0260 g tortu oluşmuştur. Kullanılacak bu özüt ya saf olarak (seyreltme yapılmadan verilmiştir) ya da 1/8 oranında ki karışımda ise 100mL saf suya 20 mL saf özüt karıştırılarak uygulanmıştır (Kocaçalıskan, 2001; Karayel, 2006).

### Uçucu Yağ Oranının Elde Edilmesi

Uçucu yağ hidrodistilasyon (GC\_MS/FID) yoluyla elde edilmiştir. 20 g örnek 500 ml’lik balona bırakılmıştır. Balona 200 mL saf su ilave edilerek çalkalanmıştır. 2 saat süreyle distilasyon gerçekleştirilmiştir (Skoula ve ark., 2000).

### Uçucu Yağ Bileşenlerinin GC-MS ile Elde edilmesi

Örneklerin, uçucu yağ bileşen analizi GC-MS cihazı ile kapiler kolon kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Örnekler analiz edilmek üzere 1:100 oranında hekzan ile seyreltilmiştir. Analizde taşıyıcı gaz olarak 0.8 ml/dk akış hızında helyum kullanılmış, örnekler cihaza 1 µL olarak 40:1 split oranı ile enjekte edilmiştir. Enjektör sıcaklığı 250°C, kolon sıcaklık programı 60°C (10 dakika), 60°C’den 220°C’ye 4°C/dakika ve 220°C (10 dakika) olacak şekilde ayarlanmıştır. Toplam analiz süresi 60 dakika sürmüştür. Kütle detektörü için tarama aralığı (m/z) 35-450 atomik kütle ünitesi ve elektron bombardımanı iyonizasyonu 70 eV kullanılmıştır. Sonuçların bileşen yüzdeleri FID dedektör kullanılarak, bileşenlerin teşhisi ise MS dedektör kullanılarak yapılmıştır (Özek ve ark., 2010).

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada incelenen rezene (*Foeniculum vulgare Mill.*) türünün uçucu yağ oranı ve kompozisyonunun farklı bor dozlarına göre (0, Saf doz, 1/8 dozda dekara 8 lt) sırasıyla uçucu yağ oranı, borsuz dozda %1.83, saf dozda %3.43, 1/8 dozda %1.55 olarak bulunmuştur. İşlem(özüt) yapılmadan önce verilen bor madeni bitkilerin yapraklarını kurutmuştur. 2017 yılında uçucu yağ oranı ve bileşenleri belirlemek için tüm parsellerden ölçüm alınmıştır. Tüm dozlarda yapraklarda ve bitkinin tamamında kuruma veya ölüm gerçekleşmemiştir. En yüksek uçucu yağ oranı saf dozda elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlardan, doz seyredikçe uçucu yağ oranının azaldığı görülmüştür. Uçucu yağ bileşenlerinde bor dozu arttıkça trans-anetol ana bileşenin oranında artış olmuştur. Ayrıca bor dozu uygulanan parsellerde farklı bileşenler elde edilmiştir.

Bor, doğada tek element olarak değil, birden fazla elementlerle bileşikler halinde bulunmaktadır. En yaygın bileşikler: Na, Ca ve Mg’dur. Na kökenli olanlara Tinkal (boraks), Ca kökenli olanlara Kolemanit, Na ve Ca kökenli olanlara da üleksit adı verilir (Yenmez, 2009).

**Çizelge 2.** Bor madenine ait örnekte yapılan kimyasal analiz sonuçları

Ca	K	Mg	Na	Fe	Mn	Zn	Cu	Ni	Cd	Cr	Co
mg kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	µg kg <sup>-1</sup>	µg kg <sup>-1</sup>	µg kg <sup>-1</sup>	µg kg <sup>-1</sup>	µg kg <sup>-1</sup>
108.9	19.66	33.22	58.68	0.680	0.042	0.10	<10	<10	<10	0.034	<10

Tarla denemelerinde kullanılacak doğal bor madeninin kimyasal analizi yapılmıştır (Çizelge 2)’de. Yapılan analiz sonucuna göre doğal bor madeninde en çok Ca; 108.9 Mg kg<sup>-1</sup> bulunurken en az ise Cu;<10 µg kg<sup>-1</sup>, Ni; <10 µg kg<sup>-1</sup>, Cd; <10 µg kg<sup>-1</sup>, Co; <10 µg kg<sup>-1</sup> mineralleri bulunmuştur (Anonim, 2018). Kalsiyum kökenli olan bor bileşiklerine Kolemanit adı verilir. Bizim kullandığımız bor türü kolemanittir.

### Uçucu Yağ Oranı

Uçucu yağ oranı rezenede önemli bir kalite kriteri olup, hidrodistilasyon (GC\_MS/FID) yoluyla elde edilmiştir. Araştırmada farklı bor dozlarının uçucu yağ oranı üzerine bor madeni dozlarının olumlu olarak etkilendikleri gözlenmiştir. 2017 senesinde en az uçucu yağ oranı %1.55 ile 1/8 dozda, en fazla ise %3.43 ile saf bor dozuna uygulandığı parsellerden elde edilmiştir. Artan bor dozunun uçucu yağ oranı üzerinde olumlu etkisi görülmüştür. Rezenede artan azot dozunda meyvenin uçucu yağ ve kompozisyonunda azot dozunun etkisinin olmadığı belirtilmiştir (Yıldırım ve ark., 2006). Borda elde edilen bu bulgular azottan elde edilenlerle benzerlik göstermemiştir. Aksine doz artışı uçucu yağ oranında artış göstermiştir. Daha önce rezene bitkisinde yapılan çalışmalarda elde edilen uçucu yağ oranları; % 1.54 – 2.6, (Oğuz ,2000), % 2.32 – 2.43, (Karaca ve ark., 1999), % 2.74, (Şanlı ve ark., 2012), % 1.87 – 2.17, (Kızıl ve ark., 2001), %1.93-2.28, (Özkan ve ark., 2000), % 3.09, (Uzun ve ark., 2011), %1.75 – 2.51, (Coşge ve ark., 2007), %0.79-1.06, (El-Awadi ve ark., 2010), %1.58-1.60, (Arabacı ve ark., 2005), %1.87-1.92, (Tunçtürk ve ark., 2011), %1.6 – 2.8, (Özyılmaz, 2007) olarak belirlenmiştir. Farklı lokasyonlarda yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar saf bor dozundan düşük bulunmuştur.

### Uçucu Yağ Bileşimi

Rezene (*Foeniculum vulgare Mill.*) meyvelerinde elde edilen uçucu yağın analizinden bileşenlerin toplam yağın borsuz dozda %97.45, saf dozda %100, 1/8 dozunda %100’lük kısmını oluşturmuştur. Rezene bitkisinin uçucu yağ kompozisyonunun analiz sonuçları Çizelge 3’te verilmiştir. Rezene meyvesinde yapılan analizler sonucunda sırasıyla; borsuz, saf dozda, 1/8 dozda 7 şer bileşen tespit edilmiştir. Uçucu yağda elde edilen ana bileşenler doz sırasına göre borsuz dozda; trans-anetol %84.65, limonen %5.92, p-allilanol %4.18, fenkon %1.12 olarak bulunmuştur. Saf dozda; trans-anetol %94.52,

anisol %3.54, limonen %1.09, fenkon %0.36 olarak tesbit edilmiştir. 1/8 dozda ise trans-anetol %92.38, anisol %3.8, limonen %2.85, fenkon %0.35 olarak değişim göstermiştir. Çalışmada elde edilen tüm dozlarda ana bileşen trans-anetol olduğu belirlenmiştir. Bu konuda yapılan benzer çalışmalarda; rezene bitkisi üzerinde yapılan analizler sonucunda elde edilen uçucu yağın ana bileşenleri, *trans*-anetol (%85.27), fenkon (%6.22), p-allil anisol (% 4.31) ve limonen (% 1.93) olarak tespit edilmiştir (Şanlı ve ark., 2012). Uçucu yağ kompozisyonunda, en fazla trans-anethol (%18.93-76.00), en az ise  $\alpha$ -pinen, limonen, sineol, terpineon, sitronellol ve kafur olduğu belirlenmiştir (Şanlı ve ark., 2008). Uçucu yağ ana bileşeni olarak, anetol %86.11-87.58 aralığında bulunmuştur (El-Awadi ve ark., 2010). Yapılan çalışmada verilen azot ve çinko besinlerine göre uçucu yağ kompozisyonunda, trans-anetol %60.6-87.0, anisaldehit %6.1-21.3, estragol %3.2-11.7, olarak elde edildiği görülmüştür. En yüksek trans-anetol oranı 10 kg/da azot ve 10 kg/da azot + 750 g/da çinko uygulamalarından (%87.0 ve %85.1) elde edilmiştir (Kan ve ark., 2006). Uçucu yağ içerisindeki ana bileşenin *trans*-anetol olduğu ve %79-86 aralığında değiştiği ve bu bileşeni limonenin takip ettiğini belirtmiştir (Mahfouz ve ark., 2007). Uçucu yağda ana bileşen olarak birinci biçimde; trans-anethole %85.82, limonene %5.94, p-allylanisole %4.26, fenchone %1.20, ikinci biçimde, trans-anethole %91.08, p-allylanisole %4.18, limonene %2.77 olarak tespit edilmiştir (Karayel, 2019).

Dört farklı olgunlaşma safhasında ana ve ikincil umbels yağından elde edilen tatlı rezene meyvelerindeki uçucu yağın kimyasal bileşiminde; fenilpropanoid olan trans-anethole, ana umbels meyvelerinde % 84.12 ve % 87.85, ikincil umbels meyvelerinde % 81.63 ve % 86.76 oranında yağın ana bileşeni olarak bulundu. Bileşeni, tatlı rezene yağında tespit edilen ikinci ana fenilpropanoid olan metil chavicol (% 4.19-5.53) izlemiştir (Miraldi, 1999). Limonen (% 2.96–4.69), lfonfon (% 1.17–2.65) ve trans- $\beta$ -okimen (% 0.83–1.49), rezene yağlarında tanımlanan diğer bileşenlerdir. Birkaç lokasyonun uçucu yağ bileşimleri üzerinde yapılan son çalışmalara dayanarak, trans-anethole ve metil chavicol, çoğu ana bileşenlerdir (Miraldi, 1999; Barazani ve ark., 2002). Tatlı rezene (*Foeniculum vulgare* Mill. Var. Dulce Mil) ait önemli ana bileşen olan trans-anethole içeriği,% 81.63 ile % 87.85 arasında değişmektedir. Diğer bileşenler ise monoterpenler,  $\alpha$ -pinen,  $\beta$ -myren, limonen ve  $\alpha$ -terpinen, olgunlaşma aşamalarında önemli ölçüde değişmiştir (Telci ve ark., 2009). Saf dozda elde ettiğimiz uçucu yağın ana bileşeni trans-anethole %94.52 olarak bulunmuş, yapılan diğer çalışmalarda elde edilen değerlerden yüksek bulunmuştur.

**Çizelge 3.** *Foeniculum vulgare* Mill. türünün uçucu yağ bileşenin bor doz oranına göre (%) değişimi

S.no	Bileşen adı	Borsuz doz	Saf doz	1/8 doz
1	limonen	5.92±0.014	1.09±0.021	2.85±0.0141
2	fenkon	1.12±0.021	0.36±0.0141	0.35±0.0212
3	fenil asetat	-	0.08±0.007	0.16±0.028
4	anisol	-	3.54±0.0141	3.8±0.141
5	<i>cis</i> -Anetol	-	0.26±0.028	0.22±0.007
6	<i>trans</i> -Anetol	84.65±0.0141	94.52±0.926	92.38±0.586
7	anisaldehit	-	0.15±0.007	0.24±0.021
8	<i>cis</i> -osimen	0.22±0.0141	-	-
9	p-allil anisol	4.18±0.0141	-	-
10	karvon	0.48±0.035	-	-
11	p-anisaldehit	0.88±0.014	-	-
	Toplam (%)	%97.45	% 100	% 100

## SONUÇ

Kütahya-Gediz bölgesinde rezene yapılan çalışmada uçucu yağ oranı ve uçucu yağ bileşenleri üzerine bor madeni dozlarının olumlu olarak etkilendikleri gözlenmiştir. Bu nedenle Kütahya-Gediz

bölgesine rezene tarımının yapılması önerilmektedir. Rezene uçucu yağ bakımından zengin olan bir bitkidir. En az uçucu yağ oranı %1.55 ile 1/8 dozda, en fazla ise %3.43 ile saf bor dozu uygulanan parsellerden elde edilmiştir. Uçucu yağın ana bileşeni trans-anetol olarak belirlenmiştir. Bor dozu uygulanan parsellerde uçucu yağ kompozisyonunda farklı bileşen olarak; fenil asetat, anisol, cis-anetol, anisaldehit elde edilmiştir. Ortak bileşen olarak; limonen, fenkon, trans-anetol olarak bulunmuştur. Uçucu yağ oranı ve kompozisyonu için saf doz önerilebilir. Elde edilen veriler, uçucu yağ verimi ve bileşenlerini artırmak için rezene kültüründe bor kullanımının gerekli olduğunu göstermektedir. Verimle ilgili çalışmalar devam etmektedir. Farklı rezene türleri üzerinde daha fazla çalışmaların yapılması yararlı olacaktır.

## KAYNAKLAR

- Akgül A, 1986. Türkiye’de Yetişen Rezenelerin (*Foeniculum vulgare* Mill.) Uçucu Yağlarının Bileşimi Üzerine Bir Araştırma. Tübitak Doğa Tarım ve Ormancılık Dergisi, 10: 301-307.
- Anonim, 2015. Toprak Analizi Sonuçları. Kütahya Ziraat Odası Başkanlığı, Kütahya.
- Anonim, 2018. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Eskişehir.
- Arabacı O, Bayram E, 2005. Rezenede (*Foeniculum vulgare* Mill.) Farklı Ekim Zamanı ve Tohumluk Miktarının Verim ve Bazı Önemli Özellikler Üzerine Etkisi. Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongre Araştırma sunusu, 5-9 Eylül 2005, Antalya.
- Baranska M, Schutz H, Rosch P, Strehle MA, Popp J, 2004. Identification of Secondary Metabolites in Medical and Spice Plants by NIR-FTR aman Microspectroscopic Mapping. Analyst, 129: 926-930.
- Barazani O, Cohen Y, Fait A, Diminshtein S, Dudai N, Ravid U, Friedman, J, 2002. Chemotypic differentiation in indigenous populations of *Foeniculum vulgare* var. *vulgare* in Israel. Biochemical Systematics and Ecology, 30(8): 721-731.
- Cantore PL, Iacobellis NS, Marco AD, Capasso F, Senatore F, 2004. Antibacterial Activity of Coriandrum Sativum L. And *Foeniculum Vulgare* Var. *Vulgare* (Miller) Essential Oils. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 52:7862-7866.
- Coşge B, Gürbüz B, Day S, 2007. Ankara Ekolojik Koşullarına Adapte Olabilen Yüksek Drog Verimi ve Uçucu Yağ Oranına Sahip Tatlı Rezene (*Foeniculum vulgare* Mill. var. *Dulce*) Hatlarının Seleksiyonu. Türkiye VII. Tarla Bitkileri Kongresi, 25-27 Haziran 2007, Erzurum.
- Çelik GY, Çelik E, 2007. Bitki Uçucu Yağlarının Antimikrobiyal Özellikleri. Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi, 5(2):1-6.
- El-Awadi ME, Hassan EA, 2010. Physiological Responses of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) Plants to Some Growth Substances. The Effect of Certain Amino Acid Aprimidine Derivative. Journal of American Science, 6 (7): 102-125.
- Gruenwald J, Brendler T, Jaenicke C, 2004. PDR for Herbal Medicines, 3rd Edition. Medical Economics Company, New Jersey, 316-317.
- Telci I, Demirtas I, Sahin A, 2009. Variation in Plant Properties and Essential oil Composition of Sweet Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) Fruits During Stages of Maturity. Industrial Crops and Products, 30(1): 126-130.
- Kan Y, Kartal M, Aslan S, Yıldırım N, 2006. Farklı Koşullarda Yetiştirilen Rezene Meyvelerinin Uçucu Yağ Bileşenleri. Ankara Eczacılık Fakültesi Dergisi, 35(2): 95-101.
- Karaca A, Kevseroğlu K, 1999. Farklı Orjinli Kişniş (*Coriandrum sativum* L.) ve Rezene (*Foeniculum vulgare* Mill.) Bitkilerinin Önemli Tarımsal Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. J. Agric., Fac. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, 14,(2): 65-77.
- KarayeL HB, 2006.The Effects Of Walnut Leaf Extracts And Juglone On Vegetat\_Ve And Generat Ve Growth Of Muskmelon. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).

- Karayel HB, 2019. Kütahya-Gediz Koşullarında Yetiştirilen Rezene (*Foeniculum vulgare* Mill.) Bitkisinin Uçucu Yağ Bileşenlerinin Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (16): 131-135.
- Kızıl S, Arslan N, İpek A, 2001. Rezene (*Foeniculum vulgare* Mill. var. Dulce)’de Farklı Ekim Zamanlarının Verim ve Verim Unsurlarına Etkisi. Türkiye 4. Tarla Bitkileri Kongresi, 17-21 Eylül 2001, Tekirdağ.
- Kocaçalıskan i, 2001. Dumlupınar Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü. Allelopati Ders Notları, S: 5-10.
- Krug H, 1991. Gemüseprouduktion. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, s, 541.
- Mahfouz S A, Sharaf-Eldin M A, 2007. Effect of Mineral vs. Biofertilizer on Growth, Yeild, and Essential oil Content of Fennel ( *Foeniculum vulgare* Mill.) Int. Agrophysics, 21: 361-366.
- Miraldi E, 1999. Comparison of the Essential oils From ten *Foeniculum vulgare* Miller. Samples of Fruits of Different Origin. *Flavour and Fragrance Journal*, 14(6): 379-382.
- Oğuz A, 2000. Rezenede (*Foeniculum vulgare* Mill. var. dulce) Farklı Üretim Yöntemlerinin Verim ve Uçucu Yağ Üzerine Etkileri. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Özkan F, Gürbüz B, 2000. Tatlı Rezene (*Foeniculum vulgare* Mili. var. dulce)'de Bitki Sıklığının Verim Ve Verim Özellikleri Üzerine Etkileri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 9:1-2.
- Özek T, Tabanca N, Demirci F, David E, Wedgeand K, Hüsnu C B, 2010. Enantiomeric Distribution of Some Linalool Containing Essential oils and Their. Biological Activities. *rec. nat. prod.*, 4-4:180-192.
- Özyılmaz B, 2007. Farklı Sıra Aralığı ve Ekim Normlarının Rezene (*Foeniculum vulgare* Mill. var. dulce)’de Verim, Verim Unsurları ve Bazı Kalite Özelliklerine Etkileri. Gaziosmanpaşa Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Skoula M, Abbes JE, Johnson CB, 2000. Geneticvariation of Volatil Esandrosmarinicacidin Populations of *Salvia fruticosa* Mill., Growing in Crete. *Journal of Biochemical Systematics and Ecology*, 28:551-561.
- Şanlı A, Karadoğan T, Baydar H, 2008. Doğal Olarak Yetişen Tatlı Rezene (*Foeniculum vulgare* Mill. var. dulce)’nin Farklı Büyüme ve Gelişme Dönemlerinde Uçucu Yağ Miktarı ile Bileşenlerinin Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 9(2): 17-22.
- Şanlı A, Karadogan T, Baydar H, 2012. Burdur’da Tarımı Yapılan Baz Umbelliferae Türlerinin Uçucu Yağ Oranı ve Bileşenlerinin Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 7 (1): 27-31.
- Uzun A, Kevseroğlu K, Yılmaz S, 2011. Orta Karadeniz Bölgesi İçin Geliştirilen Rezene (*Foeniculum vulgare* Mill. var. dulce) Hatlarının Bazı Tarımsal Özellikleri Bakımından İncelenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, (2): 1-8.
- Tunçtürk R, Tunçtürk M, Türközü D, 2011. Van Ekolojik Koşullarında Değişik Azot ve Fosfor Dozlarının Rezene (*Foeniculum vulgare* Mill.)’de Verim ve Kalite Üzerine Etkisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi. Tarım Bilimleri Dergisi, 21(1):19-27.
- Yenmez N, 2009. Stratejik Bir Maden Olarak Bor Minerallerin Türkiye İçin Önemi. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü. Coğrafya Dergisi. Sayı 19: 59-94.
- Yiğit N, Benli M, 2005. Ülkemizde Yaygın Kullanım Olan Kekik (*Thymus vulgaris*) Bitkisinin Antimikrobiyal Aktivitesi. Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi, 3(8): 1-8.
- Yıldırım N, Kan Y, 2006. Farklı Dozlarda Uygulanan Azot ve Çinkonun Rezene (*Foeniculum Vulgare* Mill.var. dulce)’ de Verim ve Verim Öğeleri Üzerine Etkisi. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20 (40): 94-101.



## Investigation of Some Quinoa (*Chenopodium Quinoa*) Genotypes in Terms of Quality Criteria

Ali KOÇ<sup>1</sup>, Metin Durmuş ÇETİN<sup>1\*</sup>

**ABSTRACT:** Quinoa is a rapidly growing plant in the world in the last 20 years. The main reasons for this are that the nutritional contents are important for human health and food benefits. In this study, some quality criterion contents (Moisture, protein, saponin, fat, vitamin C, vitamin B, amino acid, mineral substance) of 20 genotypes belonging to quinoa, which is considered as a new plant for our country, were examined. Protein content is between 12.07% -13.19%, saponin content is between 0.82-1.87%, fat content is between 5.7-6.3%, vitamin C content is between 4.62-10.3 (mg kg<sup>-1</sup>), changed.

**Keywords:** Quinoa, Protein, Saponin, Nutrient content

<sup>1</sup> Ali KOÇ (Orcid ID: 0000-0002-8744-5939), Metin Durmuş ÇETİN (Orcid ID: 0000-0002-8686-0364), Batı akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Antalya, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Metin Durmuş ÇETİN, e-mail: metindcetin@hotmail.com

Geliş tarihi / Received: 08-10-2019  
Kabul tarihi / Accepted: 12-01-2020

## INTRODUCTION

Quinoa, a so-called “superfood”, is considered as the most nutritious grain in the world. It has a variety of uses in the food, feed, food processing and other non-food/industrial uses. Quinoa is one of the main food crops in Latin America but recently has raised interest in North America, Europe, and Asia (AAFRD, 2005).

Quinoa is originally from the Andes region in South America. It is seen as the most nutrient-dense 'grain' in the world, because of its protein quality (amino acids pattern), minerals and vitamin content. Other great features of quinoa are gluten-free and low glycemic index (NIFS, 2012).

Yazar et al. (2015) reported that quinoa was introduced in Turkey for the first time in 2008 as part of a European Union project within the seventh framework programme titled “Sustainable water use securing food production in dry areas of the Mediterranean region”.

Quinoa plants can be used to nutrification for humans and animals by eaten both seeds and leaves. Quinoa is also very beneficial for digestion as it contains twice as much nutrient fiber as other cereal products. Effects of quinoa added to rations of feed; It can vary depending on the chemical structure, quantity, and characteristics of the animals (Balcı and Çetin, 2017).

Since quinoa does not contain gluten, it can be used as a food source that meets the protein and carbohydrate needs of celiac patients (Bilgiçli and İbanoğlu, 2015).

**Table 1:** Pre-washed quinoa nutritional content values reported by USDA.

<b>Nutrient</b>	<b>Unit</b>	<b>Cup 45 g</b>	<b>Value per 100 g</b>
Proximates			
Energy	kcal	160	356
Protein	g	6.00	13.33
Total lipid (fat)	g	2.50	5.56
Carbohydrate, by difference	g	30.00	66.67
Fiber, total dietary	g	2.0	4.4
Sugars, total	g	2.00	4.44
Minerals			
Calcium, Ca	mg	20	44
Iron, Fe	mg	2.70	6.00
Sodium, Na	mg	10	22
Vitamins			
Vitamin C, total ascorbic acid	mg	0.0	0.0
Vitamin A, IU	IU	100	222
Lipids			
Fatty acids, total saturated	g	0.000	0.000
Fatty acids, total trans	g	0.000	0.000
Cholesterol	mg	0	0

USDA 2019

The seeds can be cooked like rice and used in salads, soups, and curries. Quinoa may also be used as an alternative to pasta. When cooked, the seed has a fluffy consistency but it is slightly crunchy to bite. The seed has a mild delicate nutty flavour. Quinoa leaves are also palatable but they are not commonly consumed. The seed and leaves of the quinoa plant contain many bioactive compounds that have antioxidant, anti-allergic, anti-inflammatory, antiviral and anticarcinogenic properties. The nutritional significance of quinoa is that it is one of the plant foods that contains all essential amino acids. Quinoa contains its amino acids within the seed (in the embryo), which is the consumed portion

of the seed. This is unlike other staple grains such as rice and wheat that contain amino acids in the hull of the grain and therefore, they are lost during de-hulling or de-husking. Quinoa does not contain gluten, which is another feature that has attracted much interest in recent years (Kealey, 2017).

Leaves, stems and grains are used in alternative medicine for different purposes. Saponin found in plants and seeds has the potential to be used in pharmaceutical production, pesticide production and food industry (Zurita-Silva et al., 2014).

### Nutrient content of quinoa in general

Wright et al. (2002) stated that protein content of quinoa grains varies between 7 and 22%. Seeds with a balanced protein content in terms of essential amino acids are considered an ideal source of nutrition. Lysine (5.1–6.4%) and Methionine are rich in amino (0.4–1.0%) acids that are missing in cereals. Besides a balanced amino acid content, it is rich in vitamins and especially mineral substances such as calcium, iron and phosphorus (Vega-Gálvez et al., 2010). Koziol (1992) reported that 51% to 61% of the starch in grain. Because of its high viscosity, it is used in starch industry (Galwey et al., 1990).

**Table 2:** Comparison of selected nutritional qualities in quinoa and other grains, including proteins, vitamin B1, Fe and Ca minerals

Type of grain	Proteins g in 100 g (%)	Vit B1 (mg 100 g <sup>-1</sup> )	Fe (ppm)	Ca (ppm)
Quinoa	9-16	0.39	133	1200
Wheat	12.6	0.3	40	360
Maize	9.4	0.3	25	100
White rice	6.7	0.08	4.6	40
Millet	11.0	0.3	30	201
Soybean	36.5	0.9	157	2770
Sunflower	22.8	1.9	6.3	38
Sorghum	11.3	0.34	45	260

Source: Martinez 2015

Quinoa seed is a highly nutritious human food. It is a relatively good source of minerals such as protein, calcium, iron and vitamins E and B. All 8 essential amino acids required for tissue development in humans are found in the seed of this plant. Methionine amino acids, which are low in lysine, cysteine and other grains, are also extremely high. Therefore, quinoa is considered to be a great source of protein (Repo Carrasco Valencia and Serno, 2011). In the quinoa that contains almost all vitamins such as A, B, C, D and K has not cholesterol (Miranda et al., 2012).

Nutrient contents of quinoa plant are given briefly in United States Department of Agriculture (USDA), Agricultural Research Service, Food Products Database (Table 1). Among quinoa and some other grains comparison nutritional qualities and amounts are given to table 2.

The aim of this study is to determine the quality criteria of kinoa genotypes brought from abroad and to evaluate them in future breeding studies.

## MATERIAL AND METHODS

### Materials

In 2016 nutritional contents of 20 quinoa genotypes brought from USDA were examined at 2017. The label numbers of the genotypes are given in the table 3.

**Table 3:** The label names of materials

No	Genotypes	Name of Label in USDA
1	83-7	PI 614927 CQ 127
2	85-2	PI 614928 CQ 130
3	85-3	PI 614928 CQ 130
4	86-7	PI 614928 CQ 128
5	124-2	Sİ 478411 R-67
6	124-5	Sİ 478411 R-67
7	126-3	478415 R-71
8	127-2	Sİ 478418 R-132
9	127-5	Sİ 478418 R-132
10	129-1	PI 510526 ANCCO CCANAHUA(AYMARA) CANİHUA BLANCO
11	186-1	PI 666304 BYU 534
12	187-3	PI 666316 BYU 520
13	188-2	PI 666298 BYU 525
14	191-2	PI 666270 BYU 546
15	192-4	PI 666322 BYU 548
16	197-1	AMES28064 BYU 552
17	208	PI 658755 1022
18	2012-2	PI 666281 BYU 702
19	215	PI 666284 BYU 879
20	219-1	PI 666288 BYU 578

### Analyses

The moisture content determination was carried out according to Elgün et al. (2002) and AOAC (2005). The determination of crude protein content was carried out by Anonymous 1980's kjeldahl method. Saponin content was determined to the method indicated by Güçlü Üstündağ et al. (2007). The oil content determination was performed by soxhlet method and calculation as stated by Kraujalis et al., (2013). The amounts of B vitamins (as water soluble B1, B2, B3, B5, B6, B7, B9) in quinoa seed were made according to Kırak 2015 in UHPLC-MS / MS device. Vitamin C content was by certification of NBS (N-bromosuccinimide) determined according to Barakat et al. (1955). Free amino acid profile analysis in quinoa seed were made using UHPLC-MS / MS device according to Kırak (2015) method. In the determination of the mineral matter (Mn, Mg, Cu, Fe, Zn, Pb and Cd) of the quinoa seed used in the study, Chaves et al. (2010) as it does, the ICP-MS method was utilized. Mineral contents of the samples in mg kg<sup>-1</sup> are given as indicated by Falandysz et al. (2010).

## RESULTS AND DISCUSSIN

### Content of moisture

The moisture content of the quinoas ranged from 11.96% to 12.91%. All were found to be in storage humidity (Table 4).

Highest moisture content to safe storage; should be for wheat 14%, for corn, barley, oats and sorghum 13%, for rice 12-13% (Hoseney, 1986).

**Table 4:** Parameter and analysis results

Genotypes	Moisture (%)	Protein (%)	Saponin % (g 100g <sup>-1</sup> )	Oil (%) (in dry matter)
83-7	12.91	12.07	1.04	5.8
85-2	11.96	13.05	0.82	6.2
85-3	12.73	12.47	1.21	5.9
86-7	12.61	12.60	1.33	5.8
124-2	12.83	12.60	1.09	5.9
124-5	12.65	12.34	1.17	6.1
126-3	12.12	13.19	1.23	6.3
127-2	12.31	12.59	0.95	6.2
127-5	12.58	12.76	1.87	6.0
129-1	12.58	12.79	1.28	5.9
186-1	12.45	12.43	1.17	5.7
187-3	12.61	12.43	1.43	5.8
188-2	12.79	12.40	1.23	5.9
191-2	12.76	12.91	1.10	5.9
192-4	12.84	12.29	1.54	5.9
197-1	12.45	12.75	1.00	6.0
208	12.43	12.68	1.29	6.2
2012-2	12.02	12.68	1.12	5.8
215	12.15	12.52	1.25	6.2
219-1	12.63	12.34	1.32	6.3
min.	11.96	12.07	0.82	5.70
max.	12.91	13.19	1.87	6.30
mean	12.52	12.59	1.22	5.99
skewness	-0.68	0.39	1.07	0.38
kurtosis	-0.51	0.28	2.80	-1.19
sd	0.28	0.27	0.22	0.19
CV	2.24	2.14	18.40	3.11

sd: standard deviation CV: coefficient of variation

### Content of protein

Crude protein values of quinoa genotypes ranged from 12% to 13% (Table 4). This protein value was found to be the same as the protein amount of wheat (Table 2).

Xu et al. (2019) reported that the protein content (g 100g<sup>-1</sup>) value of fermented quinoa between 19.34%-28.46%, and which were higher than that of control (159%-234%). Kakabouki et al. (2014) observed greatest crude protein value 27%.

According to other cereals protein content is higher in quinoa. And these proteins are concentrated in the embryo and the majority of their are albumin and globulin (Lindeboom, 2005; Schoenlechner et al., 2008). It has a very good protein quality and can contain between 8-22% protein (Jancurova et al., 2009). The protein ratio shows significant differences between the varieties (Bhargava et al., 2007; Repo Carrasco Valencia and Serno, 2011).

### Content of saponin

The quinoa material 85-2 may be suitable as food, and the material 127-5 may be suitable for use in industry. In this study, the amount of saponin ranged from 0.824 to 1.869 (Table 4).

In order to use quinoa as food, it is desirable that the amount of saponin be low. High saponin quinoas are used in the industry. Our quinoa materials were suitable for both food and industrial use.



Saponins possess a broad variety of biological effects as antimicrobial, antioxidant, antiviral, analgesic, antiinflammatory and cytotoxic activity, effect on the absorption of minerals and vitamins and immunostimulatory effects, increased permeability of the intestinal mucosa neuroprotective action, and reduction of fat absorption (Güçlü Üstündağ and Mazza, 2007).

Seeds can be colored in black, orange, pink, red, yellow or white. The seed color is due to the saponin content in the shell (Prego et al., 1998).

The saponin is between 0.14-0.73% in seed, and an anti-nutritional element in the shell of its seed and gives a bitter taste. Before consumption the seed must be removed from its shell because of this bitter taste. (Bhargava et al., 2006; Abugoch, 2009). Brady et al. (2007) reported that the bitter taste by saponins could be reduced by extrusion and roasting processes.

In the quinoa grain, the saponin content is 0.03-2.05% and this ratio is lower than soybean (James, 2009; Schoenlechner et al., 2008). Enriquez et al. (2003) reported that saponin which negatively affects the taste and colour of quinoa, has no negative effect on proteins and especially on amino acid composition.

### **Content of oil**

The oil content of the materials varied between 5.8 and 6.3% in dry matter (refer to table 4). It was seen that the amount of fat was higher than the wheat, barley, oats and rye used as cereals in terms of unsaturated fatty acid and lower than soybean. The fat content of the materials was found to be equivalent to oiled corn grain.

Xu et al. (2019) reported that the crude oil content ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ) was between 3.31% and 4.64% and but this rate was 5.64% in unfermented quinoa.

The rate of unsaturated fatty acids is high in Quinoa. Oleic acid forms a large part. Especially omega-6 and omega-3 fatty acids are cannot be synthesized in the human body and they must be obtained from foods (Bayram et al., 2018).

Quinoa also has a rich content of essential unsaturated fatty acids (Park and Morita, 2004). The high fat content and the high antioxidant vitamin-E content in quinoa (approximately 700 ppm  $\alpha$ -tocopherol and 840 ppm  $\gamma$ -tocopherol) prevent rapid lipid oxidation (Koziol, 1992). Fat content (6-7%) is higher than cereals (Reichert et al., 1986).

### **Content of vitamin B**

As a result of the analysis, B3 (nicotinamide), B6 (pyridoxamine), B6 (pyridoxal) could not be read below the reporting limit. B1 (thiamine), B2 (riboflavin), B3 (niacin), B5 (pantothenic acid), B6 (pyridoxine), B7 (biotin), B9 (folic acid) contents of the readings ranged from 0.256 to 19.205. It was determined by the results of the analysis that was rich in B vitamins. B1, B2, B3, B5, B7, B12 and Folic acid were found but not B6 and Choline (bitartrate) (Table 5).

Quinoa is also rich in microelements such as vitamins. Vitamins E and B (especially folic acid) is also an important source of food (Doğan and Karwe, 2003; Repo Carrasco Valencia et al., 2003; Alvarez Jubete et al., 2010; Vega Galvez et al., 2010). Koziol 1992 and Galwey et al., 1990 reported that 100 g of seeds can meet the daily vitamin B6 and folic acid requirements of children and adults. The riboflavin content at 100 g accounts for 80% of children's daily needs and 40% of adults. Niacin and  $\alpha$  carotene are also very rich (Bayram et al., 2018).

**Table 5.** Amount of vitamin B content in quinoa seeds (mg kg<sup>-1</sup>)

Genotypes	B1 thiamine	B2 riboflavin	B3 niasin	B3 nicotinamide	B5 pantothenic acid	B6 pyridoxamine	B6 pyridoxal	B6 pyridoxine	B7 biotin	B9 folic acid
83-7	4.24	3.19	15.26	<R.L.	1.23	<R.L.	<R.L.	4.99	NF	1.96
85-2	3.59	3.15	15.37	<R.L.	0.55	<R.L.	<R.L.	4.60	NF	1.78
85-3	3.87	3.05	15.21	<R.L.	1.95	<R.L.	<R.L.	5.06	NF	1.94
86-7	3.61	3.28	16.72	<R.L.	<R.L.	<R.L.	<R.L.	4.83	NF	1.83
124-2	4.36	3.50	19.21	<R.L.	0.25	<R.L.	<R.L.	5.43	NF	2.03
124-5	3.89	3.22	15.35	<R.L.	0.61	<R.L.	<R.L.	4.87	NF	1.91
126-3	3.62	3.15	15.39	<R.L.	<R.L.	<R.L.	<R.L.	4.63	NF	1.79
127-2	3.37	3.18	15.86	<R.L.	<R.L.	<R.L.	<R.L.	4.41	NF	1.69
127-5	3.77	3.24	16.54	<R.L.	1.14	<R.L.	<R.L.	5.05	NF	1.91
129-1	3.29	3.07	15.99	<R.L.	1.91	<R.L.	<R.L.	4.51	NF	1.69
186-1	3.14	3.15	12.05	<R.L.	<R.L.	<R.L.	<R.L.	3.83	NF	1.54
187-3	3.72	3.01	14.67	<R.L.	1.25	<R.L.	<R.L.	4.76	NF	1.84
188-2	3.96	3.16	15.78	<R.L.	1.466	<R.L.	<R.L.	5.18	NF	1.98
191-2	3.02	2.70	13.31	<R.L.	<R.L.	<R.L.	<R.L.	4.04	NF	1.53
192-4	3.26	3.15	16.40	<R.L.	<R.L.	<R.L.	<R.L.	4.47	NF	1.67
197-1	3.45	3.24	13.44	<R.L.	1.70	<R.L.	<R.L.	4.32	NF	1.69
208	3.65	3.45	16.82	<R.L.	<R.L.	<R.L.	<R.L.	4.67	NF	1.81
2012-2	3.42	3.14	15.66	<R.L.	<R.L.	<R.L.	<R.L.	4.48	NF	1.72
215	3.90	3.22	16.41	<R.L.	1.96	<R.L.	<R.L.	5.23	NF	1.98
219-1	3.90	3.13	16.33	<R.L.	<R.L.	<R.L.	<R.L.	5.35	NF	2.00
min	3.02	2.70	12.05		0.25			3.83		1.53
max	4.36	3.50	19.21		1.96			5.43		2.03
mean	3.65	3.17	15.59		1.27			4.74		1.81
skewness	0.15	-0.69	-0.24		-0.44			-0.29		-0.37
kurtosis	-0.26	3.83	1.99		-1.03			-0.25		-0.79
sd	0.35	0.16	1.50		0.60			0.42		0.15
CV	9.56	5.07	9.60		46.99			8.93		8.25

<R.L. : Below the Reporting Limit. R.L. : Reporting Limit (0.5 mg kg<sup>-1</sup>)  
 sd: standard deviation CV: coefficient of variation

### Content of vitamin C

As a result of the analysis, it was seen that all materials were between 5.32 and 10.30 in terms of vitamin C (mg kg<sup>-1</sup>), refer to table 6. Vitamin C content seems to be sufficient.

Vitamin C contained in quinoa 4.16 mg 100g<sup>-1</sup> available (Ruales and Nair, 1993).

**Table 6.** Amount of vitamin C content in quinoa seeds (mg kg<sup>-1</sup>)

Genotypes	Vitamin C (L-ascorbic acid)
83-7	5.88
85-2	8.03
85-3	5.82
86-7	9.16
124-2	7.12
124-5	8.60
126-3	5.38
127-2	8.45
127-5	6.70
129-1	7.60
186-1	4.62
187-3	8.30
188-2	5.96
191-2	6.89
192-4	5.86
197-1	8.46
208	6.34
2012-2	10.30
215	6.93
219-1	9.01
min	4.62
max	10.30
mean	7.27
skewness	0.17
kurtosis	-0.68
sd	1.49
CV	20.43

sd: standard deviation CV: coefficient of variation

### Content of amino acid

14 amino acid values were measured in 20 materials. There was no cystine amino acid and serine amino acid (below the reporting limits). In the results, 12 of the basic amino acids contained values ranged from 10.97 to 1133.16. The lowest and highest amino acid values were observed in methionine and aspartic acid. The average values of methionine basic acid ranged from 2.16 to 13.87. The average values found in aspartic acid ranged from 680.67 to 1133.16. Other amino acids varied between these values (Table 7).

Quinoa seed contains all essential amino acids and more than 37% essential amino acids (Koziol, 1992; Lindeboom, 2005; James, 2009). Quinoa containing essential amino acids in a very balanced ratio is also close to milk protein in terms of protein quality (Repo Carrasco Valencia et al., 2003).

**Table 7.** Amount of amino acids in quinoa seeds (mg kg<sup>-1</sup>)

Genotypes	arginine	histidine	lysine	aspartic acid	glutamic acid	cystine	proline
83-7	15.91	11.08	52.66	935.40	330.23	<R.L.	35.76
85-2	13.24	14.12	50.79	972.09	382.86	<R.L.	22.57
85-3	14.70	13.05	43.99	1036.50	397.78	<R.L.	12.64
86-7	20.56	28.93	49.40	780.53	298.53	<R.L.	39.99
124-2	10.97	21.43	42.95	680.67	264.87	<R.L.	36.23
124-5	18.34	21.04	37.46	850.26	345.02	<R.L.	42.75
126-3	13.32	19.81	36.92	1085.26	213.99	<R.L.	24.78
127-2	16.92	26.34	38.34	1098.25	330.48	<R.L.	16.05
127-5	17.44	28.34	42.34	1056.01	414.85	<R.L.	17.11
129-1	17.23	18.91	43.00	807.96	259.10	<R.L.	14.99
186-1	21.72	29.34	53.19	1133.16	408.05	<R.L.	33.45
187-3	23.13	20.51	37.97	787.72	326.25	<R.L.	17.52
188-2	23.49	27.27	46.12	917.75	390.25	<R.L.	44.48
191-2	25.84	13.21	43.62	876.13	268.53	<R.L.	25.93
192-4	27.97	23.80	52.96	1052.45	361.20	<R.L.	19.63
197-1	17.93	21.81	47.77	1000.28	317.44	<R.L.	22.33
208	18.39	22.24	41.02	807.25	307.47	<R.L.	27.07
2012-2	15.75	17.49	36.56	763.27	259.39	<R.L.	17.12
215	15.41	15.63	44.25	859.91	272.26	<R.L.	38.71
219-1	20.14	12.97	45.48	904.95	206.46	<R.L.	13.23
min	10.97	11.08	36.56	680.67	206.46		12.64
max	27.97	29.34	53.19	1133.16	414.85		44.48
mean	18.42	20.37	44.34	920.29	317.75		26.12
skewness	0.53	0.03	0.23	0.02	-0.08		0.42
kurtosis	-0.06	-1.13	-1.00	-1.06	-0.91		-1.27
sd	4.37	5.79	5.45	129.42	62.52		10.50
CV	23.70	28.44	12.29	14.06	19.68		40.20

<R.L. : Below the Reporting Limit. R.L. : Reporting Limit (0.5 mg kg<sup>-1</sup>)  
sd: standard deviation CV: coefficient of variation

In general, it is very rich in lysine amino acid, which is present in low amounts in cereals. It also contains a significant amount of methionine and cysteine. In this respect, it is a good complement to many legumes with low methionine and cysteine content (Doğan and Karwe, 2003; Jancurova et al., 2009). The protein activity ratio (PER) is similar to that of casein (Ranhotra et al., 1993). Digestibility (84.3%) was lower than casein (88.9%). The net protein utilization (NPU) value of quinoa proteins is 75.2 and the biological value is 82.6 (Ruales and Nair, 1992).

**Table 7.** Amount of amino acids in quinoa seeds (mg kg<sup>-1</sup>) (continue)

Genotypes	serine	threonine	valine	methionine	tyrosine	leucine+isoleucine	phenylalanine
83-7	<R.L.	39.88	135.44	4.96	25.46	50.04	55.10
85-2	<R.L.	52.53	77.39	4.70	29.25	47.73	49.59
85-3	<R.L.	24.86	51.54	5.78	23.54	48.29	42.73
86-7	<R.L.	25.10	45.81	8.34	22.79	38.58	39.16
124-2	<R.L.	56.01	39.01	5.60	16.53	47.02	33.65
124-5	<R.L.	38.48	77.64	3.55	23.70	41.47	47.55
126-3	<R.L.	22.85	62.11	3.54	37.27	41.94	53.17
127-2	<R.L.	27.44	90.70	4.51	39.84	43.27	55.47
127-5	<R.L.	35.94	72.76	6.41	33.13	51.70	45.23
129-1	<R.L.	27.05	65.81	2.16	26.33	35.12	42.75
186-1	<R.L.	23.92	61.91	6.96	41.42	37.62	61.88
187-3	<R.L.	38.42	77.23	7.57	31.01	49.10	45.64
188-2	<R.L.	35.73	66.65	9.43	44.95	36.53	75.39
191-2	<R.L.	21.05	89.69	9.46	41.80	41.59	52.38
192-4	<R.L.	27.09	81.21	6.68	32.64	52.92	38.87
197-1	<R.L.	32.51	78.35	7.79	42.87	52.23	43.38
208	<R.L.	36.93	90.41	7.39	34.15	37.75	50.56
2012-2	<R.L.	44.64	38.41	13.87	24.88	60.86	49.67
215	<R.L.	43.89	61.90	11.45	26.87	57.59	48.29
219-1	<R.L.	33.94	167.40	10.43	15.97	37.55	37.44
min		21.05	38.41	2.16	15.97	35.12	33.65
max		56.01	167.40	13.87	44.95	60.86	75.39
mean		34.41	76.57	7.03	30.72	45.45	48.40
skewness		0.64	1.65	0.56	0.05	0.42	1.15
kurtosis		-0.15	3.67	0.24	-0.94	-0.71	2.51
sd		9.79	30.45	2.91	8.63	7.40	9.38
CV		28.46	39.76	41.34	28.10	16.28	19.39

<R.L. : Below the Reporting Limit. R.L. : Reporting Limit (0.5 mg kg<sup>-1</sup>)

sd: standard deviation CV: coefficient of variation

### Content of mineral matter

No toxic lead or cadmium, which is carcinogenic in mineral content. Other mineral substances were found to contain differently. Mn (manganese) from 14.25 to 45.64 mg kg<sup>-1</sup>, Mg (magnesium) from 1713 to 3068 mg kg<sup>-1</sup>, Fe (iron) from 65.58 to 530 mg kg<sup>-1</sup>, Cu (copper) from 5 to 7 mg kg<sup>-1</sup>, Zn (zinc) ranged from 1.27 to 14.28 mg kg<sup>-1</sup> (Table 8).

Tan (2019) reported that Mn from 49.0 to 161.3 mg kg<sup>-1</sup>, Mg from 962 to 2344 mg kg<sup>-1</sup>, Fe from 265.9 to 498.6 mg kg<sup>-1</sup>, Cu from 27.4 to 92.5 mg kg<sup>-1</sup>, Zn from 41.3 to 85.2 mg kg<sup>-1</sup> ranged.



The mineral content of quinoa was collected in the outer bran layer, such as cereals (Repo Carrasco Valencia et al., 2011). The mineral content is about twice that of other grains. Growth conditions also affect the mineral content (Karyotis et al., 2003). Since the quinoa and other pseudocereals are rich in these minerals and other important minerals, the nutritional deficit can be easily closed (Alvarez-Jubete et al., 2009; Alvarez-Jubete et al., 2010).

**Table 8.** Amount of mineral matter in quinoa seeds (mg kg<sup>-1</sup>)

Genotypes	Mn	Mg	Cu	Fe	Zn	Pb	Cd
83-7	28.12	2581	6.47	78.81	11.28	<R.L	<R.L
85-2	25.66	2102	6.08	80.60	11.97	<R.L.	<R.L.
85-3	23.72	2633	6.58	85.27	12.98	<R.L	<R.L
86-7	27.12	1907	5.88	83.08	10.43	<R.L.	<R.L.
124-2	26.07	2046	6.11	67.26	10.07	<R.L.	<R.L.
124-5	25.88	2221	6.60	154.00	1.27	<R.L	<R.L
126-3	24.70	1713	5.34	107.00	14.19	<R.L	<R.L
127-2	21.86	1924	5.32	65.58	12.16	<R.L	<R.L
127-5	25.28	2049	6.68	91.04	11.56	<R.L	<R.L
129-1	28.72	2380	5.99	83.21	12.17	<R.L	<R.L
186-1	14.25	2041	5.00	68.51	9.07	<R.L.	<R.L.
187-3	22.71	2211	5.15	77.29	9.16	<R.L	<R.L
188-2	23.56	2872	6.35	80.40	10.28	<R.L.	<R.L.
191-2	45.64	3068	6.25	530.00	12.12	<R.L	<R.L
192-4	29.89	1854	6.09	179.00	14.28	<R.L.	<R.L.
197-1	31.70	2200	6.96	109.00	13.19	<R.L.	<R.L.
208	30.55	1902	7.49	94.35	12.87	<R.L	<R.L
2012-2	26.66	2341	6.66	92.77	12.22	<R.L	<R.L
215	28.11	2371	6.98	253.00	11.50	<R.L	<R.L
219-1	33.35	1966	6.25	84.91	11.37	<R.L	<R.L
min	14.25	1713.00	5.00	65.58	1.27		
max	45.64	3068.00	7.49	530.00	14.28		
mean	27.18	2219.10	6.21	123.25	11.21		
skewness	1.14	0.96	-0.24	3.38	-2.62		
kurtosis	4.85	0.53	-0.17	12.41	9.22		
sd	5.97	352.16	0.65	105.86	2.74		
CV	21.98	15.87	10.40	85.89	24.48		

<R.L. : Below the Reporting Limit. R.L. : Reporting Limit (0.5 mg kg<sup>-1</sup>)

sd: standard deviation CV: coefficient of variation

## CONCLUSIONS

In fact quinoa which dates back to ancient civilizations was re-introduced to the world, declared at 2013 as the Year of quinoa in order to achieve the next millennium development goals by the United Nations Council. The most important characteristics of quinoa are gluten-free and very high nutritional value. Quinoa is a good without gluten diet product for celiac patients.

As a result of the research, absent of cadmium and palladium elements in the mineral content are

nutritionally important. The amino acid content is similar to the literature, in particular the lysine amino acid, the need for daily lysine varies depending on age and weight. The daily requirement for children aged 2 to 12 years is specified as 23 milligrams per kilogram of body weight. In terms of vitamin C content, our samples were slightly higher than the average of the literature. Vitamin B and other parameters (moisture, protein, saponin and fat) in terms of our samples were found to coincide with the literature values.

The use of quinoa as an additional product in food products is expected to increase in our country over the years. In addition, studies on quinoa cultivation and breeding seem inevitable.

## ACKNOWLEDGEMENT

We want to thanks Akdeniz University Food Safety and Agricultural Research Center for analyzes.

## REFERANCES

- AAFRD, 2005. Quinoa The Next Cinderella Crop for Alberta? Alberta Agriculture, Food and Rural Development. Retrieved on March 13, 2019 from: [https://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/afu9961/\\$FILE/quinoa\\_final\\_report\\_june\\_05.pdf](https://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/afu9961/$FILE/quinoa_final_report_june_05.pdf)
- Abugoch JLE, 2009. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional, and functional properties. *Advances in Food and Nutrition Research*. 2009;58:1-31. doi: 10.1016/S1043-4526(09)58001-1.
- Alvarez-Jubete L, Arendt EK, Gallagher E, 2009. Nutritive value and chemical composition of pseudocereals as gluten-free ingredients. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60(4), 240-257
- Alvarez Jubete L, Arend, EK, Gallagher E, 2010. Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients. *Trends Food Science Technology*, 21, 106-113.
- Anonymous, 1980. ICC Standard No: 105/1. Method for the determinations of crude protein in cereals and cereal products for food and for Feed. *Standard Methods of the International Association for Cereal Chemistry (ICC)*. Verlag Moritz Schafer. Detmold
- AOAC, 2005. Official methods of analysis of international. The association of official agricultural chemists. Suite 500 481 North frederick avenue Gaithersburg, Mary Land 20877-2417, USA.
- Balcı AB, Çetin MD, 2017. Kinoa'nın (*Chenopodium quinoa* Willd.) insan ve balık beslenmesindeki yeri. 2nd International Academic Research Congress (INES), 18-21 October, Alanya, 2256-2260. (in Turkish)
- Barakat MZ, El-Wahab, MFA, El-Sadr MM, 1955. Action of N-bromosuccinimide on ascorbic acid. *Biochemistry Department, Faculty of Medicine, Abbassia, Cairo, Egypt. Analytical Chemistry* 27:536-540.
- Bayram M, Pekacar S, Deliorman Orhan D D, 2018. Kinoa ve Sağlık Üzerine Etkileri Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi 2018; 7(2): 47 -57. (in Turkish)
- 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. doi: 10.1016/j.fcr.2006.10.001
- Bhargava A, Shukla S, Ohri D, 2006. *Chenopodium quinoa*-an Indian perspective. *Industrial Crops and Products*, 23, 73-87.
- Bilgiçli N, İbanoğlu Ş, 2015. Effect of pseudo cereal flours on some physical, chemical and sensory properties of bread. *Journal of Food Science and Technology*, 52: 7525-7529.
- Brady K, Ho CT, Rosen RT Sang, S, Karwe MV, 2007. Effects of processing on the nutraceutical profile of quinoa. *Food Chemistry* 100 (2007) 1209–1216. doi:10.1016/j.foodchem.2005.12.001
- Chaves ES, Santos EJ, Araujo RGO, Oliveira JV, Frescura VLA, Curtius AJ, 2010. Metals and phosphorus determination in vegetable seeds used in the production of biodiesel by ICP OES and ICP-MS. *Microchemical Journal* 96: 71–76. doi:10.1016/j.microc.2010.01.021.
- Doğan H, Karwe MV, 2003. Physicochemical properties of quinoa extrudates. *Food Science and Technology International*, 9(2), 101-114.

- Elgün A, Ertugay Z, Certel M, Kotancılar HG, 2002. Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü ve Laboratuvar Uygulama Klavuzu (3.Baskı) Atatürk Üniversitesi Yayın No: 867, Ziraat Fakültesi Yayın No:335, Ders Kitapları Serisi No:82 Erzurum s:245. (in Turkish)
- Enriquez N, Peltzer M, Raimundi A, Tosi V, Pollio ML, 2003. Characterization of wheat and quinoa flour in relation to their breadmaking quality. The Journal of the Argentine Chemical Society, 91(4-6):47–54
- Falandysz J, Frankowska A, Jarzyńska G, Dryżałowska A, Kojta AK, Zhang D. 2010. Survey on composition and bioconcentration potential of 12 metallic elements in King Bolete (*Boletus edulis*) mushroom that emerged at 11 spatially distant sites. Journal Environmental Science and Health, Part B, 46:231–246. doi: 10.1080/03601234.2011.540528
- Galwey NW, Leakey CLA, Price KR, Fenwick GR, 1990. Chemical composition and nutritional characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Food Science & Nutrition, 42F; 245–261
- Güçlü Üstündağ O, Mazza G, 2007. Saponins: Properties, applications and processing. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 47; 231–258.
- Hoseney RC, 1986. Principles of cereal science and technology. American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, 378 p, Minnesota
- James LEA, 2009. "Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional, and functional properties". Advances in Food and Nutrition Research, 58: 1-31 doi: 10.1016/S1043-4526(09)58001-1
- Jancurova M, Minarovicova L, Dandar A, 2009. Quinoa-a review. Czech Journal of Food Sciences, 27(2), 71-79.
- Kakabouki I, Bilalis D, Karkanis A, Zervas G, Tsiplakou E, Hela D, 2014. Effects of fertilization and tillage system on growth and crude protein content of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): An alternative forage crop. Emirates Journal Food and Agriculture, 26 (1): 18-24 doi: 10.9755/ejfa.v26i1.16831
- Karyotis T, Iliadis C, Noulas C, Mitsibonas T, 2003. Preliminary research on seed production and nutrient content for certain quinoa varieties in a saline–sodic soil. Journal of Agronomy Crop Science. 189, 402–408. doi: 10.1046/j.0931-2250.2003.00063.x
- Kealey, L. 2017. Quinoa — Opportunities and challenges in Australia. Rural Industries Research and Development Corporation. Retrieved on March 13, 2019 from: [https:// www.rirdc.gov.au](https://www.rirdc.gov.au)
- Kıvrak İ, 2015. Analytical methods applied to assess chemical composition, nutritional value and in vitro bioactivities of *Terfezia olbiensis* and *Terfezia clavaryi* from Turkey. Food Analytical Methods, 8(5), 1279-1293. <http://dx.doi.org/10.1007/s12161-014-0009-2>.
- Kozioł MJ, 1992. Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Journal of Food Composition Analysis, 5: 35–68.
- Kraujalis P, Venskutonis PR, Pukalskas A, Kazernavičiūtė R, 2013. Accelerated solvent extraction of lipids from *Amaranthus* spp. seeds and characterization of their composition. LWT-Food Science and Technology, 54(2), 528-534.
- Lindeboom N, 2005. Studies On The Characterization, Biosynthesis And Isolation Of Starch And Protein From Quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.). (Doctoral dissertation). Department of Applied Microbiology and Food Science University of Saskatchewan Saskatoon. Canada.
- Martinez EA, 2015. Quinoa: nutritional aspects of the rice of the Incas. FAO & CIRAD. State of the Art Report of Quinoa in the World in 2013, by D. Bazile, D. Bertero & C. Nieto, eds. Rome. Chapter 3.4 p:278-285.
- Miranda M, Vega Galvez A, Quispe-Fuentes I, Rodriguez MJ, Maureira H, Martinez EA, 2012. Nutritional aspects of six quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.) ecotypes from there geographid areas of Chile. Chilean Journal of Agricultural Research, 72(2), 175-181.
- NIFS, 2012. Exploration on the feasibility of A Dutch quinoa chain “Quinoa, the most nutrient-dense ‘grain ’ in the world”, Fautapo, La Paz, Bolivia. A report for Nuffield international Farming Scholars. Retrieved on March 13, 2019 from: <https://nuffieldinternational.org/live/Report/NL/2012/rens-kuijten+&cd=19&hl=tr&ct=clnk&gl=tr>
- Park HS, Morita N, 2004. Changes of bound lipids and composition of fatty acids in germination of quinoa seeds. Food Science and Technology Research, 10(3), 303-306.

- Prego I, Maldonado S, Otegui M, 1998. Seed structure and localization of reserves in *Chenopodium quinoa*. *Annals of Botany*, 82, 481-488.
- Ranhotra GS, Gelroth JA, Glaser BK, Larenz KJ, Johnson D, 1993. Composition and protein quality of quinoa. *Cereal Chemistry*, 70, 303–305.
- Reichert RD, Tatarynovich JT, Tyler RT, 1986. Abrasive Dehulling of Quinoa (*Chenopodium quinoa*) Effect on Saponin Content as Determined by an Adapted Hemolytic Assay. *Cereal Chemistry*, 63(6): 471-475.
- Repo Carrasco Valencia R, Serno LA, 2011. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as a source of dietary fiber and other functional components. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos*, 31(1), 225-230.
- Repo Carrasco Valência RAM, Espinoza C, Jacobsen SE, 2003. Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food Reviews International*, V. 19, p. 179-189
- Ruales J, Nair BM, 1993. Content of fat, vitamins and minerals in quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) seeds. *Food Chemistry*, 48(2), 131-136
- Ruales J, Nair BM, 1992. Nutritional quality of the protein in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds. *Plant Foods for Human Nutrition*, 42, 1–12.
- Schoenlechner R, Siebendhandl S, Berghofer E, 2008. Pseudocereals, gluten-free cereal products. In E. K. Arendt & Bello D. F. (Eds.), *Food science and technology international series*, (pp.161-189).
- Tan M, 2019. Macro and micromineral contents of different quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) varieties used as forage by cattle. *Turkish Journal of Agriculture Forestry* 43: doi:10.3906/tar-1904-10 (in press).
- USDA, 2019. United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service, Food Products Database. Retrieved on April 15, 2019 from: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/45210122?fgcd=&manu=&format=&count=&max=25&offset=&sort=default&order=asc&qlookup=WHITE+QUINOA%2C+UPC%3A+041224721487&ds=&qt=&qp=&qa=&qn=&q=&ing=>.
- Yazar A, İncekaya Ç, Sezen MS, Tekin S, 2015. Quinoa experimentation and production in Turkey. *FAO & CIRAD. State of the Art Report of Quinoa in the World in 2013*, by D. Bazile, D. Bertero & C. Nieto, eds. Rome. Chapter: 6.1.4 p:466-477
- Vega-Gálvez, A, Miranda M, Vergara J, Uribe E, Puente L, Martínez EA, 2010. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(15), 2541-2547.
- Vega Gálvez 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 of Food and Agriculture* 90:2541-2547. Doi: 10.1002/jsfa.4158
- Wright KH, Huber KC, Fairbanks DJ, Huber CS, 2002. Isolation and characterization of *Atriplex hortensis* and sweet *Chenopodium quinoa* starches. *Cereal Chemistry*. 79 (5), 715– 719
- Zurita Silva A, Fuentes F, Zamora P, Jacobsen SE, Schwember A, 2014. Breeding quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): potential and perspectives. *Molecular Breeding*, 34; 13–30. doi: 10.1007/s11032-014-0023-5
- Xu LN, Guo S, Zhang SW, 2019. Effects of solid-state fermentation on the nutritional components and antioxidant properties from quinoa. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 2019. 31(1): 39-45. doi: 10.9755/ejfa.2019.v31.i1.1898

## Sivas İli Doğal Florasından Toplanan Sarı Kantaron (*Hypericum scabrum* L.) ve Aslan Peçesi (*Alchemilla mollis* (Buser) Rothm) Bitkilerinin Bazı Kalite Kriterlerinin Belirlenmesi

Esra UÇAR SÖZMEN<sup>1</sup>, Nuraniye ERUYGUR<sup>2</sup>, Hüseyin Aşkın AKPULAT<sup>3</sup>, Metin Durmuş ÇETİN<sup>4</sup>, Hasan DURUKAN<sup>1</sup>, Ahmet DEMİRBAŞ<sup>1</sup>, Tolga KARAKÖY<sup>5</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada Sivas ilinde doğal olarak yetişen sarı kantaron (*Hypericum scabrum*) ve aslan peçesi (*Alchemilla mollis* (Buser) Rothm) bitkilerinin antioksidan aktivite ve makro-mikro besin içerik değerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Elde edilen veriler makro ve mikro besin elementleri açısından değerlendirildiğinde, her iki bitkide de Mg, Ca, Zn ve Cu (mg kg<sup>-1</sup>) normal düzeylerde yer alırken Fe ve Mn oranlarının oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Sarı kantaron bitkisinde major bileşen olarak 3-keto-urs-12-ene (%11.99) belirlenirken, aslan peçesinde Phytol (%34.84) majör bileşen olarak tespit edilmiş her iki bitki de orta derecede antioksidan aktivite göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Aslan peçesi, sarı kantaron, tıbbi ve aromatik bitkiler

### Determination of Some Quality Criteria of St. John's Wort (*Hypericum scabrum* L.) and Lady's Mantle (*Alchemilla mollis* (Buser) Rothm) Plants Collected from the Natural Flora of Sivas Province

**ABSTRACT:** In this study, it is aimed to determine the antioxidant activity and macro-micro nutrient contents of St. John's Wort (*Hypericum scabrum* L.) and Lady's Mantle (*Alchemilla mollis* (Buser) Rothm) plants which are grown naturally in Sivas province. When the obtained data were evaluated in terms of macro and micro nutrients, Mg, Ca, Zn and Cu levels were found to be normal in both plants and Fe and Mn ratios were quite high. While 3-keto-urs-12-ene (11.99%) was determined as the major component in the St. John's Wort plant, Phytol (34.84%) was obtained as the major component in the lion's paw, both plants showed moderate antioxidant activity.

**Key Words:** St. John's wort, lady's mantle, medicinal and aromatic plants

<sup>1</sup>Esra UÇAR SÖZMEN (Orcid ID: 0000-0001-6327-4779), Hasan DURUKAN (Orcid ID: 0000-0002-2255-7016), Ahmet DEMİRBAŞ (Orcid ID: 0000-0003-2523-7322), Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Sivas, Türkiye

<sup>2</sup>Nuraniye ERUYGUR (Orcid ID: 0000-0002-4674-7009), Selçuk Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Farmakognosi A.B.D., Konya, Türkiye

<sup>3</sup>Hüseyin Aşkın AKPULAT (Orcid ID: 0000-0001-8394-2746), Cumhuriyet Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Biyoloji Eğitimi A.B.D., Sivas, Türkiye

<sup>4</sup>Metin Durmuş ÇETİN (Orcid ID: 0000-0002-8686-0364), Antalya Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü

<sup>5</sup>Tolga KARAKÖY (Orcid ID: 0000-0002 5428-1907), Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Sivas, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Esra UÇAR, e-mail: eucar@cumhuriyet.edu.tr

\* Bu çalışma Esra UÇAR'ın SMYO-12 nolu BAP projesi olarak yürütülmüştür.



## GİRİŞ

Bugün Dünya'da yaklaşık 20000 bitki türü tıbbi amaçlı kullanılmaktadır. Bu bağlamda Dünya florasının önemli bir parçası olan tıbbi ve aromatik bitkiler geniş bir biçimde farklı floristik bölgelere dağılmıştır. Dünya genelinde 35000-70000 türün çeşitli kültürlerde tıbbi ve aromatik amaçlı kullanıldığı tahmin edilmektedir (Arslan ve ark., 2001). Türkiye gerek farklı iklimlere sahip olması gerekse üç fitocoğrafik bölgenin kesişme noktasında bulunması sebebiyle bitki türlerinin çeşitliliği bakımından dünyanın zengin ülkelerinden birisidir. Ülkemizde yaklaşık 10000 civarında bitki türü bulunmaktadır ve bunlardan 3000 kadarı da endemiktir. Bu bitkilerin 1000 kadarının tıbbi amaçlarla kullanıldığı kabul edilmektedir (Arslan ve ark., 2000).

Sivas ili tıbbi ve aromatik bitkiler açısından oldukça zengin bir bölgedir. Bu bitkiler içinde sarı kantaron (*Hypericum L.*) ve aslan peçesi (*Alchemilla L.*) türleri yoğun şekilde talep görmekte ve toplanmaktadır. Sivas ilinde *Hypericum* cinsinin *Hypericum lydium*, *H. thymrifolium*, *H. capitatum*, *H. thymopsis*, *H. scabrum*, *H. venustum*, *H. linarioides*, *H. pumilio*, *H. organifolium* türleri yer alırken, *Alchemilla* cinsinin *Alchemilla lithophila*, *A. pseudocartalinica*, *A. holocycla*, *A. mollis*, *A. bornmuelleri* türleri doğal olarak yetişmektedir (Davis, 1967).

Sarı kantaron otunun (*Hypericum sp.*); idrar söktürücü, parazit giderici, göğüs yumuşatıcı, antispazmatik, haricen antiseptik ve yara iyileştirici özellikleri vardır. Bu bitkinin çiçekleri zeytinyağında bekletilerek elde edilen karışım, özellikle yanıkların tedavisinde çok etkilidir (Baytop, 1999). Ayrıca prostat kanseri tedavisinde kullanılabilir etkili bir doğal bileşiktir (Martarelli ve ark., 2004). Aslan peçesi (*Alchemilla sp.*) bitkisi ise ishal, dizanteri, adet ağrılarında ve damar hastalıklarında kullanılmaktadır. Ayrıca deri ve ağız kaşıntılarında ve iltihabında kullanılmaktadır (Baytop, 1999).

Bu çalışma ile Sivas ili doğal ekolojik koşullarından toplanan sarı kantaron ve aslan peçesi bitkilerinin makro ve mikro besin içerik değerleri ve farklı çözücülerle hazırlanan (su ve metanol) ekstraktların kimyasal bileşenlerinin ve antioksidan aktivitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada materyal olarak kullanılan sarı kantaron (*Hypericum scabrum*) ve aslan peçesi (*Alchemilla mollis* (Buser) Rothm) bitkileri Sivas ilinin doğal habitatından 2017 yılında toplanmıştır. Toplanan bitkiler gölgede kurutularak, laboratuvar tipi öğütücü ile ekstraksiyona uygun büyüklüğe getirilmiştir.

### Ekstraktların Elde Edilmesi

Bitki materyalleri toz haline getirildikten sonra su ve metanol ile maserasyon yapılmıştır. Bir gün karıştırıcıda bekletildikten sonra bitki parçacıkları süzülmüştür. Su ve metanol ekstraktları daha sonra etüv yardımıyla kurutularak ekstraktlar elde edilmiştir.

### Ekstrelerin Gaz Kromatografisi- Kütle Spektrometresi (GC/MS) ve GC analizi

Ekstrelerin bileşenlerinin belirlenmesi amacıyla yapılmış olan analizde ayırım (seperasyon) için GC (Gaz Kromatografisi) ve tayin ve tespit (dedeksiyon) için MS (Kütle Spektrometresi) kullanılmıştır.

### Makro-Mikro Besin İçeriklerinin Belirlenmesi

Öğütülerek toz hale getirilen örneklerde N konsantrasyonu modifiye Kjeldahl yöntemiyle (Bremner, 1965) belirlenmiştir. P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn ve Cu konsantrasyonlarında ise 0.200 g bitki örnekleri porselen krozede tartılıp 550 °C de 5 saat kül fırınında kuru yakma yapılmıştır. Kül fırınından

çıkartılan örnekler 1/3'lük HCl ve saf su ilave edilerek süzük elde edilmiştir. Elde edilen süzükte; P 882 nm'de UV-spektrofotometrede (Murphy ve Riley, 1962), K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn ve Cu konsantrasyonları Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre (AAS) ile belirlenmiştir (Kacar ve Inal, 2008). Antioksidan Aktivite Tayini

### DPPH serbest radikal süpürücü etki tayini

Bitki ekstrelerinin DPPH radikal süpürücü etkisinin tayini Blois metodu kullanılarak yapılmıştır (Blois 1958). Numunelerin etanoldeki 3ml çözeltisine 1 ml metanollü  $1.5 \times 10^{-4}$  M DPPH çözeltisi ilave edilerek 30 dakika karanlıkta bekletilmiş ve 520 nm'de absorbans ölçülmüştür. Pozitif kontrol olarak gallik asit kullanılmıştır. Sonuçlar aşağıdaki eşitlik kullanılarak % DPPH süpürücü etki olarak ifade edilmiştir. Deneyle paralel üçer grup şeklinde yapılmış ve sonuçlar değerlendirilirken Standard ortalama hata (SEM) hesaplanmıştır.

$$\% \text{ DPPH Süpürücü Etki} = ((\text{Kontrol Absorbansı} - \text{Numune Absorbansı}) / \text{Kontrol Absorbansı}) \times 100$$

Kontrol absorbansı test maddelerini içermeyen tüm çözeltileri numune absorbansı ise ekstre/ gallik asit absorbansını ifade etmektedir.

### 2,2'-Azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) radikal süpürücü testi

Bitki ekstresinin ABTS radikal süpürücü aktivitesini tespit etmek amacıyla Re ve ark. (1999)'nın metodu kullanılmıştır. ABTS stok solüsyonu, 7 mM ABTS+ ve 2.4 mM potasyum persülfat karışımının karanlıkta ve oda sıcaklığında 12 h tepkimeye girmesiyle hazırlanmıştır. Çalışma solüsyonu öncelikle hazırlanan stok solüsyonuna metanol ilave edilerek dilüe edilmiş ve 734nm dalga boyundaki absorpsiyonu  $0.076 \pm 0.001$  olarak ayarlanmıştır. 1mL değişik konsantrasyonlardaki bitki ekstresi ( $0.2-1.0 \text{ mg ml}^{-1}$ ) 1ml ABTS+ ile tepkimeye sokulmuştur. 7dk sonra spektrofotometre ile 734 nm deki absorpsiyonu ölçülmüştür. Bitki ekstresinin ABTS+ süpürücü aktivitesi pozitif kontrol olarak kullanılan gallik asit ile karşılaştırılmış ve inhibisyon yüzdesi aşağıdaki formülle hesaplanmıştır:

$$\text{ABTS+ süpürücü aktivitesi}(\%) = [(\text{Abskontrol} - \text{Abstest}) / (\text{Abskontrol})] \times 100$$

Abskontrol: ABTS+ radikal ve metanol karşımının absorpsiyonu

Abstest: ABTS+ radikal ve test çözeltisi veya referans karşımının absorpsiyonu

### Total fenol miktar tayini

Elde edilen ekstre ve fraksiyonlarda bulunan total fenol miktarını tespit etmek amacıyla Folin-Ciocalteu kolorimetrik metot kullanılmıştır (Igbiosa ve ark., 2013). Gallik asit 100 ml %10 etanol içinde çözülerek hazırlanan stok çözeltisinden bir seri dilüsyon çözeltisi  $0.1 \text{ mg ml}^{-1}$ ;  $0.15 \text{ mg ml}^{-1}$ ;  $0.25 \text{ mg ml}^{-1}$ ;  $0.5 \text{ mg ml}^{-1}$  ve  $1 \text{ mg ml}^{-1}$  hazırlanmıştır. Test numunelerinden 10'ar mg tartılarak distile suyla 10 ml'ye tamamlandıktan sonra; hem gallik asit dilüsyonlarından hem de numunelerden 100'er µL alınarak tüplere konulmuş ve her tüpün içerisine 900 µl distile su; 5 ml Folin-Ciocalteu fenol çözeltisi (1:10) ve 4 ml  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  çözeltisi ( $75 \text{ g L}^{-1}$ ) eklenerek karanlık yerde, oda sıcaklığında 2 saat bekletilmiştir. UV spektrofotometresinde 765 nm'de öncelikle stok çözelti dilüsyonlarının absorbansları ölçülerek bir kalibrasyon grafiği oluşturulmuştur. Daha sonra numunelerin absorbans değerlerinden total fenol miktarları hesaplanmıştır.

### Total flavonoit miktar tayini

Ekstre ve fraksiyonlardaki total flavonoit miktarını belirlemek için Alüminyum klorür kolorimetrik yöntemi kullanılmıştır (Bag ve ark. 2015). Kalibrasyon için Kersetin'in 1 mg ml<sup>-1</sup> stok çözeltisinden 0.0625 mg ml<sup>-1</sup>, 0.125 mg ml<sup>-1</sup>, 0.25 mg ml<sup>-1</sup>, 0.5 mg ml<sup>-1</sup>, 1 mg ml<sup>-1</sup> seri dilüsyon çözeltileri hazırlanmıştır. 2 mg ml<sup>-1</sup> bitki ekstresi (%75 etanol)'nden ve standart seri çözeltisinden 500 µl alınmıştır. zerlerine sırasıyla 1500 µl EtOH(%75), 100 µL %10 AlCl<sub>3</sub>, 100 µl 1M Sodyum Asetat ve 2800 µl H<sub>2</sub>O ilave edilmiş ve 30 dk 25°C de bekletildikten sonra, 415 nm dalga boyunda absorbanı okunmuştur. Kersetin stok çözelti dilüsyonlarının absorbanları ölçülerek bir kalibrasyon grafiği oluşturulmuştur.

### BULGULAR VE TARTIŞMA

#### Elde Edilen Ekstrelerin GC/MS Analizi

Her iki bitkide de su ve metanol ekstreleri karşılaştırıldığında metanol ekstrelerinde daha fazla bileşen elde edildiği görülmüştür. *Hypericum scabrum* bitkisinde majör bileşen olarak 3-keto-urs-12-ene (%11.99) (Tablo 1), *Alchemilla mollis* bitkisinde Phytol (%34.84) majör bileşen olarak tespit edilmiştir (Tablo 2). Akhbari ve ark. (2012) *Hypericum scabrum* bitkisiyle yapmış oldukları çalışmada başlıca komponenti "α-pinene (70.21%)" olarak saptamışlardır. Avrupa farmakopesine göre aslan pençesi bitkisinde chlorogenic ve caffeic asit bileşenleri mevcutken, bizim çalışmamızda bu iki bileşen tespit edilememiştir. Aynı şekilde Akkol ve ark. (2015)'da *A. mollis* bitkisinin kök ekstrelerinde bu iki bileşene rastlayamadıklarını belirtmişlerdir.

**Tablo 1.** Sarı kantaron (*Hypericum scabrum*) su ve metanol ekstre bileşenleri

No	RT	Bileşenler	Bağlı yüzde (%)	
			Su	Metanol
1	18.662	1,4:3,6-Dianhydro-.alpha.-d-glucopyranose	7.05	
2	19.023	4,5-Dimethyl-3-heptanol		2.43
3	28.264	1-Dodecanol (CAS)	15.43	
4	28.275	Cyclododecane (CAS)		1.79
5	29.379	Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl) -	7.34	0.80
6	33.471	Dodecylacrylate		7.39
7	37.728	Hexadecanoicacid, methyl ester (CAS)	1.04	2.09
8	38.844	Hexadecanoicacid, ethyl ester (CAS)		2.28
9	45.944	Isosteviolmethyl ester	3.48	
10	46.980	3-KETO-URS-12-ENE		11.99
11	51.775	3,7,11-Trimethyl-dodeca-2,6,10-trienoic acid		4.06
12	52.038	Tetracosapentaene, 2,6,10,15,19,23 -hexamethyl- (CAS)		4.21
13	53.023	Trichothec-9-en-4-ol, 7,8:12,13-diepoxy-, 2-butenolate, [4.beta.(Z),7 .beta.,8.bet		5.99
14	55.695	Pyridine-3-carboxamide, oxime, N-(2-trifluoromethylphenyl)-		4.30
<b>Toplam</b>			<b>34.34</b>	<b>47.33</b>

**Tablo 2.** Aslan pençesi (*Alchemilla mollis*) su ve metanol ekstre bileşenleri

No	RT	Bileşenler	Bağlı yüzde (%)	
			Su	Metanol
1	16.751	4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-	0.90	2.17
2	19.000	4-vinylphenol		3.55
3	28.263	n-Tridecan-1-ol		6.95
4	29.373	Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)- (CAS)		2.33
5	33.470	2-Propenoic acid, tridecyl ester	4.8	24.89
6	35.113	(-)-Loliolide		1.63
7	40.749	Phytol	5.7	34.84
8	44.645	Neophytadiene		2.56
<b>Toplam</b>			<b>11.4</b>	<b>78.92</b>

### Makro-Mikro Besin Elementi İçerik Değerleri

Araştırmada sarı kantaron bitkisinin N konsantrasyonu %1.2 N olarak, aslan pençesi bitkisinin ise %1.1 N olarak tespit edilmiştir (Tablo 3). Her iki bitki içinde azot (%) değerleri (bitkideki yeter miktarı 2.00-2.40 (Aksu, 2008)) değerlendirildiğinde; elde edilen değerlerin sınır değerleri arasında yer almadığı ve bitkideki miktarlarının noksan kaldığı görülmüştür. P konsantrasyonunda ise sarı kantaron bitkisinde %0.214 P olarak belirlenmişken, aslan pençesi bitkisinde P konsantrasyonu oldukça düşük olarak belirlenmiştir (%0.036 P). Sarı kantaron bitkisinin K, Mg, Ca, Fe, Zn, Mn ve Cu konsantrasyonları sırasıyla %1.36 K, %0.85 Mg, %2.98 Ca, 458.9 mg Fe kg<sup>-1</sup>, 45.7 mg Zn kg<sup>-1</sup>, 187.2 mg Mn kg<sup>-1</sup> ve 21.7 mg Cu kg<sup>-1</sup> iken, aslan pençesinde bu değerler %0.93 K, %0.78 Mg, %2.37 Ca, 511.2 mg Fe kg<sup>-1</sup>, 35.6 mg Zn kg<sup>-1</sup>, 255.8 mg Mn kg<sup>-1</sup> ve 11.3 mg Cu kg<sup>-1</sup> şeklindedir. Her iki bitkinin de makro ve mikro element konsantrasyonları bir bütün olarak değerlendirildiğinde; Fe ve Mn konsantrasyonları hariç sarı kantaron bitkisinin aslan pençesi bitkisine oranla daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmüştür. Fe ve Mn konsantrasyonlarındaki yüksekliğin, bitkilerin maden yatağı yakınlarından ya da yol kenarlarından toplanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

**Tablo 3.** Sarı kantaron (*Hypericum scabrum*) ve Aslan pençesi (*Alchemilla mollis*) bitkilerinin makro ve mikro besin içerik değerleri

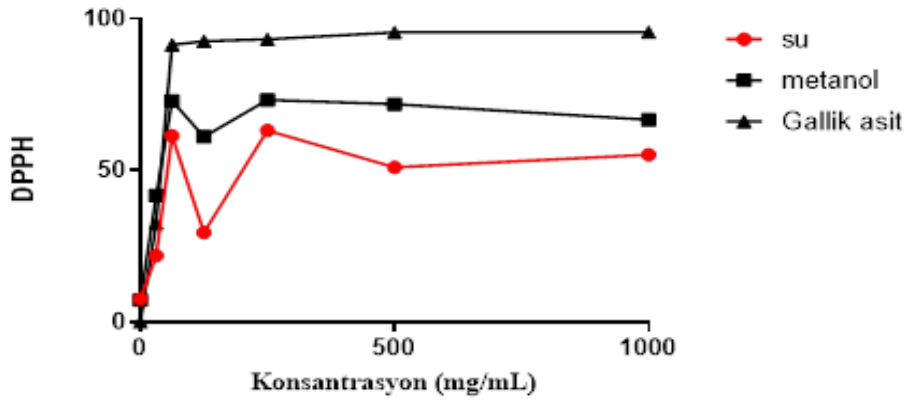
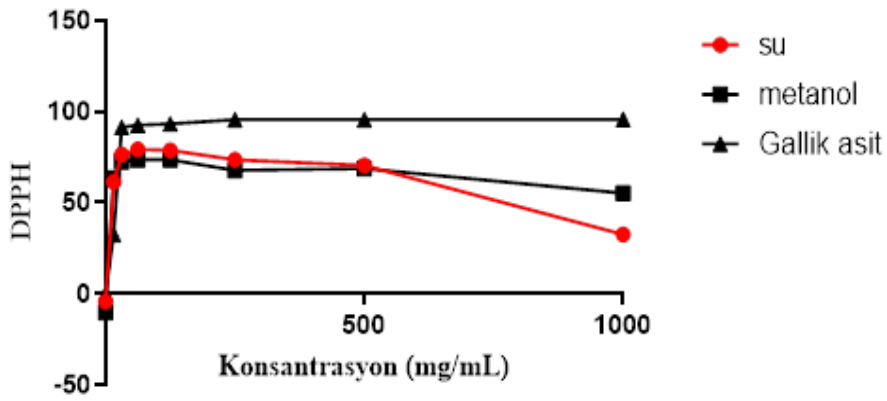
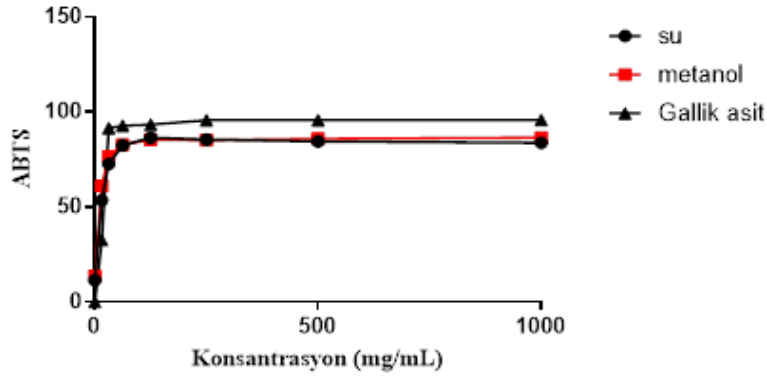
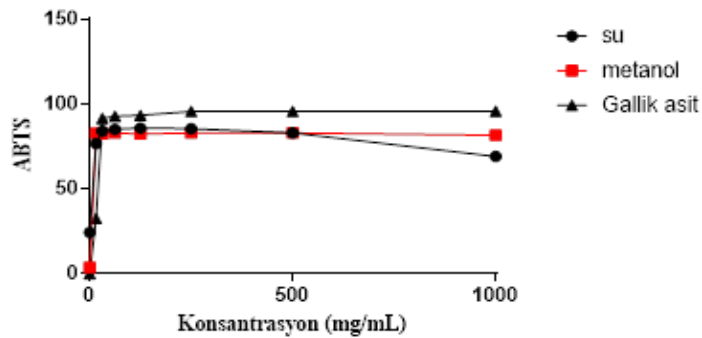
Bitki türü	N	P	K (%)	Mg	Ca	Fe	Zn	Mn	Cu
<i>H. scabrum</i>	1.2	0.214	1.36	0.85	2.98	458.9	45.7	187.2	21.7
<i>A. mollis</i>	1.1	0.036	0.93	0.78	2.37	511.2	35.6	255.8	11.3

### DPPH Serbest Radikal Süpürücü Etki Tayini

DPPH radikal süpürme aktivite yönteminde hazırlanan DPPH çözeltisinin rengi viole renklidir ve ortamda radikal süpürücü madde varsa, bu DPPH radikal çözeltisinin rengi açılır veya sarı renk alır. Burada oluşan renk değişiminin absorbans değerleri 515 nm de ölçülür. Sarı kantaron ve aslan pençesi bitkilerinin antioksidan aktivite değerleri DPPH metoduna göre değerlendirildiği zaman, her iki bitkininde su ve metanol ekstraktları arasında fazla bir fark olmadığı DPPH radikal süpürme etkisinin belirli bir noktaya kadar artış göstermesine rağmen, antioksidan aktivite değerlerinin yine de düşük olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 1; Şekil 2). Eruygur ve ark. (2019) *Hypericum lydiium* bitkisinde DPPH yöntemi kullanarak, bitkinin antioksidan aktivite değerini incelemişler ve yüksek oranda antioksidan aktivite gösterdiğini saptamışlardır. Akhbari ve ark. (2012) *Hypericum scabrum* türünde antioksidan aktivitesinin olduğunu bildirmiştir. Aynı şekilde *Alchemilla* türlerinde de antioksidan aktivitenin mevcut olduğu belirlenmiştir (Jonadet ve ark., 1986; Trendafilova ve ark., 2011).

### 2,2'-Azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) Radikal Süpürücü Testi

ABTS radikali potasyum persülfat ile ABTS çözeltisinin 12-16 saat tepkimeye girmesiyle üretilir ve örneklerdeki mevcut antioksidan bileşiklerin ABTS radikalini süpürme gücüne dayanır. Sonuçlar değerlendirildiğinde, çalışmamızda yer alan bitkilerin su ve metanol ekstraktlarının ABTS radikal süpürücü aktivitesinin birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir. Bu duruma ekstrede bulunan ve metanole geçmiş bulunan non-polar ve suya geçen polar bileşiklerin antioksidan aktivite değerlerinin birbirine yakın özellikte olmasının neden olduğu düşünülmektedir. Her iki bitki için de ABTS radikal süpürme etkisi belirli bir noktaya kadar artış göstermiş ancak, ABTS testine göre antioksidan aktivite değerlerinin orta düzeyde kaldığı belirlenmiştir (Şekil 3; Şekil 4).

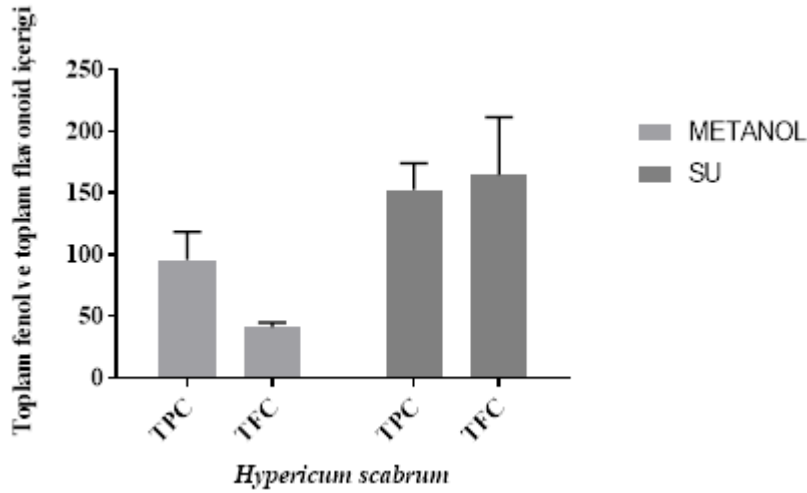
Sivas İli Doğal Florasından Toplanan Sarı Kantaron (*Hypericum Scabrum*) ve Aslan Pençesi (*Alchemilla Mollis*) Bitkilerinin Bazı Kalite Kriterlerinin BelirlenmesiŞekil 1. Sarı kantaron (*Hypericum scabrum*) su ve metanol ekstraktlarının DPPH radikal süpürücü aktivite sonuçlarıŞekil 2. Aslan pençesi (*Alchemilla mollis*) su ve metanol ekstraktlarının DPPH radikal süpürücü aktivite sonuçlarıŞekil 3. Sarı kantaron (*Hypericum scabrum*) su ve metanol ekstraktlarının ABTS radikal süpürücü aktivite sonuçlarıŞekil 4. Aslan pençesi (*Alchemilla mollis*) su ve metanol ekstraktlarının ABTS radikal süpürücü aktivite sonuçları



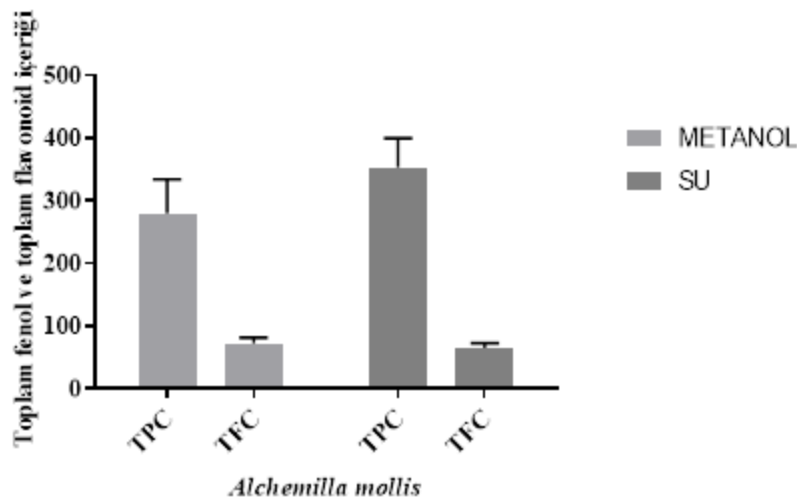
### Total Fenol ve Flavonoit miktar Tayini

Sarı kantaron metanol ve su ekstresi total flavonoit ve fenolik bileşik miktarı bakımından karşılaştırıldığında, su ekstresinde hem toplam fenol konsantrasyonunun hem de toplam flavonoid içeriğinin metanol ekstresine göre daha fazla çıktığı görülmüştür. Aslan pençesi bitkisinde ise toplam fenol ve flavonoid içerikleri değerlendirildiğinde su ekstresinin fenolik madde içeriğinin metanol ekstrelere göre daha yüksek miktarda olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5; Şekil 6).

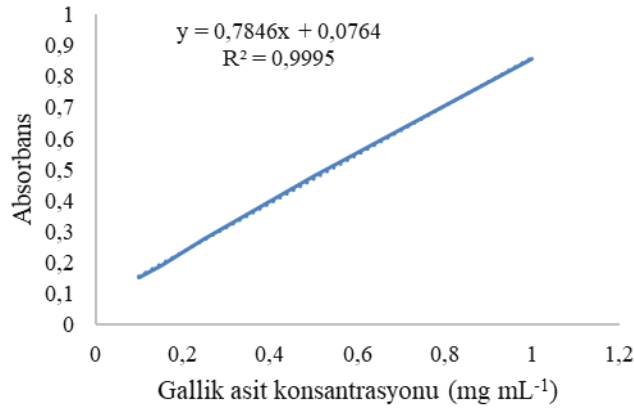
Ekstrelerde bulunan total fenolik bileşikler Gallik asit'e eşdeğer olarak mg g<sup>-1</sup> cinsinden, total flavonoit miktarları ise Kuersetin'e eşdeğer mg g<sup>-1</sup> kuru ekstre bazında değerlendirilmiştir. Gallik asit ve kuersetin'den hazırlanan standart kalibrasyon eğrisi Şekil 7 ve Şekil 8'de verilmiştir. Fenolik bileşikler esansiyel yağlarda bulunan aktif bileşiklerdir ve bunlar antioksidant etki göstererek serbest radikallerin neden olduğu doku zararını ortadan kaldırır ve hücrelerin zarar görmesine engel olurlar (Do 2004; Silva 2006; Oreopoulou 2019).



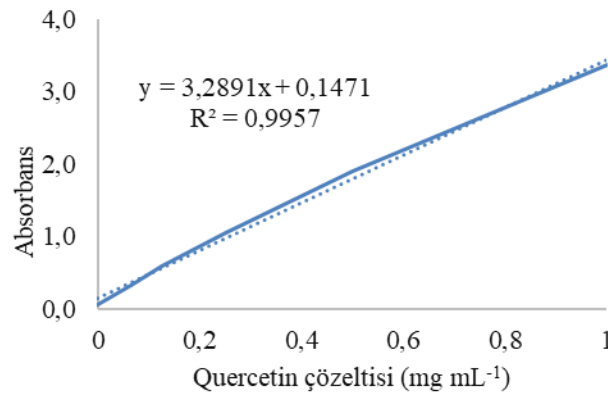
Şekil 5. Sarı kantaron (*Hypericum scabrum*) su ve metanol ekstrelerinin total fenol ve total flavonoit miktarları



Şekil 6. Aslan pençesi (*Alchemilla mollis*) su ve metanol ekstrelerinin total fenol ve total flavonoit miktarları



Şekil 7. Gallik asitin kalibrasyon eğrisi



Şekil 8. Kuersetin standard çözeltisinin kalibrasyon eğrisi

## SONUÇ

Yapılmış olan bu çalışmadan elde edilen veriler ışığında makro ve mikro besin içerik değerleri değerlendirildiğinde canlı organizmalar için toksik özellikte olan ağır metallere olan Fe ve Mn değerlerinin oldukça yüksek olduğu saptanmıştır. Bu da bitkilerin toplandıkları bölgenin önemini ortaya koymaktadır. Hem sarı kantaron (*Hypericum scabrum*), hem de aslan pençesi (*Alchemilla mollis*) bitkilerinin antioksidan aktivite seviyelerinin orta derecede olduğu saptanmıştır.

## KAYNAKLAR

- Akkol Küpeli E, Demirel MA, Acıkara ÖB, Süntar İ, Ergene B, İlhan M, Özbilgin S, Saltan G, Keleş H, Tekin M, 2015. Phytochemical analyses and effects of *Alchemilla mollis* (Buser) Rothm. And *Alchemilla persica* Rothm. in rat endometriosis model. Archives of gynecology and obstetrics, 292:619-628.
- Akhbari M, Batooli H, Mozdianfar M, 2012. Comparative study of composition and biological activities of SDE prepared essential oils from flowers and fruits of two *Hypericum* species from central Iran. Natural product research, 26, 193–202.
- Arslan N, Yılmaz G, Akınerdem F, Özgüven M, Kırıcı S, Arıoğlu H, Gümüşçü A, Telci İ, 2000. Türkiye Ziraat Müh. 5. Teknik Kongresi, Milli kütüphane- Ankara. 1. Cilt, S: 453-483.
- Arslan N, Gürbüz B, İpek A, 2001. The cultivation and breeding studies on some medicinal and aromatic plant in Ankara conditions. Workshop on Agricultural and Quality Aspects of Medicinal and Aromatic Plants. May 29-June 01, 2001 Adana, Turkey.

- Aksu A, 2008. Ege Bölgesinde Yaygın Bağcılık Yapılan Alanlarda Tuzluluk, Bor Toksitesi Problemlerinin ve Beslenme Durumunun Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Baytop T, 1999. Türkiye’de Tıbbi Bitkilerle Tedavi (Geçmişte ve Bugün). Nobel Tıp Kitapevleri.
- Bag GC, Grihanjali Devi P, Bhaigyaba T, 2015. Assessment of total flavonoid content and antioxidant activity of methanolic rhizome extract of three *Hedychium* species of Manipur valley. International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research, 30, 154–159.
- Blois MS, 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature, 181:1199–200.
- Bremner JM, 1965. Method of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological methods, S-1149-1178. Madison, USA: American Society of Agronomy Inc.
- Davis PH, 1967. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. 5. Cilt sayfa:224, 2. Cilt sayfa:355, 4. Cilt sayfa:80.
- Do JR, Kang SN, Kim KJ, Jo JH, Le SW, 2004. Antimicrobial and antioxidant activities and phenolic contents in the water extract of medicinal plants. Food Science and Biotechnology, 13(5):640–645.
- Eruygur N, Ucar E, Akpulat HA, Shahsavari K, Safavi SM, Kahrizi D, 2019. *In vitro* antioxidant assessment, screening of enzyme inhibitory activities of methanol and water extracts and gene expression in *Hypericum lydium*. Molecular Biology Reports, doi.org/10.1007/s11033-019-04664-3.
- Jonadet M, Meunier MT, Villie F, Bastide JP, Lamaison JL, 1986. Flavonoids extracted from *Ribes nigrum* L. and *Alchemilla vulgaris* L.: 1. *In vitro* inhibitory activities on elastase, trypsin and chymotrypsin. 2. Angioprotective activities compared in vivo. Journal de pharmacologie, 17:21–27.
- Kacar B, Inal A, 2008. Plant analysis. Nobel Pres. 1241, 891.
- Martarelli D, Martarelli B, Pediconi D, Pompei P, 2004. *Hypericum perforatum* methanolic extract inhibits growth of human prostatic carcinoma cell line orthotopically implanted in nude mice. Cancer letters, 210: 27-33.
- Murphy L, Riley JP, 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Analytica chimica acta 27:31–36.
- Igbinosa EO, Uzunugbe EO, Igbinosa IH, Odjadjare EE, Igiehon NO, Emuedo OA, 2013. *In vitro* assessment of antioxidant, phytochemical and nutritional properties of extracts from the leaves of *Ocimum gratissimum* (Linn). African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines 10:292–298.
- Oreopoulou A, Tsimogiannis D, Oreopoulou V, 2019. Extraction of polyphenols from aromatic and medicinal plants: an overview of the methods and the effect of extraction parameters. In: Polyphenols in plants. Elsevier, Amsterdam, pp 243–259.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannalaa 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.
- Silva SD, Gomes L, Leitao F, Coelho AV, Boas LV, 2006. Phenolic compounds and antioxidant activity of *Olea europaea* L. fruits and leaves. Food Science and Technology International 12(5):385–395.
- Trendafilova A, Todorova M, Nikolova M, GavriloVA A, Vitkova A, 2011. Flavonoid constituents and free radical scavenging activity of *Alchemilla mollis*. Natural Product Communications 6:1851-1854.

**Bazı Yağ Bitkileri Tohumlarının Çimlenme ve Fide Gelişimi Üzerine İki Yulaf Çeşidinin Allelopatik Etkileri**Nurgül ERGİN<sup>1\*</sup>, Mehmet Demir KAYA<sup>2</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada, iki yulaf çeşidinin (Checota ve Kahraman) saplarından elde edilen farklı dozlardaki (25, 50 ve 100 g L<sup>-1</sup>) solüsyonların bazı yağ bitkileri (ayçiçeği, aspir, kolza ve soya) ile buğday ve yulafın çimlenme ve fide gelişimi üzerine allelopatik etkilerini belirlemek amaçlanmıştır. Araştırmada, çimlenme yüzdesi (%), ortalama çimlenme süresi (gün), kök ve sürgün uzunluğu (cm), fide yaş ve kuru ağırlığı (mg bitki<sup>-1</sup>) ile kök/sürgün oranı incelenmiştir. Ayrıca, yulaf çeşitlerinden hazırlanan solüsyonların elektriksel iletkenlik (EC) ve pH değerleri de belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, dozlardaki artışa bağlı olarak solüsyonların EC değeri artmış, pH değerleri ise değişmemiştir. Kahraman çeşidinden elde edilen solüsyonların EC değeri daha yüksek bulunmuştur. Soya hariç, incelenen bitkilerin çimlenme yüzdesi üzerine yulaf çeşit ve solüsyon dozlarının önemli etkisi olmadığı belirlenmiştir. Tüm bitkilerde çimlenme süresi artan dozlarla uzamıştır. Ayçiçeği, aspir, kolza ve soya bitkilerinin kök ve sürgün uzunluğu artan solüsyon dozlarıyla azalmıştır. Buğday ve yulaf fidelerinin gelişimi artan dozlarla engellenmiş, yulaf çeşitleri arasında belirgin bir farklılık bulunmamıştır. Aspir ve soyada Kahraman çeşidi fide gelişimini daha fazla engellerken, ayçiçeği ve kolza bitkilerinde Checota çeşidinin daha etkili olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak, yulaf saplarının incelenen yağ bitkileri üzerine allelopatik etkilerinin olduğu ve yulaf çeşitlerinin allelopatik etkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Yulaf saplarının, buğday ve yulaf bitkilerine allelopatik etkilerinin daha az olduğu ve daha yüksek dozlarda allelopatik etkilerinin ortaya çıktığı söylenebilir.

**Anahtar Kelimeler:** *Avena sativa* L., Allelopati, çimlenme, fide gelişimi, yağ bitkileri.

**Allelopathic Effects of Two Oat Cultivars on Germination and Seedling Growth of Some Oilseed Crops**

**ABSTRACT:** This research aimed to determine the allelopathic effects of different doses of solutions (25, 50, 100 g L<sup>-1</sup>) obtained from the stems of two oat cultivars (Checota and Kahraman) on the germination and seedling development of some oilseed plants (sunflower, safflower, rapeseed, and soybean) and, wheat and oats. Germination percentage (%), mean germination time (days), root and shoot length (cm), seedling fresh and dry weight (mg plant<sup>-1</sup>) and root/shoot ratio were examined. Electrical conductivity (EC) and pH values of solutions prepared from oat cultivars were also determined. According to the results of the research, the EC value of the solutions increased and pH values did not change due to increasing doses. It was determined that oat cultivars and solution doses had no significant effect on germination percentage of the investigated plants, except for soybean. Mean germination time of all plants retarded with increasing doses. Root and shoot length of sunflower, safflower, rapeseed and soybean plants decreased with increasing solution doses. The development of wheat and oat seedlings was prevented by increasing doses, and no significant difference was found between oat cultivars. Kahraman severely inhibited seedling growth in safflower and soybean, while Checota was found to be more inhibitor effects in sunflower and rapeseed plants. As a result, it was concluded that oat stems had allelopathic effects on the examined oilseed plants but significant adverse effects occurred at higher doses on wheat and oat, while allelopathic effects of oat cultivars were different from each others.

**Keywords:** *Avena sativa* L., Allelopathy, germination, seedling growth, oilseed crops.

<sup>1</sup> Nurgül ERGİN (Orcid ID: 0000-0003-3105-7504), Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bilecik, Türkiye

<sup>2</sup> Mehmet Demir KAYA (Orcid ID: 0000-0002-4681-2464), Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Eskişehir, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Nurgül ERGİN, e-mail: nurgulergin180@gmail.com

## GİRİŞ

Yulaf (*Avena sativa* L.) tanelerinin besin değerleri yüksek olduğu için hayvan beslenmesinin yanında insan beslenmesinde de önemli bir yere sahiptir (Mut ve ark., 2011; Naneli ve Sakin, 2017). Diğer tahıllara göre protein ve yağ oranı, çözünebilir lif içeriği ile vitamin ve mineral maddeler bakımından oldukça zengindir (Charalampopoulos ve ark., 2002; Demirbaş, 2005; Flander ve ark., 2011; Mut ve ark., 2016). Dünyada toplam 10 milyon ha ekim alanına sahip yulafın, üretimi 25 milyon ton ve verimi de yaklaşık 250 kg da<sup>-1</sup> dir. Ülkemizde ise yaklaşık 113 bin ha alanda ekimi yapılan yulaftan 250 bin ton ürün ve 220 kg da<sup>-1</sup> ortalama verim elde edilmiştir (FAO, 2018). Ülkemizde yulaf kışı sert geçen bölgelerde erken ilkbaharda ekilmektedir. Tüm bölgelerimizde yulaf üretimi yapılmasına rağmen, İç Anadolu ve geçit bölgeleri yulaf üretiminin yoğun olarak yapıldığı yerlerdir.

Bitkiler arası uyum olarak da tarif edilen allelopati, bir bitki tarafından salgılanan sekonder metabolitlerin kendinden sonra gelen veya aynı ortamda bulunan diğer bitkilerin büyüme ve gelişmesini olumlu veya olumsuz yönde etkilemesi şeklinde açıklanmaktadır (Rice, 1984; Shah ve ark., 2016). Bitkiler tarafından üretilen bu kimyasal maddeler çevredeki diğer bitkileri direk veya dolaylı olarak etkileyebilmektedir (Rice, 1984; Willis, 2004). Bitkiler bu kimyasal maddeleri çoğunlukla buldukları ortama salmaktadır. Yulaf bitkisinde bazı fenolik bileşikler (ferulic, caffeic, p-coumaric, sinapic ve vanillic asit), scopoletin ve ananthramidler allelopatik etkili bazı kimyasallardır (Fay ve Duke, 1977; Rice, 1984; Mamolos ve Kalburtj, 2001; Dumlupınar ve ark., 2016). Bu maddeler genellikle hasattan sonra arta kalan sap-saman artıklarıyla toprağa karışmakta ve kendisinden sonra gelen bitkileri etkilemektedir (Moyer ve Huang, 1997). Toprağa salınan allelokimyasallar ertesi yıl yetiştirilecek bitkilerin gelişimini etkilemektedir. Buğday bitkisinin, kendisinden sonra yetişen yulaf, bezelye, fasulye, pamuk, kolza, ayçiçeği, haşhaş ve çeltik bitkilerinin yanı sıra bazı yabancı ot türlerine (kırmızı üçgül, yeraltı üçgülü) karşı allelopatik olduğu Perez (1990), Kohli ve ark. (1997) ve Batish ve ark. (2001) tarafından bildirilmiştir. Ayrıca, çoğu bitki kendisine de allelopatik etki göstermektedir. Aynı alanda üst üste yetiştirilen buğday, çeltik, çavdar, arpa, yonca, soya, ayçiçeği ve şeker pancarı bitkilerinin verimi bir sonraki yılda oldukça düştüğü çeşitli araştırmacılar tarafından belirlenmiştir (Singh ve ark., 2001; Reigosa ve ark., 2002; Oueslati, 2003; Narwal ve ark., 2005; Çanakçı, 2009).

Bitkilerde bulunan allelokimyasalların miktarı ve bunların allelopatiklik derecesi, aynı tür içerisindeki farklı çeşitlerde değişiklik gösterdiği gibi, bitki organlarına göre de değişiklik göstermektedir. Rajput ve Rao (2013) tarafından yürütülen çalışmada, buğday çeşitlerinin sapsızlarından hazırlanan ekstraktların yabancı arpa, darıcan ve yabancı yulaf bitkilerinin çimlenme ve fide gelişimini önemli ölçüde engellediği belirtilmiştir. Bir başka çalışmada yulaf bitkisinden izole edilen bazı allelokimyasalların marul bitkisi tohumlarının çimlenmesini durdurucu etki gösterdiği bildirilmiştir (De Bertoldi ve ark., 2009). Kato-Noguchi ve ark. (1994), yulaf sürgün ve köklerinden hazırlanan ekstraktların çeltik, buğday ve yulaf bitkilerinin çimlenmesinin yanında kök ve sürgün gelişimini de engellediğini belirlemişlerdir. Yürütülen bu çalışmada, yulaf bitkisinin hasadından sonra arta kalan sapsızlarından hazırlanan solüsyonların yulaftan sonra ekim nöbetinde yer alabilecek aspir, ayçiçeği, kolza ve soya gibi yağ bitkileri ile buğday ve yulaf tohumlarının çimlenmesi ve fide gelişimi üzerine allelopatik etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırmada, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesinde yetiştirilen Chekota ve Kahraman yulaf çeşitlerine ait bitkiler hasat ve harman edildikten sonra arta kalan sapsızları



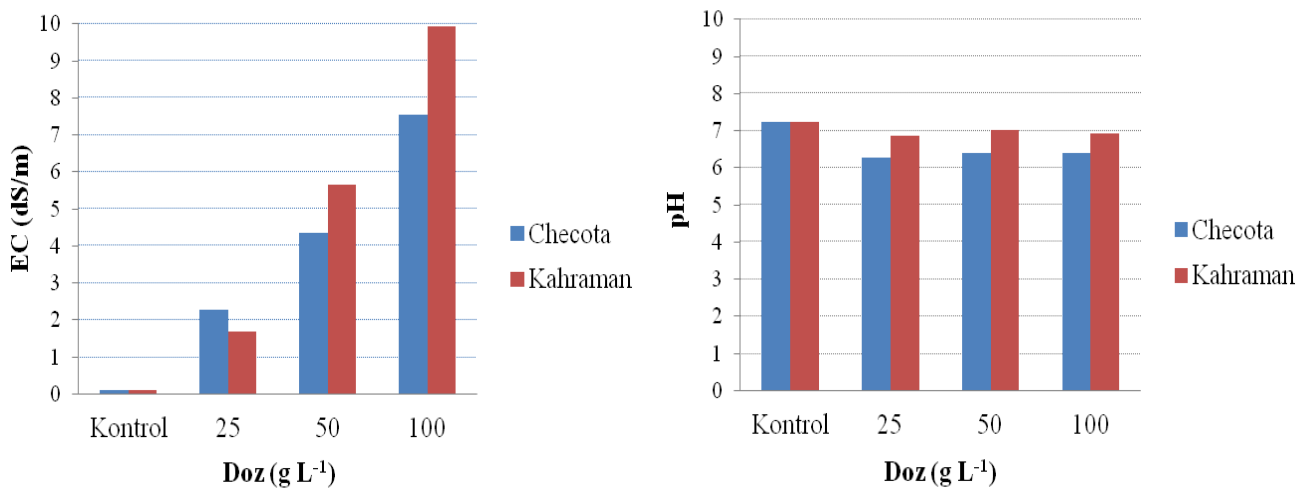
kullanılmıştır. Bitki sapları etüvde 70°C'de 48 saat kurutulduktan sonra öğütülmüştür. Öğütülmüş sap kısımlarından 25, 50 ve 100 g örnekler 1 litre saf su içerisinde konularak iyice karıştırılmış ve iki gün boyunca 25±1°C'ye ayarlanmış inkübatörde bekletilmiştir. İnkübasyon sonunda, su-öğütülmüş numune karışımı filtre kâğıdından süzülerek farklı dozlarda solüsyonlar elde edilmiştir. Kontrol olarak saf su kullanılmıştır.

Araştırmada, yağ bitkilerinden Barbati ayçiçeği, Linas aspir, Esmercure kolza, İlksoy soya çeşitleri ile Sönmez buğday, Checota yulaf çeşitlerine ait tohumlar kullanılmıştır. Çimlenme denemeleri kurutma kâğıtları arasında, 4 tekerrürlü ve her tekerrürde 50 adet tohum olacak şekilde kurulmuştur. Buğday 8 gün, yulaf 10 gün ve kolza 7 gün boyunca 20±1°C, aspir 14 gün, ayçiçeği 10 gün ve soya tohumları 8 gün boyunca 25±1°C sıcaklıklarda tamamen karanlık inkübatörde yürütülmüştür. Tohumlar kâğıt arasına yerleştirildikten sonra rulo haline getirilmiş ve buharlaşmayı engellemek için ağzı kilitli plastik torbalara konulmuştur. İki milimetre kökçük uzunluğuna sahip olan tohumlar çimlenmiş kabul edilmiş ve çimlenen tohumlar her gün sayılmıştır (ISTA, 2003). Çimlenme hızını belirlemek amacıyla ortalama çimlenme süresi (OÇS) hesaplanmıştır. Kök ve sürgün uzunluğu ile fide yaş ve kuru ağırlığına ait ölçümler ise çimlenme denemelerinin en son günlerinde yapılmıştır.

Tesadüf parselleri deneme deseninde iki faktörlü olarak kurulan deneme sonucunda elde edilen veriler, MSTAT-C paket programı kullanılarak istatistik analizler yapılmıştır. Uygulamalar arasındaki farkların önem düzeylerini belirleyebilmek amacıyla Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır (Düzgüneş ve ark., 1987).

## BULGULAR VE TARTIŞMA

İki yulaf çeşidinin sap kısımları ile hazırlanan farklı dozdaki solüsyonların elektriksel iletkenlik (EC) ve pH değerleri Şekil 1'de gösterilmiştir. Dozların artışına bağlı olarak solüsyonların EC değerleri artmış, pH değerleri ise önemli bir değişim görülmemiştir. Ancak Checota çeşidiyle hazırlanan solüsyonların pH değerleri, Kahraman çeşidi ile hazırlanan solüsyonların pH değerlerinden daha düşük olduğu belirlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. İki yulaf çeşidi ile hazırlanan farklı dozlardaki solüsyonların EC ve pH değerleri

Çizelge 1. Aspir tohumlarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine iki yulaf çeşidi ile hazırlanan solüsyonların etkileri

Çeşit	Çim. yüzdesi (%)	OÇS (gün)	Kök uzun. (cm)	Sürgün uzun. (cm)	Kök/sürgün oranı	Fide yaş ağırlığı (mg bitki <sup>-1</sup> )	Fide kuru ağırlığı (mg bitki <sup>-1</sup> )
Checota (C)	88.5	1.69	6.90 <sup>a</sup>	4.61 <sup>a</sup>	1.62	231 <sup>a</sup>	28.9
Kahraman (K)	86.8	1.73	4.52 <sup>b</sup>	3.29 <sup>b</sup>	1.39	197 <sup>b</sup>	29.5
<b>Doz (g L<sup>-1</sup>)</b>							
Kontrol	93.5 <sup>a</sup>	1.39 <sup>c</sup>	6.04 <sup>b</sup>	4.00 <sup>b</sup>	1.50 <sup>b</sup>	225 <sup>b*</sup>	28.6
25	86.5 <sup>b</sup>	1.49 <sup>c</sup>	8.42 <sup>a</sup>	6.34 <sup>a</sup>	1.30 <sup>c</sup>	283 <sup>a</sup>	28.1
50	85.9 <sup>b</sup>	1.88 <sup>b</sup>	4.63 <sup>c</sup>	3.57 <sup>c</sup>	1.20 <sup>c</sup>	200 <sup>c</sup>	30.8
100	84.8 <sup>b</sup>	2.09 <sup>a</sup>	3.75 <sup>d</sup>	1.90 <sup>d</sup>	2.00 <sup>a</sup>	147 <sup>d</sup>	29.2
<b>Çeşit × doz interaksiyonu</b>							
C × Kontrol	93.5	1.39	6.04 <sup>c</sup>	4.03 <sup>c</sup>	1.50 <sup>b</sup>	225 <sup>b</sup>	28.6
C × 25	85.5	1.51	10.94 <sup>a</sup>	7.97 <sup>a</sup>	1.34 <sup>b</sup>	320 <sup>a</sup>	27.5
C × 50	88.0	1.81	7.25 <sup>b</sup>	4.88 <sup>b</sup>	1.52 <sup>b</sup>	240 <sup>b</sup>	30.9
C × 100	87.0	2.07	3.36 <sup>c</sup>	1.58 <sup>e</sup>	2.13 <sup>a</sup>	138 <sup>c</sup>	28.5
K × Kontrol	93.5	1.39	6.04 <sup>c</sup>	4.03 <sup>c</sup>	1.50 <sup>b</sup>	225 <sup>b</sup>	28.6
K × 25	87.5	1.48	5.90 <sup>c</sup>	4.72 <sup>b</sup>	1.25 <sup>b</sup>	246 <sup>b</sup>	28.7
K × 50	83.8	1.94	2.01 <sup>f</sup>	2.26 <sup>d</sup>	0.89 <sup>c</sup>	159 <sup>c</sup>	30.8
K × 100	82.5	2.11	4.13 <sup>d</sup>	2.23 <sup>d</sup>	1.89 <sup>a</sup>	156 <sup>c</sup>	29.9
<b>C.V. (%)</b>	<b>5.81</b>	<b>6.76</b>	<b>8.44</b>	<b>8.23</b>	<b>11.27</b>	<b>8.02</b>	<b>7.93</b>

\*: Harfler %5 düzeyinde önemli

Yulaf sapsarından hazırlanan solüsyonların aspir bitkisinin çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisi Çizelge 1'de gösterilmiştir. Yulaf çeşitleri aspir kök ve sürgün uzunluğu ile fide yaş ağırlığını istatistiki olarak etkilemiş ve Checota çeşidi ile hazırlanan solüsyonların bu özelliklerde daha yüksek değerler verdiği belirlenmiştir. Artan solüsyon dozlarında çimlenme yüzdesi, kök ve sürgün uzunluğu ve fide yaş ağırlığının azalmasına neden olmuştur. 25 g L<sup>-1</sup> dozunda daha uzun kök ve sürgün değerleri elde edilmiş ve fide yaş ağırlığı da artmıştır.

Çizelge 2. Ayçiçeği tohumlarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine iki yulaf çeşidi ile hazırlanan solüsyonların etkileri

Çeşit	Çim. yüzdesi (%)	OÇS (gün)	Kök uzun. (cm)	Sürgün uzun. (cm)	Kök/sürgün oranı	Fide yaş ağırlığı (mg bitki <sup>-1</sup> )	Fide kuru ağırlığı (mg bitki <sup>-1</sup> )
Checota (C)	88.1	2.41	4.29 <sup>b</sup>	3.88	1.10 <sup>b</sup>	304 <sup>b*</sup>	52.8
Kahraman (K)	89.1	2.33	6.00 <sup>a</sup>	3.97	1.57 <sup>a</sup>	328 <sup>a</sup>	52.7
<b>Doz (g L<sup>-1</sup>)</b>							
Kontrol	89.0	2.33 <sup>b</sup>	4.78 <sup>b</sup>	4.26 <sup>b</sup>	1.14 <sup>c</sup>	380 <sup>a</sup>	51.3 <sup>b</sup>
25	90.0	2.14 <sup>b</sup>	5.59 <sup>a</sup>	5.23 <sup>a</sup>	1.06 <sup>c</sup>	333 <sup>b</sup>	55.9 <sup>a</sup>
50	87.0	2.34 <sup>b</sup>	4.82 <sup>b</sup>	3.41 <sup>c</sup>	1.41 <sup>b</sup>	289 <sup>c</sup>	51.8 <sup>b</sup>
100	88.5	2.67 <sup>a</sup>	5.41 <sup>a</sup>	2.81 <sup>d</sup>	1.73 <sup>a</sup>	262 <sup>d</sup>	52.1 <sup>b</sup>
<b>Çeşit × doz interaksiyonu</b>							
C × Kontrol	89.0	2.33	4.78 <sup>c</sup>	4.26 <sup>b</sup>	1.14 <sup>c</sup>	380 <sup>a</sup>	51.3
C × 25	90.0	2.17	6.54 <sup>b</sup>	5.76 <sup>a</sup>	1.14 <sup>c</sup>	334 <sup>b</sup>	56.4
C × 50	84.5	2.39	3.61 <sup>d</sup>	3.32 <sup>c</sup>	1.09 <sup>c</sup>	282 <sup>d</sup>	50.8
C × 100	89.0	2.75	2.26 <sup>e</sup>	2.19 <sup>d</sup>	1.03 <sup>c</sup>	214 <sup>e</sup>	52.6
K × Kontrol	89.0	2.33	4.78 <sup>c</sup>	4.26 <sup>b</sup>	1.14 <sup>c</sup>	380 <sup>a</sup>	51.3
K × 25	90.0	2.12	4.64 <sup>c</sup>	4.70 <sup>b</sup>	0.99 <sup>c</sup>	328 <sup>bc</sup>	55.4
K × 50	89.5	2.29	6.04 <sup>b</sup>	3.49 <sup>c</sup>	1.73 <sup>b</sup>	296 <sup>cd</sup>	52.8
K × 100	88.0	2.59	8.57 <sup>a</sup>	3.43 <sup>c</sup>	2.43 <sup>a</sup>	310 <sup>bcd</sup>	51.5
<b>C.V. (%)</b>	<b>5.76</b>	<b>9.03</b>	<b>7.86</b>	<b>7.67</b>	<b>10.52</b>	<b>7.05</b>	<b>5.32</b>

\*: Harfler %5 düzeyinde önemli

Benzer bulgular De Bertoldi ve ark. (2009) tarafından belirlenmiş ve yulaftan izole ettikleri allelokimyasalları yüksek dozlarda uygulandıklarında, marul tohumlarının çimlenmesine toksik etkisi olduğunu bildirmişlerdir. Çeşit × solüsyon dozu interaksyonu kök uzunluğu, sürgün uzunluğu, kök/sürgün oranı ve fide yaş ağırlığında önemli bulunmuştur. Checota çeşidinin 25 g L<sup>-1</sup> dozunda aspir fidesinin kök ve sürgün uzunluğu ile fide yaş ağırlığını arttırdığı belirlenmiştir. Her iki çeşitte de artan solüsyon dozları fide gelişimini önemli ölçüde engellemiş ve en yüksek dozda kök/sürgün oranında artışa neden olmuştur. Bitkilerde tohumun çimlenme periyodu en kritik ve en hassas dönemlerden birisidir. Tohumlar yüksek dozlarda allelokimyasallara maruz bırakıldıklarında çimlenme oranı, kök ve sürgün uzunluğu ile fide yaş ve kuru ağırlığında azalırken, düşük dozlarda bitkilerinin fide gelişiminin teşvik ettiği Maqbool (2010) ile Far ve Bagherzadeh (2018) tarafından bildirilmiştir.

Ayçiçeğinin çimlenme yüzdesi üzerine, yulaf çeşitleri ve solüsyon dozlarına göre önemli bir farklılık belirlenmemiştir (Çizelge 2). Yulaf çeşitleri ayçiçeğinin kök uzunluğunu, kök/sürgün oranını ve fide yaş ağırlığını önemli şekilde etkilemiş ve Kahraman çeşidinden daha yüksek değerler elde edilmiştir. Solüsyon dozları arttıkça ayçiçeğinin çimlenme hızı, sürgün uzunluğu ve fide yaş ağırlığı azalmış ancak, 25 g L<sup>-1</sup> dozunda kök ve sürgün uzunluğu ile fide kuru ağırlığını arttırmıştır. Kök/sürgün oranında en yüksek değer (1.73) 100 g L<sup>-1</sup> dozunda belirlenmiştir. Benzer etkilerin buğday saplarında belirlendiği ve buğdayın ayçiçeği tohumlarının çimlenme ve fide gelişimine allelopatik etkisi olduğu Lam ve ark. (2012) tarafından bildirilmiştir. Çeşit × doz interaksyonu incelendiğinde, Kahraman çeşidinin 100 g L<sup>-1</sup> dozunda, en uzun kök (8.57 cm) ve en yüksek kök/sürgün oranı (2.43) belirlenmiştir. Ayçiçeğinin sürgün uzunluğu ise her iki çeşitte de 25 g L<sup>-1</sup> dozunda en yüksek değerlere ulaşmış, artan dozlar ile sürgün uzunluğu ile fide yaş ağırlığı da azalmıştır (Çizelge 2).

**Çizelge 3.** Kolza tohumlarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine iki yulaf çeşidi ile hazırlanan solüsyonların etkileri

	Çim. yüzdesi (%)	OÇS (gün)	Kök uzun. (cm)	Sürgün uzun. (cm)	Kök/sürgün oranı	Fide yaş ağırlığı (mg bitki <sup>-1</sup> )	Fide kuru ağırlığı (mg bitki <sup>-1</sup> )
<b>Çeşit</b>							
Checota (C)	86.9 <sup>b</sup>	2.60 <sup>a</sup>	5.51 <sup>b</sup>	3.70 <sup>b</sup>	1.38 <sup>b</sup>	31.0 <sup>b*</sup>	4.11
Kahraman (K)	91.6 <sup>a</sup>	2.36 <sup>b</sup>	7.31 <sup>a</sup>	4.50 <sup>a</sup>	1.60 <sup>a</sup>	39.9 <sup>a</sup>	4.30
<b>Doz (g L<sup>-1</sup>)</b>							
Kontrol	93.5	1.86 <sup>c</sup>	8.67 <sup>b</sup>	4.22 <sup>b</sup>	2.08 <sup>a</sup>	42.1 <sup>a</sup>	3.78 <sup>c</sup>
25	93.0	2.21 <sup>b</sup>	10.10 <sup>a</sup>	5.44 <sup>a</sup>	1.76 <sup>a</sup>	27.4 <sup>c</sup>	4.41 <sup>ab</sup>
50	88.0	2.31 <sup>b</sup>	3.29 <sup>c</sup>	3.82 <sup>b</sup>	0.88 <sup>c</sup>	41.9 <sup>a</sup>	4.50 <sup>a</sup>
100	82.5	3.53 <sup>a</sup>	3.58 <sup>c</sup>	2.91 <sup>c</sup>	1.16 <sup>b</sup>	30.4 <sup>b</sup>	4.13 <sup>b</sup>
<b>Çeşit × doz interaksyonu</b>							
C × Kontrol	93.5 <sup>a</sup>	1.86 <sup>d</sup>	8.67 <sup>b</sup>	4.22 <sup>b</sup>	2.08 <sup>a</sup>	42.1 <sup>a</sup>	3.78
C × 25	94.0 <sup>a</sup>	2.26 <sup>c</sup>	8.44 <sup>b</sup>	5.39 <sup>a</sup>	1.65 <sup>b</sup>	20.6 <sup>c</sup>	4.43
C × 50	84.0 <sup>b</sup>	2.35 <sup>c</sup>	3.10 <sup>d</sup>	3.15 <sup>c</sup>	0.98 <sup>c</sup>	43.1 <sup>a</sup>	4.18
C × 100	76.0 <sup>c</sup>	3.92 <sup>a</sup>	1.82 <sup>e</sup>	2.03 <sup>d</sup>	0.91 <sup>c</sup>	18.2 <sup>c</sup>	4.05
K × Kontrol	93.5 <sup>a</sup>	1.86 <sup>d</sup>	8.67 <sup>b</sup>	4.22 <sup>b</sup>	2.08 <sup>a</sup>	42.1 <sup>a</sup>	3.78
K × 25	92.0 <sup>a</sup>	2.17 <sup>c</sup>	11.76 <sup>a</sup>	5.49 <sup>a</sup>	2.16 <sup>a</sup>	34.3 <sup>b</sup>	4.40
K × 50	92.0 <sup>a</sup>	2.27 <sup>c</sup>	3.48 <sup>d</sup>	4.48 <sup>b</sup>	0.77 <sup>c</sup>	40.7 <sup>a</sup>	4.83
K × 100	89.0 <sup>ab</sup>	3.15 <sup>b</sup>	5.34 <sup>c</sup>	3.79 <sup>bc</sup>	1.40 <sup>b</sup>	42.6 <sup>a</sup>	4.20
<b>C.V. (%)</b>	3.97	5.49	9.46	9.72	11.64	7.35	6.99

\*: Harfler %5 düzeyinde önemli

Çizelge 3'de görüldüğü gibi, kolzada incelenen tüm özellikler üzerine yulaf çeşitleri ve solüsyon dozları arasındaki farklılıklar ile fide kuru ağırlığı hariç, çeşit x solüsyon dozu interaksyonu önemli bulunmuştur. Kahraman çeşidinde daha yüksek ve hızlı çimlenme ile daha yüksek kök ve sürgün uzunluğu, kök/sürgün oranı, fide yaş ve kuru ağırlığı elde edilmiştir. Asghari ve Tewari (2007) farklı arpa çeşitlerinin *Brassica jucea* L.'nin çimlenmesini önemli şekilde engellediğini belirlemişlerdir. Artan

dozlar çimlenme hızını yavaşlamıştır. 25 g L<sup>-1</sup> dozunda kök ve sürgün uzunluğu ile kök/sürgün oranında artış belirlenmiş ancak doz yükseldikçe fide gelişimi azalmıştır. Fide yaş ağırlığında en yüksek değerlere kontrol ve 50 g L<sup>-1</sup> dozunda, fide kuru ağırlığında ise 50 g L<sup>-1</sup> dozunda ulaşılmıştır. Baghestani ve ark. (1999) da buğday, arpa ve yulaf kök ekstraktlarının dozları arttıkça, yabani hardalın (*Brassica kaber*) gelişiminin azaldığını belirlemişlerdir. Çimlenme yüzdesi çeşit × doz interaksyonundan etkilenmiştir. Her iki çeşitte de solüsyon dozlarının artması, çimlenmeyi geciktirmiştir. Kahraman çeşidinin 25 g L<sup>-1</sup> dozunda hazırlanan solüsyonu kök ve sürgün uzunluğu ile kök/sürgün oranını arttırmıştır. Fide yaş ağırlığı ile kök/sürgün oranı değerleri solüsyon dozlarından farklı oranlarda etkilenmiştir. Tarlada kalan buğday anız kalıntılarının (5 t ha<sup>-1</sup>) kolza bitkisinin verimini %26, toplam biyomas verimini ise %46 oranında azalttığı Bruce ve ark. (2006) tarafından belirlenmiştir. Bununla birlikte, tarlanın anızla kaplı olmasının, kolza tohumlarının çimlenmesini azalttığı, kök ve sürgün uzamasını da yavaşlattığı aynı çalışmada bildirilmiştir.

**Çizelge 4.** Soya tohumlarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine iki yulaf çeşidi ile hazırlanan solüsyonların etkileri

	Çim. yüzdesi (%)	OÇS (gün)	Kök uzun. (cm)	Sürgün uzun. (cm)	Kök/sürgün oranı	Fide yaş ağırlığı (mg bitki <sup>-1</sup> )	Fide kuru ağırlığı (mg bitki <sup>-1</sup> )
<b>Çeşit</b>							
Checota (C)	92.4 <sup>a</sup>	3.95 <sup>b</sup>	4.56 <sup>a</sup>	3.75 <sup>a</sup>	1.17	530	139
Kahraman (K)	71.4 <sup>b</sup>	4.50 <sup>a</sup>	2.82 <sup>b</sup>	2.60 <sup>b</sup>	1.26	470	136
<b>Doz (g L<sup>-1</sup>)</b>							
Kontrol	92.0 <sup>ab</sup>	3.08 <sup>d</sup>	4.82 <sup>b</sup>	3.92 <sup>a</sup>	1.18	556 <sup>a*</sup>	135
25	97.0 <sup>a</sup>	3.62 <sup>c</sup>	5.61 <sup>a</sup>	4.05 <sup>a</sup>	1.37	558 <sup>a</sup>	137
50	86.5 <sup>b</sup>	4.13 <sup>b</sup>	2.60 <sup>c</sup>	3.23 <sup>b</sup>	0.76	483 <sup>b</sup>	141
100	52.0 <sup>c</sup>	6.08 <sup>a</sup>	1.74 <sup>d</sup>	1.50 <sup>c</sup>	1.56	404 <sup>c</sup>	137
<b>Çeşit × doz interaksyonu</b>							
C × Kontrol	92.0 <sup>ab</sup>	3.08 <sup>e</sup>	4.82 <sup>b</sup>	3.92 <sup>b</sup>	1.18	557 <sup>ab</sup>	135
C × 25	98.0 <sup>a</sup>	3.60 <sup>d</sup>	7.24 <sup>a</sup>	4.32 <sup>a</sup>	1.68	594 <sup>a</sup>	143
C × 50	91.0 <sup>ab</sup>	4.03 <sup>cd</sup>	3.89 <sup>c</sup>	4.34 <sup>a</sup>	0.90	536 <sup>b</sup>	141
C × 100	88.5 <sup>bc</sup>	5.08 <sup>b</sup>	2.30 <sup>d</sup>	2.44 <sup>c</sup>	0.94	434 <sup>c</sup>	137
K × Kontrol	92.0 <sup>ab</sup>	3.08 <sup>e</sup>	4.82 <sup>b</sup>	3.92 <sup>b</sup>	1.18	555 <sup>ab</sup>	135
K × 25	96.0 <sup>ab</sup>	3.64 <sup>d</sup>	3.98 <sup>c</sup>	3.78 <sup>b</sup>	1.06	521 <sup>b</sup>	130
K × 50	82.0 <sup>c</sup>	4.23 <sup>c</sup>	1.30 <sup>e</sup>	2.12 <sup>d</sup>	0.63	431 <sup>c</sup>	141
K × 100	15.5 <sup>d</sup>	7.07 <sup>a</sup>	1.18 <sup>e</sup>	0.56 <sup>e</sup>	2.18	374 <sup>d</sup>	138
<b>C.V. (%)</b>	<b>6.75</b>	<b>7.32</b>	<b>8.83</b>	<b>6.16</b>	<b>20.53</b>	<b>5.46</b>	<b>4.86</b>

\*: Harfler %5 düzeyinde önemli

Soyanın çimlenme ve fide gelişimi üzerine yulaf çeşitlerinden hazırlanan solüsyonların etkileri Çizelge 4'de verilmiştir. Kahraman çeşidinde soyanın çimlenme yüzdesi, kök ve sürgün uzunluğunda daha düşük, ortalama çimlenme süresinde ise yüksek değerler elde edilmiştir. Solüsyon dozları arttıkça soyanın çimlenme yüzdesi azalmış, çimlenme hızı ise yavaşlamıştır. Kök ve sürgün uzunluğu ile fide yaş ağırlığı azalmıştır. Ancak incelenen dozlar içerisinde 25 g L<sup>-1</sup> dozunda bu özelliklerde bir artış gözlenmiştir. Checota çeşidinin 25 g L<sup>-1</sup> dozunda soya tohumlarının çimlenme yüzdesi daha yüksek gerçekleşmiştir. Her iki çeşitte de solüsyon dozlarının artması soyanın çimlenme hızında azalmaya neden olmuştur. Yine Checota çeşidinin 25 g L<sup>-1</sup> dozuyla hazırlanan solüsyonları en uzun kök (7.24 cm) ve fide yaş ağırlığında da en yüksek değer (594 mg bitki<sup>-1</sup>) elde edilmiştir. Yulaf ile elde edilen bulgularımız buğday saplarının soya bitkisinin gelişimini engellediğini bildiren Lam ve ark. (2012) tarafından bildirilmiştir.

Yulaf ile aynı familyada yer alan buğday bitkisinin çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisi Çizelge 5'de özetlenmiştir. Buğdayın çimlenme hızı ve kök/sürgün oranı yulaf çeşitlerine göre farklılık gösterdiği ve istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Kahraman çeşidinde daha kısa çimlenme

süresi ve daha yüksek kök/sürgün oranı elde edilmiştir. Solüsyon dozları buğdayın fide kuru ağırlığı hariç, incelenen tüm özellikleri önemli şekilde etkilemiştir. Artan dozlar buğdayın ortalama çimlenme süresini uzatmış, kök ve sürgün uzunluğu ile fide yaş ağırlığını azaltmıştır. Bu azalışlar özellikle 50 g L<sup>-1</sup> dozunda belirgin duruma gelmiştir. Moyer ve Huang (1997) yüksek dozlarda uygulanan solüsyonların buğdayda sürgün büyümesini engellediğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde yulaf bitki kısımları ile hazırlanan solüsyonların buğdayın kök ve sürgün uzunluğunu kısalttığı Fay ve Duke (1977) ile Sánchez-Moreiras ve ark. (2004) tarafından da belirlenmiştir. Fide kuru ağırlığında ise artan dozlara bağlı olarak artış belirlense de, bu artış istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Çeşit × doz interaksyonu incelendiğinde, her iki çeşitte de 25 g L<sup>-1</sup> dozunda kök uzunluğunda ve fide yaş ağırlığında bir artış olmasına rağmen, artan dozlar bu özelliklerin azalmasına neden olmuştur. Sadece kök/sürgün oranında en yüksek değer Kahraman çeşidinin 100 g L<sup>-1</sup> dozunda elde edilmiştir.

**Çizelge 5.** Buğday tohumlarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine iki yulaf çeşidi ile hazırlanan solüsyonların etkileri

	Çim. yüzdesi (%)	OÇS (gün)	Kök uzun. (cm)	Sürgün uzun. (cm)	Kök/sürgün oranı	Fide yaş ağırlığı (mg bitki <sup>-1</sup> )	Fide kuru ağırlığı (mg bitki <sup>-1</sup> )
<b>Çeşit</b>							
Checota (C)	94.0	2.07 <sup>a</sup>	10.0	9.81	1.03 <sup>b</sup>	132	31.2
Kahraman (K)	93.6	1.98 <sup>b</sup>	10.0	9.36	1.11 <sup>a</sup>	124	30.9
<b>Doz (g L<sup>-1</sup>)</b>							
Kontrol	96.0 <sup>a</sup>	1.83 <sup>c</sup>	11.7 <sup>a</sup>	10.0 <sup>b</sup>	1.17 <sup>a</sup>	129 <sup>b*</sup>	30.0
25	90.3 <sup>b</sup>	1.88 <sup>c</sup>	12.2 <sup>a</sup>	12.9 <sup>a</sup>	0.94 <sup>b</sup>	155 <sup>a</sup>	29.7
50	93.8 <sup>ab</sup>	2.30 <sup>a</sup>	8.89 <sup>b</sup>	9.11 <sup>c</sup>	0.97 <sup>b</sup>	129 <sup>b</sup>	32.5
100	95.3 <sup>a</sup>	2.10 <sup>b</sup>	7.48 <sup>c</sup>	6.37 <sup>d</sup>	1.19 <sup>a</sup>	99 <sup>c</sup>	32.2
<b>Çeşit × doz interaksyonu</b>							
C × Kontrol	96.0	1.83 <sup>c</sup>	11.7 <sup>a</sup>	10.0	1.17 <sup>ab</sup>	129 <sup>bc</sup>	30.0
C × 25	89.5	1.93 <sup>c</sup>	11.7 <sup>a</sup>	13.0	0.90 <sup>b</sup>	150 <sup>a</sup>	30.2
C × 50	95.0	2.55 <sup>a</sup>	9.95 <sup>b</sup>	9.41	1.05 <sup>b</sup>	134 <sup>b</sup>	32.6
C × 100	95.5	2.00 <sup>bc</sup>	6.84 <sup>c</sup>	6.80	1.01 <sup>b</sup>	114 <sup>c</sup>	32.1
K × Kontrol	96.0	1.83 <sup>c</sup>	11.6 <sup>a</sup>	10.0	1.17 <sup>ab</sup>	129 <sup>bc</sup>	30.0
K × 25	91.0	1.83 <sup>c</sup>	12.6 <sup>a</sup>	12.7	0.99 <sup>b</sup>	160 <sup>a</sup>	29.1
K × 50	92.5	2.05 <sup>bc</sup>	7.82 <sup>c</sup>	8.81	0.89 <sup>b</sup>	123 <sup>bc</sup>	32.4
K × 100	95.0	2.20 <sup>b</sup>	8.11 <sup>c</sup>	5.93	1.38 <sup>a</sup>	84 <sup>d</sup>	32.3
<b>C.V. (%)</b>	3.75	6.92	8.74	5.89	5.49	8.07	9.99

\*: Harfler %5 düzeyinde önemli

Çizelge 6'da yulaf bitki saplarıyla hazırlanan solüsyonların yulafın çimlenmesi ve fide gelişimi üzerine etkileri verilmiştir. Sürgün uzunluğu hariç, incelenen diğer değerler yulaf çeşitleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Checota çeşidi 15.2 cm ile daha yüksek sürgün uzunluğu değerlerini vermiştir. Artan solüsyon dozları yulafın çimlenme süresini uzatmış, sürgün uzunluğunu ve fide yaş ağırlığını azaltmıştır. Yulafın kök uzunluğu ve kök/sürgün oranı ise artmıştır. Yulafın kendi üzerine ototoksik etkisi olduğu Sánchez-Moreiras ve ark. (2004) tarafından bildirilmiştir. Ayrıca, yulaf bitki parçalarıyla hazırlanan solüsyonların yulafın çimlenmesi, kök ve sürgün büyümesinin engellendiği Kato-Noguchi ve ark. (1994) ve Sánchez-Moreiras ve ark. (2004)'ün çalışmalarında da belirlenmiştir. Çeşit × doz interaksyonuna göre, Checota çeşidi ile 25 g L<sup>-1</sup> dozunda hazırlanan solüsyonlarda en yüksek kök ve sürgün uzunluğu ile fide yaş ağırlığı değerleri belirlenmiştir. Her iki çeşitte de 100 g L<sup>-1</sup> dozunda yulafın kök ve sürgün uzunluğunun ile fide yaş ağırlığı değerleri azalmıştır.



Çizelge 6. Yulaf tohumlarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine iki yulaf çeşidi ile hazırlanan solüsyonların etkileri

Çeşit	Çim. yüzdesi (%)	OÇS (gün)	Kök uzun. (cm)	Sürgün uzun. (cm)	Kök/sürgün oranı	Fide yaş ağırlığı (mg bitki <sup>-1</sup> )	Fide kuru ağırlığı (mg bitki <sup>-1</sup> )
Checota (C)	98.3	2.52	9.96	15.2 <sup>a</sup>	0.65	137	28.5
Kahraman (K)	99.9	2.47	9.82	14.2 <sup>b</sup>	0.69	129	28.7
<b>Doz (g L<sup>-1</sup>)</b>							
Kontrol	98.0	2.30 <sup>c</sup>	7.75 <sup>c</sup>	16.0 <sup>b</sup>	0.47 <sup>c</sup>	144 <sup>a*</sup>	29.8
25	99.3	2.34 <sup>c</sup>	14.24 <sup>a</sup>	16.9 <sup>a</sup>	0.84 <sup>a</sup>	140 <sup>a</sup>	27.9
50	98.3	2.50 <sup>b</sup>	9.57 <sup>b</sup>	14.0 <sup>c</sup>	0.68 <sup>b</sup>	120 <sup>b</sup>	27.6
100	98.7	2.83 <sup>a</sup>	8.00 <sup>c</sup>	11.8 <sup>d</sup>	0.68 <sup>b</sup>	127 <sup>b</sup>	29.1
<b>Çeşit × doz interaksiyonu</b>							
C × Kontrol	98.0	2.30	7.75 <sup>d</sup>	16.0	0.47 <sup>c</sup>	144 <sup>ab</sup>	29.8
C × 25	98.5	2.41	15.08 <sup>a</sup>	17.6	0.86 <sup>a</sup>	153 <sup>a</sup>	28.8
C × 50	98.5	2.53	10.83 <sup>c</sup>	14.4	0.75 <sup>a</sup>	130 <sup>bc</sup>	28.0
C × 100	98.0	2.83	6.19 <sup>e</sup>	12.7	0.50 <sup>c</sup>	120 <sup>cd</sup>	27.3
K × Kontrol	98.0	2.30	7.75 <sup>d</sup>	16.0	0.47 <sup>c</sup>	144 <sup>ab</sup>	29.8
K × 25	100.0	2.28	13.40 <sup>b</sup>	16.1	0.82 <sup>a</sup>	127 <sup>bcd</sup>	27.0
K × 50	98.0	2.48	8.32 <sup>d</sup>	13.6	0.61 <sup>b</sup>	110 <sup>d</sup>	27.1
K × 100	99.5	2.82	9.82 <sup>c</sup>	10.9	0.86 <sup>a</sup>	134 <sup>bc</sup>	30.9
C.V. (%)	1.61	3.72	8.19	7.79	10.50	8.49	8.29

\*: Harfler %5 düzeyinde önemli

## SONUÇ

Bu çalışmada, yulaf hasat artıklarının kendisinden sonra ekilebilecek ayçiçeği, aspir, kolza ve soya gibi yağ bitkileri ile buğday ve yulaf tohumlarının çimlenme ve fide gelişimine allelopatik etkileri incelenmiştir. Bulgularımız, yulafın özellikle incelenen yağ bitkileri üzerine allelopatik etkilerinin olduğunu, 50 g L<sup>-1</sup> dozunda bu etkinin belirgin bir şekilde ortaya çıktığı ve yulaf çeşitlerinin allelopatik etkilerinin birbirinden farklı olduğunu göstermektedir. İncelenen yağ bitkilerinin çimlenme oranı üzerine yulafın olumsuz etkisinin, soya hariç, çok sınırlı olduğu, ama tohumların çimlenme hızını yavaşlattığı tespit edilmiştir. Ayrıca, yulaf tohumlarının çimlenmesi ve fide gelişimi de yulaf sap solüsyonlarından olumsuz etkilendiği için yulafın ototoksik etkiye de sahip olduğu söylenebilir. Ancak, yulafın buğday ve yulaf üzerine allelopatik etkilerinin daha az olduğu ve sadece daha yüksek dozlardaki yulaf solüsyonlarının buğday üzerine allelopatik etki gösterdiği belirlenmiştir. Sonuç olarak, yulaftan sonra incelenen bu yağ bitkileri yetiştirilecekse, yulaf hasadının mümkün olduğunca toprağa yakın yapılması ve saplarının tarladan uzaklaştırılması yulafın allelopatik etkilerinin azaltılması bakımından etkili olabileceği söylenebilir.

## KAYNAKLAR

- Asghari J, Tewari JP 2007. Allelopathic potentials of eight barley cultivars on *Brassica jucea* (L) Czern. and *Setaria viridis* (L) p. Beauv., J. Agric. Sci. Technol. 9, 165-176.
- Baghestani A, Lemieux C, Leroux GD, Baziramakenga R, Simard RR 1999. Determination of allelochemicals in spring cereal cultivars of different competitiveness. Weed Science, 47(5), 498-504.
- Batish RD, Singh HP, Kaur S 2001. Crop allelopathy and its role in ecological agriculture. J. Crop Product. 4, 121-161.
- Bruce SE, Kirkegaard JA, Pratley J, Howe G 2006. Growth suppression of canola through wheat stubble I. Separating physical and biochemical causes in the field. Plant and Soil, 281(1-2), 203-218.

- Charalampopoulos D, Wang R, Pandiella SS, Webb C 2002. Application of cereals and cereal components in functional foods: a review. *International Journal of Food Microbiology*, 79, 131-141.
- Çanakçı S 2009. Arpa (*Hordeum vulgare* L.) tohumlarının çimlenmesi, çeşitli büyüme parametreleri ve pigment miktarları üzerine salisilik asit ve ferulik asitin etkileri. *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*. 22, 37-45.
- De Bertoldi C, De Leo M, Braca A, Ercoli L 2009. Bioassay-guided isolation of allelochemicals from *Avena sativa* L.: allelopathic potential of flavone C-glycosides. *Chemoecology*, 19(3), 169-176.
- Demirbaş A 2005.  $\beta$ -Glucan and mineral nutrient contents of cereals grown in Turkey. *Food Chemistry*, 90, 773-777.
- Dumlupınar Z, Ercan K, Tekin A, Herek S, Kurt A, Kekeç E, Olgun M, Dokuyucu T, Akkaya A 2016. Yerel yulaf hatlarının Kahramanmaraş koşullarındaki performansı. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 19(4), 438-444.
- Düzgüneş O, Kesici T, Kavuncu O, Gürbüz F 1987. Araştırma ve Deneme Metodları (İstatistik Metodları II). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları:1021. Ders Kitabı, 295 s.
- FAO 2018. Food and Agriculture Organization of The United Nations, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Far MH, Bagherzadeh A 2018. Assessing allelopathic index for estimating allelopathic potential of Ajowan extracts. *J. Crop Sci. Biotech.*, 21(2), 165-172.
- Fay PK, Duke WB 1977. An assessment of allelopathic potential in *Avena* germ plasm. *Weed science*, 25(3), 224-228.
- Flander L, Suortti T, Katina K, Poutanen K 2011. Effects of wheat sourdough process on the quality of mixed oat-wheat bread. *LWT-Food Science and Technology*, 44(3), 656-664.
- ISTA 2003. International Rules For Seed Testing. International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland.
- Kato-Noguchi H, Kosemura S, Yamamura S, Mizutani J, Hasegawa K 1994. Allelopathy of oats. I. Assessment of allelopathic potential of extract of oat shoots and identification of an allelochemical. *Journal of chemical ecology*, 20(2), 309-314.
- Kohli RK, Batish D, Singh HP 1997. Allelopathy and its implications in agroecosystems. *Journal of crop production*, 1, 169-202.
- Lam Y, Sze CW, Tong Y, Tang SCW, Ho JCM, Liao QX, Zhang Y 2012. Research on the allelopathic potential of wheat. *Agricultural Sciences*. 3(8), 979-985.
- Mamolos AP, Kalburtji KL 2001. Significance of allelopathy in crop rotation. *Journal of crop production*, 4(2), 197-218.
- Maqbool N 2010. Exploring the role of sorgaab in improving water stress tolerance in maize at germination and vegetative growth stages (Doctoral dissertation, M. Phil Thesis submitted to Department of Botany, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan).
- Moyer JR, Huang HC 1997. Effect of aqueous extracts of crop residues on germination and seedling growth of ten weed species. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 38, 131-139.
- Mut Z, Akay H, Sezer İ, Gülümser A, Öner F, Erbaş ÖD 2011. Farklı orijinli yulaf (*Avena sativa* L.) genotiplerinin Samsun ekolojik koşullarında tarımsal ve bazı kalite özelliklerinin tespiti. 9. Tarla Bitkileri Kongresi 12-15 Eylül (Cilt 1, S:88-93), Bursa.
- Mut Z, Köse ÖD, Akay H 2016. Kavuzsuz yulaf çeşitlerinin tane verimi ve bazı kalite özellikleri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 31(1), 96-105.

- 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.
- Narwal SS, Palaniraj R, Sati SC 2005. Role of allelopathy in crop product. *Herbologia*. 6, 1-73.
- Oueslati O 2003. Allelopathy in two durum wheat (*Triticum durum* L.) varieties. *Agriculture, Ecosystems and Environ.* 96, 161-163.
- Rajput P, Rao PB 2013. Effect of different wheat straw extracts on germination and growth of three dominant weed species. *International Journal of Botany and Research*, 3(2), 71-78.
- Reigosa MJ, Pedrol N, Sánchez-Moreiras AM, González L 2002. Stress and allelopathy. *Allelopathy from molecules to ecosystems*, 231-256.
- Perez FJ 1990. Allelopathic effect of hydroxamic acids from cereals on *Avena sativa* and *A. fatua*. *Phytochemistry*. 29(3), 773-776.
- Rice EL 1984. *Allelopathy* 2nd edition. Academic Press Inc., Orlando, Florida, 424 s. ISBN: 0-12-587055-8.
- Sánchez-Moreiras AM, Weiss OA, Reigosa-Roger MJ 2004. Allelopathic evidence in the Poaceae. *The Botanical Review*, 69(3), 300-319.
- Shah AN, Iqbal J, Ullah A, Yang G, Yousaf M, Fahad S, Tanveer M, Hassan W, Tung SA, Wang L, Khan A 2016. Allelopathic potential of oil seed crops in production of crops: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(15), 14854-14867.
- Singh HP, Daizy BR, Kohli RK 2001. Allelopathy in agroecosystems. *J. Crop Product*. 4, 1-41.
- Willis RJ 2005. Justus Ludewig von Uslar, and the first book on allelopathy. Springer Science & Business Media, 140 s. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2753-6>.

## Comparison of Ridge Regression and Least Squares Methods in the Presence of Multicollinearity for Body Measurements in Saanen Kids

Cem TIRINK<sup>1\*</sup>, Samet Hasan ABACI<sup>2</sup>, Hasan ÖNDER<sup>2</sup>

**ABSTRACT:** Least square (LS) method is a common method used to estimate the coefficients in multiple regression models. The least square multiple regression models produce biased regression coefficients when the multicollinearity is encountered in the studied data sets. Multicollinearity problem can be solved by using some methods. As one of the methods, Ridge Regression (RR) is a biased estimation method that enables to obtain models having more reliable coefficient of determination ( $R^2$ ). This study was conducted on 40 Saanen kids in order to determine some morphological measurements (withers height, rump height, body length, chest width, chest girth and chest depth) affecting body weight. In this study, usability of ridge regression method in the presence of multicollinearity was evaluated. Variance Inflation Factor (VIF) values higher than 10 were detected for withers height and rump height. Coefficient of determination ( $R^2$ ) was obtained as 0.88 from LS method and  $R^2$  was obtained 0.875 with  $k=0.0136$  from RR method. As a result, the model obtained from RR is more reliable than that obtained from LS.

**Keywords:** Least squares, multiple regression, multicollinearity, ridge regression

<sup>1</sup> Cem TIRINK (Orcid ID: 0000-0001-6902-5837), Iğdir University, Faculty of Agriculture, Department of Animal Science, Iğdir, Turkey,

<sup>2</sup> Samet Hasan ABACI (Orcid ID: 0000-0002-1341-4056), Hasan ÖNDER (Orcid ID: 0000-0002-8404-8700), Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Animal Science, Samsun, Turkey

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Cem TIRINK, e-mail: cem.tirink@gmail.com

This research was presented as an oral presentation at the International 8<sup>th</sup> Balkan Animal Science Conference (BALNIMALCON) held on 6-8 September 2017 in Prizren.

Geliş tarihi / Received: 07-01-2020

Kabul tarihi / Accepted: 01-02-2020

## INTRODUCTION

Body weight prediction provides a great convenience for the breeders to make the right decision for determining suitable feed portion, medical dose and correct market price of farm animals. (Eyduvan et al., 2017). Therefore, in the case of the scarcity of weighing scales in rural conditions, it is an important and easy way to predict body weight to breeders. It is a very important strategy for determining the relationship between body weight and body measurement for the different viewpoints of animal breeding (Aytekin et al., 2018; Lukuyu et al., 2016). A great number of statistical methods can be used for determining the relationship between body weight and various body measurements.

To reveal the cause and effect relationship of economic characters that vary depending on many factors in animal husbandry, there are a lot of statistical methods to execute. One of these statistical methods is multiple regression analysis (Akçay and Sarıoçkan, 2015). Regression analysis can be explained as a function between interested response variable and explanatory variables thought to be related on response (Ari and Onder, 2013). Least square method (LS) is a common method to estimate parameters in the regression model (Uckardes et al., 2012). Besides, the LS method is an unbiased method that is not only estimate parameter but also minimizing the error of the model. However, the LS method needs some assumptions which should be provided for the model reliable. If assumptions aren't provided, the reliability of the model will decrease. Therefore, it will cause misinterpretations. To guarantee the usability of this method, the assumptions must be valid such as that the errors are independent and normally distributed, and independent among explanatory variables (Uckardes et al., 2012). If the linear relationship (multicollinearity) exists between the explanatory variables, this situation causes to occur wrong estimates of the regression coefficients and it reduces the model's predictability.

The aim of this study was to compare the ridge regression and the least squares methods to estimate body weight from withers height, rump height, body length, chest depth, chest width and chest girth parameters in the case of multicollinearity.

## MATERIALS AND METHOD

### Material

In this study, 40 Saanen kids at Ondokuz Mayıs University research farm unit were used for predicting body weight. For this aim, some body measurements (withers height, rump height, body length, chest depth, chest width, chest girth, rump width) and body weight were used. Body weight were used as a response variable, and body measurements were used as explanatory variables. All statistical analysis was performed using IBM SPSS 21.0 via Ondokuz Mayıs University license (IBM, 2012) and NCSS trial version (NCSS, 2016).

### Method

Regression analysis is the most common statistical method used to explain the relationship between response and explanatory variables. In the matrix form of the equation to multiple regression is:

$$Y = X\beta + \varepsilon \quad (1)$$



$Y$  is a vector ( $n \times 1$ ) of response variable (observations),  $X$  is a  $n \times (p+1)$  matrix of explanatory variables and  $\beta$  is a vector  $(p+1) \times 1$  which is estimated regression coefficients (Alpar, 2011). The error terms in the  $\varepsilon$  have  $n \times 1$  dimension of a vector that have a normal distribution with  $E(\varepsilon)=0$  and  $\text{Var}(\varepsilon)=I\sigma^2$ .

### Least squares method

The main purpose of least squares method (LS) is to minimize the sum of squares of error terms, in case of error terms having a normal distribution and having homogeneous variance and thus to optimize the model (Kutner et al., 2004).

$$Q_{LS} = \sum_{i=1}^n e_i^2 \quad (2)$$

In estimating regression coefficients, LS is generally used. In the calculation of the coefficients vector  $\hat{\beta}$ , the following equation is used for the LS method (Alpar, 2011).

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'Y \quad (3)$$

The LS method requires certain assumptions to obtain reliable results. The first assumption is that the regression model must be expressed in a linear way. The expected average error of the regression model must be zero. The variance of the errors must be constant and the errors must be independent (no autocorrelation) (Sarstedt and Mooi, 2014).

The LS method needs to require some assumptions such as the absence of a linear relationship between explanatory variables. The model's reliability depends on the realization of the assumptions of the LS method. If there is a linear relationship between the explanatory variables, this problem called a multicollinearity. In the case of multicollinearity, the variance and covariance of the regression coefficients increase, although the  $R^2$  value of the model is influenced, none or some of the independent variables will be significant. Thus, the model will be misinterpreted in case of the multicollinearity (Cankaya et al., 2019).

- **Determination approaches of multicollinearity**

- *Simple correlation coefficient*

Determination of the multicollinearity, if the correlation coefficient between the explanatory variables is close to 1, there may be interpreted as multicollinearity is exist (Albayrak, 2005; Sahin et al., 2018).

- *Determination of coefficient*

The second method for determining the multicollinearity can be by examining the changes in  $R^2$ . If there is no change in  $R^2$  as a result of adding an independent variable or observation to the model, this may indicate multicollinearity (Sahin et al., 2018).

- *Partial correlation coefficient*

One approach to determining multicollinearity is to analyze the partial correlation coefficients. If the simple correlation coefficient between the explanatory variables is significant and the partial correlation coefficient is insignificant, this can be demonstrated for the multicollinearity problem. However, the approach based on the partial correlation coefficient is not always effective. On the other hand, even if the partial correlation coefficients are high, problems of multicollinearity can still arise (Albayrak, 2005).

○ *Tolerance value*

Another approach in determining of multicollinearity is calculated to tolerance value for explanatory variables. Tolerance value can be calculated by the following equation:

$$TV = 1 - R_j^2 \quad (4)$$

If the tolerance value is small ( $TV < 0.10$ ), this means a larger VIF value ( $VIF > 10$ ), which means it has multicollinearity (Hair et al., 2014; Albayrak, 2005; Sahin et al., 2018).

○ *Variance Inflation Factor (VIF)*

The fifth approach to determining of multicollinearity is the use of Variance Inflation Factor (VIF). If the VIF value is greater than 10, multicollinearity can be mentioned (Topal et al., 2010; Albayrak, 2005).

$$VIF = c_{ij} = \frac{1}{1 - R_j^2} \quad (5)$$

○ *Condition number (CN) and Condition Index (CI)*

One of the methods to the determination of multicollinearity is to calculate the condition number (CN) and condition index (CI).

$$CN = \frac{\lambda_{\max}}{\lambda_{\min}} \quad (6)$$

$$CI = \sqrt{\frac{\lambda_{\max}}{\lambda_{\min}}} \quad (7)$$

If the CI is under 10 ( $CI < 10$ ), there is no multicollinearity problem in this model. Furthermore, it is possible to mention that multicollinearity for both  $10 \leq CI \leq 30$  (medium-multicollinearity) and  $CI \geq 30$  (high-multicollinearity) (Pagel and Lunneborg, 1985; Gujarati, 1995; Rathert et al., 2011; Sahin et al., 2018; Akcay and Sariozkan, 2015). If the CN is under 100, there is no multicollinearity problem in this model. Furthermore, it is possible to mention that multicollinearity for both  $100 \leq CN \leq 1000$  (medium-multicollinearity) and  $CN \geq 1000$  (high-multicollinearity) (high-multicollinearity) (Akcay and Sariozkan, 2015).

### Ridge regression

Ridge Regression (RR) was proposed to analyze multivariate data that suffer from multicollinearity by Hoerl and Kennard (1970). In the case of multicollinearity, the variance and covariance of the regression coefficients increases in the  $X'X$  matrix (Vupa ve Gurunlu Alma, 2008; Uckardes et al., 2012). In order to eliminate this problem, variance and covariance can be decreased by adding ridge trace ( $k$ ) parameter to the diagonal elements of  $X'X$  matrix. Ridge trace value should be  $0 \leq k \leq 1$ . If the  $k$  is zero, parameter estimation is the same as LS (Uckardes et al., 2012). Parameter estimation of RR in matrix notation can be given as;

$$\hat{\beta} = (X'X + kI)^{-1}X'Y \quad (8)$$

The main purposes of ridge regression method are eliminating the multicollinearity between explanatory variables, getting a smaller variance prediction than LS, decreasing mean square error and display the instability that occurs in coefficients on graphs in case of the multicollinearity (Cankaya et al., 2019).

Many researchers suggested different equations to calculate optimum k value. Kurtulus (2001) have suggested an equation to calculate the optimum k value based on eigenvalue and obtained the following equation:

$$k \leq \frac{\lambda_{\max} - 100\lambda_{\min}}{99}, k \neq 0 \quad (9)$$

By calculating the optimal k value using this equation, the VIF value approaches to 1 (Anderson, 1998; Uckardes et al., 2012; Cankaya et al., 2019).

## RESULTS AND DISCUSSION

Descriptive statistics for response and explanatory variables are given in Table 1. When the data is examined, the coefficient of variation is less than 30% and is reliable. The Kolmogorov Smirnov normality test yield that the data of the variables examined were compatible with the normal distribution ( $P > 0.05$ ).

**Table 1.** Descriptive Statistics

	Mean±Std. Deviation	Min-Max	CV (%)
Body weight	16.18 ± 3.22	9.39-23.6	19.90
Chest girth	56.06 ± 4.39	42.5-66	7.81
Chest width	9.88 ± 1.15	8.5-13	11.65
Chest depth	17.77 ± 1.64	13.5-22	9.23
Withers height	49.67 ± 3.63	42.5-60	7.33
Rump height	51.01 ± 3.63	43-61	7.12
Body length	46.27 ± 4.12	36.5-55	8.91

Pearson correlation coefficients and significance test results between body weight and some body measurements taken from Saanen kids are given in Table 2. There is a positive correlation between body weights and live weights of Saanen kids during the weaning period. The highest correlation was found between rump height and withers height ( $r=0.98$ ,  $P<0.01$ ). If the correlation coefficient between the variables is greater than 90%, there may be multicollinearity problems (Topal et al., 2010).

**Table 2.** Correlation matrix

	Chest girth	Chest width	Chest depth	Withers height	Rump height	Body length
Chest width	0.67**					
Chest depth	0.83**	0.56**				
Withers height	0.56**	0.36*	0.70**			
Rump height	0.56**	0.40*	0.73	0.98**		
Body length	0.74**	0.66**	0.71**	0.63**	0.65**	
Body weight	0.87**	0.73**	0.84**	0.70**	0.73**	0.80**

\*\* $P<0.01$

### Results of the Least Squares

Estimated regression coefficients, standard error, test statistics and collinearity statistics (tolerance and VIF values) obtained from the LS method are given in Table 3. According to the results of multiple regression analyses using the LS method, the regression coefficients of chest girth and chest width were found to be statistically significant ( $P<0.05$ ). However, chest depth, withers height, rump height and body length were found to be statistically insignificant ( $P>0.05$ ). In addition, the multicollinearity problem was determined between explanatory variables withers height and rump height ( $VIF>10$ ) in

Table 3. Accordingly, these results showed that standard error increased, so that predicted regression coefficients with the LS method was inconsistent parameter predictions.

**Table 3.** Regression coefficients and collinearity statistics obtained from the LS method

	$\beta$	Std. Error	t	Sig.	Collinearity Statistics	
					Tolerance	VIF
Constant	-25.684	3.142	-8.175	0.000	-	-
Chest girth	0.279	0.095	2.937	0.006	0.217	4.608
Chest width	0.584	0.252	2.316	0.027	0.445	2.250
Chest depth	0.312	0.258	1.212	0.234	0.211	4.732
Withers height	-0.105	0.319	-0.330	0.743	0.028	35.753*
Rump height	0.321	0.332	0.966	0.341	0.026	38.628*
Body length	0.082	0.083	0.983	0.333	0.321	3.112

\*VIF's are greater than 10, so multicollinearity problem was detected

The condition number (CN) coefficients calculated for Equation 6 were examined. In table 4, the multicollinearity problem was determined because of the calculated CN ( $100 \leq CN \leq 1000$ ) (Table 4).

**Table 4.** Correlation eigenvalue and condition number

Number	Eigenvalue	Condition Number
1	4.27	1.00
2	0.93	4.56
3	0.38	11.24
4	0.26	16.30
5	0.13	31.89
6	0.01	315.63

### Results of the Ridge Regression

In table 5 shows the ridge regression analysis results for each of k values which eliminates the multicollinearity problem and gives the highest  $R^2$  value.

In table 6, VIF values are given for each k.  $k=0$  represents the VIF values for the LS method. When all VIF values were examined, it was detected that the  $VIF < 10$  for  $k = 0.0136$ .

**Table 5.** Optimum k values selection

k	$R^2$	Sigma	B'B	Ave VIF	Max VIF
0	0.8800	1.21164	0.3700	14.8471	38.6278
0.01	0.8768	1.22753	0.2854	6.3689	13.1059
0.0136	0.8758	1.23253	0.2742	5.2838	9.9764
0.02	0.8741	1.24099	0.2616	4.1014	6.6907
0.03	0.8716	1.25352	0.2503	3.1147	4.1488
0.04	0.8691	1.26550	0.2434	2.5642	2.8851
0.05	0.8667	1.27708	0.2384	2.2078	2.6150
0.06	0.8643	1.28835	0.2344	1.9537	2.3935
0.07	0.8620	1.29935	0.2310	1.7604	2.2018
0.08	0.8597	1.31012	0.2281	1.6065	2.0345
0.09	0.8574	1.32067	0.2255	1.48	1.8874

**Table 6.** VIF values for detection of k values

k	Chest girth	Chest width	Chest depth	Withers height	Rump height	Body length
0.0000	4.608	2.250	4.732	35.753	38.628	3.113
0.0100	3.894	2.029	4.023	12.278	13.159	2.883
0.0136	3.711	1.978	3.838	9.393	9.976	2.807
0.0200	3.430	1.898	3.552	6.359	6.691	2.680
0.0300	3.066	1.792	3.181	4.002	4.149	2.499
0.0400	2.768	1.700	2.874	2.823	2.885	2.337
0.0500	2.517	1.616	2.615	2.145	2.164	2.191
0.0600	2.302	1.541	2.394	1.716	1.711	2.058
0.0700	2.117	1.471	2.202	1.426	1.408	1.938
0.0800	1.956	1.407	2.035	1.220	1.193	1.829
0.0900	1.815	1.348	1.887	1.066	1.035	1.729

When the VIF values were examined in Table 7, the multicollinearity problem between withers height and rump height measurements, which was used for body measurement, was eliminated by the RR method.

**Table 7.** Regression analysis results according to ridge trace and ridge regression method ( $k = 0.0136$ )

Parameters	Coefficients	Standard Error	t-Values	Sig.	VIF
Intercept	-25.273	-	-	-	-
Chest girth	0.263	0.087	3.023	*	3.711
Chest width	0.603	0.241	2.502	*	1.978
Chest depth	0.342	0.236	1.449	-	3.838
Withers height	-0.001	0.166	-0.006	-	9.393
Rump height	0.210	0.172	1.221	-	9.976
Body length	0.086	0.080	1.075	-	2.807

In Table 8 is examined, the models were statistically significant for LS and RR methods ( $P < 0.001$ ). The least square method had lower MSE value than RR method. However, RR method had higher  $R^2$  value than LS method. In many studies such as Ergunes (2004), Topal et al (2010), Uckardes et al (2012) and Cankaya et al (2019) were similar results.

**Table 8.** Comparison of LS and RR analysis results

Methods	MSE	$R^2$	Sig.
Least Squares	1.47	0.880	<0.001
Ridge Regression	1.52	0.876	<0.001

## CONCLUSION

In the assessment of the data for agricultural studies based on cause and effect relationships, multiple regression is used based on the LS method. In this study, the LS method used in the presence of multicollinearity determined by VIF value was compared with ridge regression method for estimating the body weight. In estimating the body weight from some body measurements (withers height, rump height, body length, chest depth, chest width, chest girth, rump width), the RR method is more reliable than the LS method. On account of the presence of a multicollinearity problem, Ridge Regression is an alternative method according to the multiple regression method.



**REFERENCES**

- Akcay A, Sariozkan A, 2015. Estimation of income with using Ridge Regression analysis in layer hen industry. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 62, 69-74, 2015.
- Albayrak AS, 2005. An alternative bias estimation technique and an application of the least-squares technique in multiple linear connections. Zonguldak Karaelmas University Journal Social Sciences1: 105-126.
- Alpar R, 2011. Uygulamalı çok değişkenli istatistiksel yöntemler. 3. Baskı. Kızılay/Ankara. Detay Yayıncılık. ISBN:978-605-5437-42-8
- Anderson B, 1998. Scandinavian evidence on growth and age structure, ESPE 1997 Conference at Uppsala University.
- Ari A, Onder H, 2013. Regression Models Used for Different Data Structures. Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 2013,28(3):168-174. doi: 10.7161/anajas.2013.28.3.168.
- Aytekin I, Eyduran E, Karadas K, Aksahan R, Keskin I, 2018. Prediction of Fattening Final Live Weight from some Body Measurements and Fattening Period in Young Bulls of Crossbred and Exotic Breeds using MARS Data Mining Algorithm. Pakistan Journal of Zoology, vol. 50(1), pp 189-195, 2018.
- Cankaya S, Eker S, Abaci, SH, 2019. Comparison of Least Squares, Ridge Regression and Principal Component Approaches in the Presence of Multicollinearity in Regression Analysis. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 7(8): 1166-1172. DOI: 10.24925/turjaf.v7i8.1166-1172.2515
- Ergüneş E, 2004. The examining least square method and Ridge regression method by comparison. Cukurova University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Master Thesis (Printed).
- Eyduran E, Zaborski D, Waheed A, Celik S, Karadas K, Grzesiak W, 2017. Comparison of the predictive Capabilities of several data mining algorithms and multiple linear regression in the prediction of body weight by means of body measurements in the indigenous beetal goat of Pakistan. Pakistan Journal of Zoology, 49: 257-265. <https://doi.org/10.17582/journal.pjz/2017.49.1.257.265>.
- Gujarati DN, 1995. Basic econometrics, 3rd ed. McGraw-Hill, New York, USA.
- Hair JF Jr, Black WC, Babin BJ, Anderson RE, (2014). Multivariate Data Analysis (7<sup>th</sup> edition), pp. 200, ISBN 10: 1-292-02190-X, Pearson Education Limited -England.
- Hoerl AE, Kennard R, 1970. Ridge regression: Biased estimation for non-orthogonal problems. Technometrics, 12: 55-67. <https://doi.org/10.1080/00401706.1970.10488635>
- IBM Corp. Released 2012. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 21.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- Kurtuluş M, 2001. A study on ridge regression. Gazi University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Master Thesis (Printed).
- Kutner MH, Nachtsheim CJ, Neter J, Li W, 2004. Applied Linear Statistical Models, 5th edition, pp. 15, McGraw-Hill/Irwin.
- Lukuyu MN, Gipson JP, Savage DB, Duncan AJ, Mujibi FBN, Okeyo AM, 2016. Use of body linear measurements to estimate live weight of crossbred dairy cattle in small holder farms in Kenya. SpringerPlus, 5:3-14. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-1698-3>.
- NCSS 11 Statistical Software trial version, 2016. NCSS, LLC. Kaysville, Utah, USA, [ncss.com/software/ncss](http://ncss.com/software/ncss).
- Pagel MU, Lunneborg CE, 1985. Empirical evaluation of Ridge Regression. Psychological Bulletin, 97: 342-355. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.97.2.342>.

- Rathert ÇT, Üçkardeş F, Narinç D, Aksoy T, 2011. Comparison of principal component regression with the least square method in prediction of internal egg quality characteristics in Japanese quails. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17:687-692.
- Sahin M, Yavuz E, Uckardes F, 2018. Multicollinearity Problem and Bias Estimates in Japanese Quail. *Pakistan Journal of Zoology*, vol. 50(2), pp 757-761, 2018. DOI: 10.17582/journal.pjz/2018.50.2.757.761.
- Sarstedt M, Mooi E, 2014. *A Concise Guide to Market Research*, Springer Texts in Business and Economics: Chapter 7, Regression Analysis pp. 193-233. DOI 10.1007/978-3-642-53965-7\_7, #Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Topal M, Eyduran E, Yaganoglu AM, Sonmez AY, Keskin S, 2010. Use of Ridge and Principal Component Regression Analysis Methods in Multicollinearity. *Journal of Agricultural Faculty of Atatürk University*, 41 (1), 53-57. ISSN: 1300-9036.
- Uckardes F, Efe E, Narinç D, Aksoy T, 2012. Estimation of the egg albumen index in the Japanese quails with ridge regression method. *Akademik Ziraat Dergisi* 1(1): 11-20. ISSN: 2147-6403.
- Vupa O, Gurunlu Alma O, 2008. Investigation of Multicollinearity Problem in Small Samples Included Outlier Value in Linear Regression Analysis. *Selcuk University Journal of Science Faculty*. Vol.31, 97-107.

**Balıkesir İli Karma Yem Üretimi ve Karma Yem Fabrikalarının Mevcut Durumları**Kasım ÖZEK<sup>1\*</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada, Balıkesir ilindeki yem fabrikalarının mevcut durumlarının tespit edilmesi ve karma yem sektörünün sorunlarına yönelik çözümler önerilmesi amacıyla ildeki fabrikaların idari ve teknik alt yapıları, üretim, pazarlama, hammadde, kalite, kapasite kullanım oranı (KKO), istihdam ve sorunları araştırılmıştır. Bu amaçla, ildeki faal haldeki 24 yem fabrikası ziyaret edilmiş ve toplam 48 sorudan oluşan anket uygulanarak elde edilen veriler analiz edilmiştir. Araştırma sonucunda, Balıkesir ilindeki yem fabrikalarının kurulu kapasitelerinin yaklaşık 4.5 milyon ton yıl yem olduğu, bu kurulu kapasiteye karşılık 2018 yılında 1.87 milyon ton yem üretimi ile KKO'nun %41.5 olduğu tespit edilmiştir. İldeki yem fabrikalarının 17'si anonim şirket, 7'si limitet şirket iken; fabrikaların %37.5'inin otomatik, %41.7'sinin yarı otomatik ve %20.8 'inin ise manüel olduğu ve yem fabrikalarında toplam 1005 kişinin istihdam edildiği saptanmıştır. Anket sonuçlarına göre ildeki yem fabrikalarının %66.7'sinde hammadde ve yem analiz laboratuvarlarının bulunduğu ve %83.3'ünde bir rasyon hazırlama programı kullandıkları, fabrikaların %95.8'i hammadde ve yem depolamada kullanılmak üzere hem dikey hem yatay siloya sahip olduklarını bildirmişlerdir. İlde 2018 yılında üretilen karma yemin %50'sini kanatlı, %45'ini büyükbaş, %5'ini ise küçükbaş hayvan yemleri oluşturmuştur. Üretim maliyetlerinin %79'unun hammadde, geri kalan %21'inin ise işletme maliyetlerinden oluştuğu tespit edilmiştir. Hammadde fiyatlarının yüksekliği ve temin zorluğu, döviz kuru yüksekliği ve kur oynaklığı, haksız rekabet ve kayıtsız üretim ile iç talep yetersizliği en önemli sorunlar olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, ildeki yem fabrikalarının çoğunluğunun idari ve teknik donanımları ile laboratuvar altyapılarının yeterli olduğu, fabrikaların en önemli sorunlarının ise KKO'larının düşüklüğü ve hammadde fiyatlarının yüksek olması olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Balıkesir, kapasite kullanım oranı, karma yem, sorunlar, yem fabrikası

**Balıkesir Mixed Feed Production and Current Situations of Feed Mills in Province**

**ABSTRACT:** In this study, administrative and technical infrastructures, production, marketing, raw material, quality, capacity utilization ratio (CUR), employment and problems of the factories were investigated in order to determine the current status of feed mills in Balıkesir and to propose solutions for the problems of the mixed feed sector. For this purpose, 24 feed factories in the province were visited and a questionnaire consisting of a total of 48 questions was interviewed and the data obtained were analyzed. As a result of the research, it was determined that the installed capacity of feed mills in Balıkesir province was 4.50 million ton year<sup>-1</sup> and in contrast to this installed capacity, the CUR was 41.5% by producing 1.87 million tons of feed in 2018. Seventeen factories were joint stock companies, 7 factories were limited companies of the feed factories in the province. Percent of 37.5 the feed factories were automatic, 41.7% were semi-automatic and 20.8% were manual, and a total of 1005 people were employed in feed factories. According to the results of the survey, it was determined that 66.7% of feed factories in the province had raw material and feed analysis laboratories, and 83.3% of factories used a ration preparation program. It was determined that 95.8% of the factories have both vertical and horizontal silos for use in raw material and feed storage. Mixed feed produced in the province in 2018 were consisted of 50% of the poultry, 45% of cattle, 5% of sheep feeds. It was determined that 79% of the production costs consisted of raw materials and 21% were operating costs. High raw material prices and difficulty in supply, high exchange rate and exchange rate volatility, unfair competition and unregistered production and insufficiency of domestic demand have been identified as the most important problems. As a result, the administrative and technical equipment and laboratory infrastructures of the majority of the feed mills in the province are sufficient, and the most important problems of the factories are the low CUR and high raw material prices.

**Keywords:** Balıkesir, capacity utilization ratio, feed mill, mixed feed, problems

<sup>1</sup> Kasım ÖZEK (Orcid ID: 0000-0001-6897-2816), Güney Marmara Kalkınma Ajansı, Balıkesir, Türkiye.

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Kasım ÖZEK, e-mail: kozek@gmka.gov.tr

## GİRİŞ

Yüksek verimli çiftlik hayvanlarından genetik potansiyellerinin izin verdiği en üst düzeyde ürün alabilmek için bu hayvanların besin maddelerince dengeli ve yeterli rasyonlarla beslenmeleri gerekir. Kârlı bir hayvancılığın temel ilkesi en az masrafla en fazla hayvansal ürün elde etmek olup; esasen hayvansal üretimdeki sürdürülebilirlik uygun fiyatlarda yem arzına bağlıdır. Entansif hayvansal üretimde, yem giderleri işletme maliyetlerinin %60-70'ini oluşturmaktadır (Akdeniz ve ark., 2005; Bayındır 2015) yem maliyetlerini mümkün olduğunca en düşük düzeyde tutmak ve çiftlik hayvanlarının besin maddesi gereksinimlerini optimum seviyede karşılamak için NRC (1994) gibi çeşitli yemleme standartları oluşturulmuştur. Bu standartlar, birden fazla yem içeren çiftlik hayvanlarının yüksek düzeyde ve kaliteli ürün vermelerini sağlayan, yapısı garanti edilmiş bir karışım olarak tanımlanan karma yemlerin formülasyonlarına referans olmaktadır (Özen ve ark., 1999). Hayvancılık işletmelerinin ihtiyaç duyduğu karma yemleri üretmek üzere faaliyet gösteren sanayi kolu olarak adlandırılan karma yem sanayi, hububat ve yağlı tohumlar gibi yem hammaddeleri ve gıda sanayiinden elde edilen yan ürünleri işleyip, vitaminler, mineraller ve premiksler gibi çeşitli yem katkıları ile karıştırarak hayvancılığın istifadesine sunan, ekonomi ve istihdama katkı sağlayan bir sektör olup; adeta bitkisel üretim ile hayvansal üretim arasında bir köprü vazifesi görmektedir. Hayvancılığı gelişmiş ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de karma yem üretim ve tüketimi yıllar içerisinde büyük artışlar göstermiş, özellikle son yıllarda ulaşılan teknolojik gelişmelerle de karma yemlerin hayvansal üretime katkısı daha da büyük boyutlara ulaşmıştır (Akbay ve Ak, 2018). Hayvancılıkta kalkınma, hayvansal üretime ürün sağlayan yem sanayinin gelişimiyle doğrudan ilişkili olup karma yem üretim zincirinin herhangi bir aşamasındaki bir aksaklık, hayvansal üretimde ve hayvansal ürün fiyatlarında hemen kendini göstermektedir (Tekerli, 2010).

Son yıllarda ülkemiz hayvan varlığında görülen artışın yanında sığır varlığı içerisinde kültür ırklarının oranı da önemli düzeyde artış göstermiştir. Ülkemizde, 2018 yılı rakamlarına göre, 17 220 000 baş sığır, 35 194 000 baş koyun, 10 922 000 baş keçi, 229 506 000 adet etlik piliç (tek dönem), 124 054 810 adet yumurtacı tavuk bulunmaktadır (Anonim, 2019a). Balıkesir, hayvan varlığı yönüyle ülkemizde ilk sıralarda yer alan bir il olup; 2018 yılı verilerine göre 543 302 baş sığır varlığıyla Türkiye'de 5. sırada, 1 006 000 baş koyun varlığıyla 3. sırada, 6 868 000 adet yumurtacı tavuk varlığıyla 5. sırada yer alırken; ilde 183 782 baş keçi ve 198 447 adet diğer kanatlı (kaz, ördek, hindi) hayvan bulunmaktadır (Anonim, 2019b). Balıkesir ili bu sırayla paralel olarak hayvansal ürün üretimi bakımından da ülkemizde ilk sıralarda yer almaktadır. İl koyun sütü üretiminde 3. sırada, büyükbaş hayvan sütü üretiminde 4. sırada, tavuk eti üretiminde 3. sıradadır. Ülkemiz sığır, koyun, yumurtacı tavuk ve etlik piliç varlığının sırasıyla %3.2, %2.9, %5.5 ve %11.4'ü Balıkesir'de bulunmaktadır (Anonim, 2019b). Bu mevcut hayvancılık potansiyeli ile uyumlu olarak il, hem karma yem fabrika sayısı hem de karma yem üretimi bakımından da yine ilk sıralarda yer almaktadır. Balıkesir'de onaya tabi 17 adet, kayda tabi 7 adet olmak üzere toplam 24 adet faal yem fabrikası bulunurken; 48 hayvancılık işletmesi de kayda tabi olarak kendi yemini kendisi üretmektedir. Ayrıca ilde 5 adet onaya tabi premiks, 5 adet kayda tabi yem katkı ve premiks üreten ve 3 adet rendering işletmesi mevcuttur (Anonim, 2019c). Onaya tabi kavramı; Yem Hijyen Yönetmeliği Ek-6 üçüncü bölümünde belirtilen yem katkı maddelerini ya da bu katkıları içeren premiksleri kullanarak karma yem imal eden yem fabrikalarını, kayda tabi kavramı ise onaya tabi olmayı gerektiren yem katkı maddelerini ya da bu katkıları içeren premiksleri kullanmadan karma yem üreten fabrikaları tanımlamaktadır (Anonim, 2011).

Türkiye’de karma yem sanayi devlet eliyle “Yem Sanayi Türk A.Ş.”nin kurulmasıyla 1956 yılında başlamış, öncülük görevini tamamlayan kuruluş 1996 yılında tamamen özelleştirilerek özel sektörün faaliyet alanı haline dönüşmüş (Zincirlioğlu ve ark, 1995; Borazdan ve Ayhan, 2017) olup; ülkemizde Ekim 2019 itibarıyla faal durumda bulunan 680 karma yem fabrikası bulunmaktadır (Anonim, 2019d). Son yıllardaki teknolojik ilerlemelere paralel olarak yem sanayinde otomasyona, hatta tamamen bilgisayar denetimli sistemlere doğru hızlı bir geçiş olduğu görülmektedir. Türkiye, karma yem üretimi bakımından kendi yemini üreten işletmelerde dahil edildiğinde dünyada 7’inci, AB ülkeleri içerisinde ise ilk sırada yer almaktadır (Anonim, 2019e). Bu çalışmada, Balıkesir ilindeki karma yem fabrikalarının durumları analiz edilerek hayvan besleme ve hayvansal üretimde önemli bir yeri olan karma yemle ilgili aksaklıkların tespiti ve bunların çözümüne yönelik öneri ve stratejilerin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Bu araştırma kapsamında, Balıkesir ili Karesi, Altieylül, Bandırma, Gönen, Manyas, Susurluk, Bigadiç, Sındırgı, Gönen, Savaştepe ilçelerinde bulunan onaya tabi 17 ve kayda tabi 7 olmak üzere toplam 24 yem fabrikası ziyaret edilmiştir. Ziyaretlerde fabrika müdürleri, işletme şefleri ya da yetkilendirdikleri personelle yüz yüze görüşülerek önceden hazırlanan fabrikaların yapısal durumu, üretim kapasiteleri ve miktarları, hammadde, pazarlama, karşılaşılan sorunlar ve beklentileri belirlemek amacıyla 48 sorudan oluşan bir anket gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın saha çalışması kısmını oluşturan anketler 2019 yılı Ekim-Kasım aylarında gerçekleştirilmiş olup araştırmanın veri setini anket sorularına verilen cevaplar oluşturmuştur. Ankette fabrikaların ürettikleri yem çeşit ve miktarları, Balıkesir İl Tarım ve Orman Müdürlüğü’ne bildirdikleri kayıtlarla karşılaştırılarak uyumsuzluklar düzeltilmiştir. Ayrıca, ziyaretlerde, anket çalışmasının yanında karma yem fabrikalarının ildeki yetiştiricilerin hayvan besleme bilinçlerinin artırılmasına katkısı tespit edilmeye çalışılmıştır. Araştırmada, yem fabrikalarının kapasite kullanım oranları yılda 300 iş günü ve tek vardiya, 8 saat çalışma şeklinde hesaplanmıştır. Anket çalışması sonucunda elde edilen bütün verilerin ortalama gibi tanımlayıcı istatistikleri Microsoft Office Excel kullanılarak hesaplanmıştır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Yem Fabrikalarının Kuruluş, İdari Yapısı ve İstihdam Durumu

Anket sonuçlarına göre, Balıkesir’de ilk karma yem üretiminin 1968 yılında kurulan iki özel fabrika ile başladığı tespit edilmiş olup; Türkiye’de de ilk yem fabrikasının Yem Sanayi Türk A.Ş tarafından 1958 yılında Ankara ve Konya’da kurulduğu bildirilmektedir (Anonim, 2019e). İldeki bu iki fabrika halen üretimde olup; ilin karma yem sektörünün yarım asırlık bir birikim ve tecrübeye sahip olduğu anlaşılmaktadır. Diğer taraftan, ilde en son kurulan yem fabrikasının 2016 yılında faaliyete başladığı belirlenmiştir. İlde mevcut fabrikalardan 2’sinin 1960-1970, 1’inin 1970-1980, 5’inin 1980-1990, 5’inin 1990-2000, 9’unun 2000-2010 ve 2’sinin de 2010-2019 yılları arasında kurulduğu saptanmıştır. Yem fabrikalarının %70.8’i anonim şirket, %29.2’si limitet şirket iken, bu fabrikalardan %95.8’inin özel sektör yatırımı, %4.2’sinin ise kamu+özel (Tarım Kredi) yatırımı olduğu tespit edilmiştir. Türkiye’de Ekim 2019 rakamlarına göre 680 yem fabrikası mevcut olup; bunların 11 tanesi kamu+özel (tarım Kredi) yatırımı iken, diğerleri özel sektör yatırımıdır (Anonim, 2019d).

Balıkesir’deki yem fabrikalarında 85 beyaz yakalı (mühendis + veteriner hekim), 920 mavi yakalı (işçi, güvenlik, şoför vb. dahil) olmak üzere toplam 1005 kişinin istihdam edildiği tespit edilmiştir. Sadece bir tek yem fabrikasında ziraat mühendisi ya da veteriner hekim istihdam edilmezken özellikle üretim miktarları fazla olan fabrikaların üretimden sorumlu mühendis ya da veteriner hekim dışında



sahada görev yapmak üzere ziraat mühendisi ve veteriner hekim çalıştırdıkları saptanmıştır. Yapılan görüşmelerde, sahada görev yapan bu teknik elemanların sadece pazarlama değil aynı zamanda da ildeki yetiştiricilerin bilhassa yemler ve hayvan besleme olmak üzere genel zootekni konularında da bilinçlenmelerine katkı sağladığı ifade edilmiştir. Genel olarak yem fabrikalarında üretim teknolojisi otomatikleştikçe üretimdeki işçi sayısı ve karlılık artmaktadır. Tam otomatik yem fabrikalarında tek vardiyada 5 işçi ile üretimin yapıldığı bildirilirken (Bayraktar, 1999), Denli ve ark. (2015) Diyarbakır ilindeki faal yem fabrikalarında ortalama 10.5 işçinin çalıştığını bildirmiştir. Mevcut çalışmadaki yem fabrikalarında da teknoloji ve otomasyon düzeyi arttıkça üretimde daha az işçiye ihtiyaç duyulduğu buna karşın üretim miktarı arttıkça nakliye, pazarlama, satış gibi bölümlerde daha fazla işçiye ihtiyaç duyulduğu belirlenmiştir. Yapılan incelemede, Balıkesir ilindeki yem fabrikalarının %37.5'inin otomatik, %41.7'sinin yarı otomatik ve %20.8'inin ise manuel olduğu saptanmıştır. Dokuz otomatik yem fabrikasında çalışan toplam 521 işçinin üretimden daha çok nakliye, güvenlik, satış, hizmet gibi görevleri yerine getirdikleri tespit edilmiştir.

Yapılan araştırmada, ildeki yem fabrikalarından %25'inin ISO 2200 Gıda Güvenliği Yönetim Sistemi belgesine, %12.5'inin hem ISO 2200 hem de ISO 9001 Kalite Yönetim Sistemi belgesine, %4.2'sinin K-Q TSE-ISO-EN 9000 Kalite Yönetim Sistemi belgesine, %4.2'sinin HACCP Gıda Güvenliği Yönetim Sistemi belgesine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu belgelere sahip fabrikaların çoğunluğunun aynı zamanda un, irmik, beyaz et, süt ürünleri üreten şirketleri olan işletmelere ait olduğu ve üretim kapasiteleri ve üretim miktarlarının yüksek düzeyde olduğu saptanmıştır. Buna göre, ildeki fabrikaların yaklaşık %46'sının bir kalite belgesine sahip oldukları görülmekte olup; bu sonuç bir yandan ildeki karma yem üretiminde kalite ve hijyene verilen önemi gösterirken bir yandan da rekabetin getirdiği gelişmenin bir göstergesidir. Budağ (2011), Van ilindeki toplam 5 yem fabrikasının 3'ünün uluslararası bir kalite belgesine sahip olduklarını bildirmiştir.

### **Yem Fabrikalarının Kurulu Kapasiteleri, Kapasite Kullanım Oranları ve Yem Üretim Miktarları**

İldeki faal 24 yem fabrikasının 2018 yılı toplam yem üretimlerinin 1 872 057 ton olduğu tespit edilmiş olup; bu miktar, aynı yıl rakamlarına göre ülkemizdeki 515 yem fabrikasının 24.1 milyon ton olan (Anonim, 2019e) karma yem üretiminin yaklaşık %8'ini oluşturmaktadır. Türkiye'de üretilen 24.1 milyon ton karma yemin 5.7 milyon tonu (%23.7) Marmara bölgesinde üretilmekte olup; (Anonim, 2019e) bununda %32.8'inin (1.87 milyon ton) Balıkesir'deki fabrikalarda üretildiği anlaşılmaktadır. Bu verilere göre, Balıkesir ilinin karma sektöründe ülkemizde önde gelen illerimizden biri olduğu görülmektedir.

Balıkesir'deki yem fabrikalarının tek vardiya kapasite kullanım oranı (KKO) %65.2, çift vardiya KKO ise %44.8 olarak belirlenirken; Türkiye'deki yem fabrikalarının tek vardiya KKO'ları %100, çift vardiya KKO'ları ise %66.1'dir (Anonim, 2019e). İldeki fabrikaların, vardiya sistemi dikkate alınmaksızın, kurulu kapasite ve kullanılan kapasite üzerinden bir değerlendirme yapıldığında KKO'nun %41.5 olduğu belirlenmiştir. Balıkesir ilindeki yem fabrikalarının kurulu kapasiteleri, 2018 yılı üretim miktarları ve kapasite kullanım oranları Çizelge 1'de verilmiştir. İldeki fabrikaların, Türkiye'deki fabrikalara göre KKO'ları tek vardiya sisteminde %35, çift vardiya sisteminde %21 daha düşük olup buradan sektörün ilde %58.5 daha fazla üretim potansiyeline sahip olduğunu ve mevcut haliyle kar marjlarının düşük olduğunu söyleyebiliriz. Tekerli (2010) Ege bölgesindeki yem fabrikalarının KKO'larının kanatlı yemi üreten entegrelerde yüksek, ancak büyükbaş ve küçükbaş yemi üreten fabrikalarda düşük olduğunu ve buna paralel olarak bir ya da iki vardiya ile çalıştıklarını bildirmiştir. Balıkesir ilindeki fabrikaların ortalama KKO'larının (%41.5), Diyarbakır ilindeki yem fabrikaları için

bildirilen %50,3'den (Denli ve ark., 2015) daha düşük, ancak Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki yem fabrikalarında tespit edilen %44,64 KKO ile (Demir ve Aksu Elmalı, 2011) benzer olduğu görülmektedir. Fabrikalardan sadece %8.3'ü 3 vardiya sistemine göre, %25'i 2 vardiya sistemine ve geri kalan %66.7'sinin ise tek vardiya sistemine göre üretim yaptıkları tespit edilmiştir (Çizelge 1). Yurt içi karma yem talebi, hayvan sayısı, hayvan ırkları, hayvan beslenme alışkanlıkları ve yem fiyatları gibi faktörlerce belirlenmekte olup; karma yem üretim miktarını yurt içi talep (ihracat olmadığından) belirlemektedir.

**Çizelge 1.** Balıkesir ilindeki yem fabrikalarının kurulu kapasiteleri, 2018 yılı üretim miktarları ve kapasite kullanım oranları.

Fabrika no	Kurulu kapasite, ton yıl <sup>-1</sup>	Kullanılan kapasite, ton yıl <sup>-1</sup>	KKO*, %	Vardiya sayısı adet	Kurulu kapasite, ton saat <sup>-1</sup>	Üretim miktarı, ton gün <sup>-1</sup>
1	720 000	447 538	62	2	100	1 492
2	432 000	209 302	48	2	60	698
3	432 000	164 504	38	2	60	548
4	360 000	203 334	56	2	50	678
5	360 000	41 326	11	1	50	138
6	324 000	81 893	25	1	45	273
7	288 000	179 644	62	3	40	599
8	216 000	44 273	20	1	30	148
9	216 000	208 893	97	3	30	696
10	144 000	20 886	15	1	20	70
11	144 000	34 451	24	1	20	115
12	144 000	40 950	28	1	20	137
13	144 000	26 619	18	1	20	89
14	72 000	51 450	71	2	10	172
15	72 000	17 378	24	1	10	58
16	72 000	48 047	67	2	10	160
17	72 000	8 154	11	1	10	27
18	72 000	9 773	14	1	10	33
19	72 000	16 188	22	1	10	54
20	36 000	997	3	0	5	3
21	36 000	11 200	31	1	5	37
22	36 000	3 542	10	1	5	12
23	36 000	396	1	1	5	1
24	7 200	1 319	18	1	1	4
<b>Toplam</b>	<b>4 507 200</b>	<b>1 872 057</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>626</b>	<b>6 240</b>
<b>Ortalama</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>41.5</b>	<b>-</b>	<b>26.1</b>	<b>260</b>

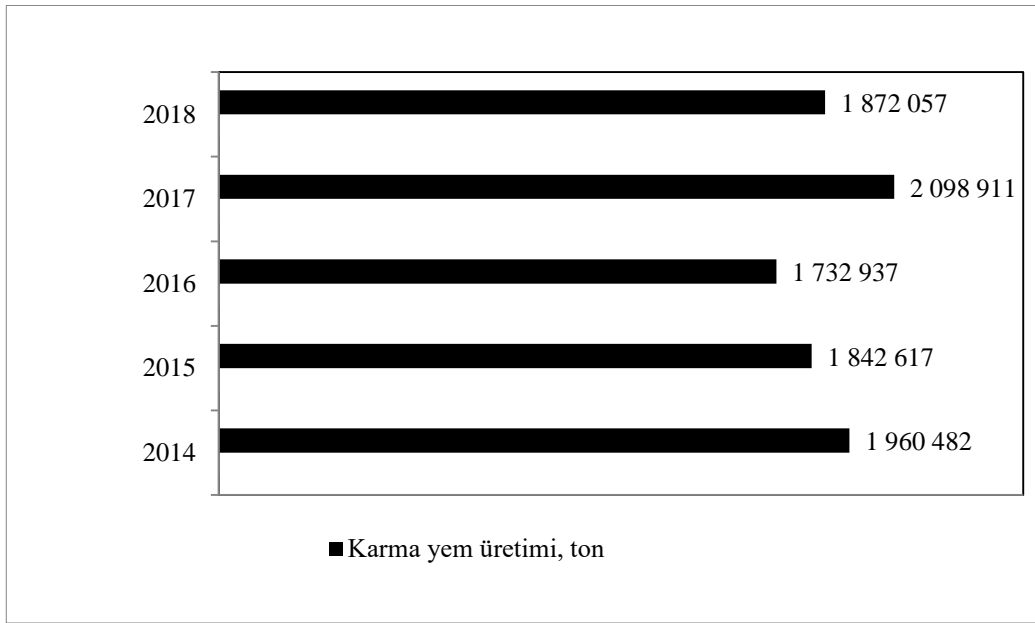
\*KKO: kapasite kullanım oranı

Aynı durum, Balıkesir'deki fabrikalar içinde söz konusu olup; ilde stok amaçlı yem üretimi yapılmazken talebe yönelik yem üretimi gerçekleştirildiği anlaşılmaktadır. Yapılan çalışmada ildeki yem fabrikalarının %45.8'inin 0-10, %16.7'sinin 11-20, %8.2'sinin 21-30, %4.2'sinin 31-40, %12.5'inin 42-50 ve %12.5'inin 50-100 ton saat<sup>-1</sup> kurulu üretim kapasitesine sahip olduğu saptanmıştır (Çizelge 1).

### Yem Fabrikalarında Üretilen Yemlerin Cins ve Miktarları

Balıkesir ili yem fabrikalarının 2014-2018 yılları karma yem üretim grafiği Şekil 1'de verilmiş olup şekilden de görüldüğü gibi Balıkesir'deki karma yem fabrikalarının 2014-2018 yılları arasında en fazla üretimi yaklaşık 2.1 milyon ton ile 2017 yılında, en düşük üretimi ise 1.7 milyon ton ile 2016

yılında yaptığı tespit edilmiştir. Türkiye’de karma yem üretimi her yıl artarken 2005 yılı hızlı artışın eşik noktası olup bu sektör son beş yıl da ortalama %9 büyümüştür (Anonim, 2019e). Bu büyüme seyrinin ülkemiz hayvan varlığının artırılmasına yönelik politikaların bir sonucu olarak artışa geçen hayvan varlığımızla paralel olduğu düşünülmektedir. Ancak, Balıkesir’deki yem fabrikalarının son 5 yıllık periyottaki üretim seyri Türkiye’deki yem fabrikalarının büyüyen üretim seyrinin aksi yönde gerçekleşmiş olup üretim miktarı 2015, 2016, 2018 yıllarında 2017 yılına göre daha düşük gerçekleşmiştir. Türkiye büyükbaş ve küçükbaş hayvan varlığı 2014, 2015, 2016 yıllarında hemen hemen aynı düzeyde kalırken 2017 yılında büyükbaş hayvan sayısında 1.8 milyon, küçükbaşta ise 3 milyon baş artış gerçekleşmiştir (Anonim, 2019a). Balıkesir yem fabrikalarının üretim seyri, Türkiye hayvan varlığı seyriyle paralellik göstermektedir.



Şekil 1. Balıkesir ili yem fabrikaları 2014-2018 yılları karma yem üretim grafiği.

Balıkesir’deki yem fabrikalarında 2018 yılında üretilen yem cins ve miktarları Çizelge 2’de verilmiş olup çizelgeden de görüldüğü gibi Balıkesir’de 13 çeşit kanatlı, 5 çeşit büyükbaş ve 4 çeşit küçükbaş hayvan yemi üretildiği saptanmıştır. İlde çok sayıda yem çeşidinin imal edilmesi taleple ilişkili bir konu olup giriş bölümünde açıklandığı gibi Balıkesir başta kanatlı olmak üzere büyükbaş ve küçükbaş hayvan varlığı bakımından ülkemizde ilk sıralarda yer alan bir konumdadır. Denli ve ark. (2015) Diyarbakır ilindeki yem fabrikalarının tamamının sadece ruminant yemleri ürettiklerini, Elmalı ve Aksu (2011) Doğu Anadolu’da en çok satışı yapılan karma yemin sığır besi ve süt yemi olduğunu bildirirken benzer şekilde Budağ (2011)’da Van ilindeki yem fabrikalarında üretilen karma yemin %93’ünün ruminat hayvan yemi olduğunu ifade etmiştir. Bu durum, imal edilen karma yem çeşidinin başta il olmak üzere ilin bulunduğu bölgedeki hayvan varlığı türüne göre şekillendiğini göstermektedir. Balıkesir’deki yem fabrikalarınca üretilen karma yemin yaklaşık %50’si kanatlı, %45’i büyükbaş, %5’i küçükbaş yemlerinden oluştuğu tespit edilmiş, kanatlı yemlerinin %82’lik kısmının et yönlü hayvanlar geri kalan kısmının ise yumurta yönlü hayvanlar için üretildiği saptanmıştır. İlde üretilen kanatlı yemlerinin %45’inin ildeki entegrasyonlar tarafından üretilip tüketildiği, geri kalan %5’lik kısmın ise ticarete konu olduğu belirlenmiştir. Entegrasyonların kendileri için ürettiği kanatlı yemi miktarları düşüldüğünde ildeki karma yem üretiminin yaklaşık %90’lık kısmını ruminant yemlerinin oluşturduğu,

bununda yaklaşık %88'inin büyükbaş yemlerinden meydana geldiği tespit edilmiştir. Ülkemizde de üretilen karma yemler, çoğunlukla büyükbaş, küçükbaş, kanatlı yemleri olup kanatlı yemleri daha çok entegrasyonlar tarafından üretilip tüketilirken, piyasaya arz edilen yemler büyükbaş ve küçükbaş hayvan yemleri olduğu ifade edilmektedir (Anonim, 2019e). Türkiye'de türlere göre karma yem üretimine bakıldığında, 2018 yılında ruminant yeminin 13.7 milyon ton, kanatlı yemlerinin 9.7 milyon ton, diğer türlere yönelik yem üretiminin ise 0.6 milyon ton olduğu bildirilmiştir (Anonim, 2019e). Yapılan çalışmada ildeki yem fabrikalarından %16.7'sinin sadece kanatlı yemi, %8.3'ünün sadece büyükbaş yemi, %45.8'inin sadece ruminant yemi ve %33.3'ünün her cins yemi ürettiği belirlenmiştir.

**Çizelge 2.** Balıkesir ili 2018 yılı yem cinslerine göre karma yem üretimi.

Tür	Türlere göre toplam üretim, ton	Yem cinsi	Üretim miktarı, ton	Üretim yapan fabrika sayısı
Kanatlı	934 926	Yumurta civciv yemi	3 953	7
		Yumurta tavuk yemi	51 790	10
		Kafes tavuk yemi	5 675	3
		Etlik civciv yemi	289 010	10
		Etlik piliç yemi	346 518	9
		Etlik piliç bitirme yemi	132 830	3
		Damızlık etlik piliç yemi	86 757	3
		Damızlık yumurtacı yemi	17 379	1
		Etlik piliç geliştirme yemi	472	1
		Etlik piliç büyütme yemi	444	2
		Kaz-Ördek yemi	74	1
		Hindi Yemi	6	1
		Süs Kuş yemi	18	1
Büyükbaş	840 349	Buzağı yemi	51 985	16
		Sığır besi yemi	268 597	19
		Sığır süt yemi	514 851	20
		Düve yemi	3 133	4
		Diğer büyükbaş yemleri	1 783	1
Küçükbaş	93 644	Kuzu-Oğlak yemi	86 196	18
		Keçi yemi	1 347	6
		Koyun süt yemi	4 824	12
		Toklu besi yemi	1 277	7
Kedi-köpek	36	Kedi-köpek maması	36	1
Diğer	3 102	Diğer karma yemler	3 102	3
Toplam	1 872 057	-	1 872 057	

### Yem Fabrikalarının Hammadde Temin, Depolama, Pazarlama ve Kimi Teknik Özellikleri

Bazı yem hammaddelerinin temin yolları Çizelge 3'te verilmiş olup çizelgeden görüldüğü gibi anket sonuçları, ildeki yem fabrikalarının yem hammaddelerinden buğday, buğday kırığı, arpa, ham yağ, pamuk tohumu küspesi (PTK) ve ayçiçeği tohumu küspesi (ATK)'ni ağırlıklı olarak yerli kaynaklardan karşıladıkları, soya fasulyesi, soya fasulyesi küspesi (SFK), mısır, DDGS'i ise ithal kaynaklardan temin ettiklerini göstermiştir. Karma yem fabrikaları hammadde temininde piyasa şartlarına göre öncelikle yerli, yetmediği durumlarda da ithal hammaddeleri tercih etmekte olup Çizelge 3'ten görüldüğü gibi hammaddelerin bir kısmı "Yerli+ithal" olarak karşılanmaktadır. Budağ (2011), Van'daki yem fabrikalarının üretim durumlarını incelediği çalışmasında ildeki yem fabrikalarının sadece SFK, yem aromaları ve vitamin + mineral karmalarını ithal kaynaklardan temin ettiklerini, bunların dışındaki hammaddelerin yerli hammaddelerden karşılandığını bildirmiştir. Demir ve Aksu Elmalı (2011)'da Doğu Anadolu Bölgesindeki yem fabrikalarının özellikle mısır, kepek gibi yem hammaddelerini temin etmekte zorluk çektiklerini ve ithalat ile temin etme yolunu gittiklerini ifade etmişlerdir. Karma yemler

büyük oranda bitkisel ürünlerden imal edildiği için bitkisel üretim, yem sektörü açısından büyük önem taşımaktadır. Türkiye’de mısır, arpa ve buğdayın toplam üretimi son 30 yılda hemen hemen aynı düzeyde kalmış olup; 30.5 milyon tondan sadece 33.3 milyon tona ulaşabilmiştir. Mısır üretimi, 2018 yılında 6 milyon ton düzeyine ulaşmış olmasına rağmen hala ihtiyacı karşılayacak seviyede değildir. Benzer şekilde, karma yemlerin diğer önemli hammaddelerinden olan yağlı tohum (ayçiçeği, soya fasulyesi, çiğit, kolza) üretimi 2018 yılında 3.8 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2019). Buradan, Türkiye’de teşvik ve desteklemelere karşın karma yem üretimine esas teşkil eden bitkisel üretimin önemli bir ilerleme göstermediği görülmektedir. 2018 yılında soya fasulyesi üretimimiz 140 bin ton olup aynı yıl SFK ve soya fasulyesi ithalatımız yaklaşık 3.2 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (Anonim, 2019e). Bu nedenle karma yem sektörü hammadde ihtiyacını ithalat yoluyla gidermeye yönelmiş olup; ithalata dayalı yem hammadde temini ise kur dalgalanmaları nedeniyle fiyatlarda artışa sebep olmaktadır. Balıkesir hububat üretimi son 10 yılda düşüş göstermiş olup 2008 yılındaki üretim 694 081 ton iken 2018 yılında 564 610 ton olarak gerçekleşmiştir. İlin aynı periyottaki yağlı tohum üretimi ise %76.1 artış göstererek 2018 yılında 42 795 tona ulaşmıştır (TÜİK, 2019).

**Çizelge 3.** Balıkesir’deki yem fabrikalarının bazı yem hammaddeleri temin yolları.

Hammadde	Yerli, %	İthal, %	Yerli + ithal, %
Buğday	92	-	8
Buğday kırığı	100	-	-
Arpa	84	-	16
Mısır	22	60	18
Soya fasulyesi + Soya fas. Küs.	-	100	-
Ayçiçeği toh. küspesi	18	-	82
Kepekler	50	18	32
Melas	58	-	42
Ham yağ	100	-	-
DDGS	-	80	20
Vitamin + Mineral premiks	61	3	36

Yapılan araştırmada, yem fabrikalarının hammadde teminindeki ilk tercihlerinin %100 “kalite”, 2. önceliklerinin %80 oranında “ucuzluk” ve 3. tercihlerinin %80 oranında “kolay temin edilebilirlik” olduğu belirlenmiştir. Diyarbakır ilinde bu tercihlerin %50 “kalite”, %31 “kolay ulaşılabilirlik” ve %19 oranında “ucuzluk” olduğu ifade edilmiştir (Denli ve ark., 2015). Anket sonuçlarına göre, hammadde temininde günün şartlarına göre üretici, tüccar, TMO, tedarikçi ve ithalat yollarının kullanıldığı belirtilmiş olup çoğunlukla tüccar ve tedarikçilerin tercih edildiği, kimi yem hammaddelerinin (ATK, kepekler, ham yağ, buğday, arpa) ise cüzi bir miktarda da olsa Balıkesir’den karşılandığı belirlenmiştir.

Yem fabrikalarında içeriği garanti edilmiş bir yem imalatı ve arzı, ancak yem hammaddelerinin besin madde kompozisyonlarının analizi ve yem formülasyonlarının bu değerler ışığında yapılmasına bağlıdır. Anket sonuçlarına göre yem fabrikalarının %66.7’sinin hammadde ve yem analiz laboratuvarlarının mevcut olduğu, %83.3’ünde bir rasyon hazırlama programı kullandıkları belirlenmiştir. Buradan ildeki fabrikaların üretimde ve üründe kaliteye verdikleri önemin üst düzeyde olduğunu söyleyebiliriz. Tekerli (2010)’da Ege bölgesinde incelediği 41 yem fabrikasından 27 tanesinin (%66) kalite kontrol laboratuvarına sahip olduğunu belirlemiştir. Balıkesir’deki yem fabrikalarında üretim maliyetinin %79’u hammadde, geri kalan %21’i ise işletme maliyetlerinden (elektrik, işçilik, nakliye vb) oluştuğu tespit edilmiştir. Döviz kurlarındaki artışlar, ithale dayalı hammaddeler dolar cinsinden fiyatla temin edildiği için, üretim maliyetini daha da artırıcı bir etkiye sahiptir. Piyasada karma yem fiyatlarının seyri, çoğunlukla döviz kuru ile paralel bir seyir izlemekte olup; fabrikalar, aralarındaki



fiyata dayalı rekabetten dolayı zaman zaman kurlardaki artışların yem fiyatlarına yansıtılmadığını ifade etmektedirler. Döviz kurundaki istikrarı bozucu her türlü gelişme yem maliyetlerini dolayısıyla hayvansal ürünlerin üretim maliyetlerini doğrudan etkilemektedir. Son 10 yılda karma yemlerde yoğun olarak kullanılan soya fasulyesi, SFK, mısır, tahıllar, razmol, buğday kırığı, kepek gibi hammadde fiyatlarının artış ortalaması %179 olurken karma yem fiyatlarındaki artış ortalaması ise %133 olmuştur (Anonim, 2019e). Bir yıllık güncel bir değerlendirme yapılacak olursa 2018 yılında 2017 yılına göre yem hammadde fiyatları %38 artarken karma yem fiyatları ise %28 artmıştır (Anonim, 2019e).

Yapılan çalışmada, Balıkesir'deki fabrikaların %95.8'inin hammadde ve yem depolamada kullanılmak üzere hem dikey hem yatay siloya sahip olduğu saptanmıştır. Yem fabrikalarında dikey ve yatay silolar hammadde ve yemlerin uzun süre bozulmadan korunmasını sağlayan yapılar olup, sürdürülebilir bir karma yem istihali ve pazarlaması için önemli yapılardır. Anket çalışmasında, depolama ile karşılaşılan en önemli sorunun %62.5 oranında kızılaşma olduğu tespit edilirken %20.8'sinin depolamayla ilgili herhangi bir sorun yaşamadığı, %16.7'sinin ise nem, küf ve mantar sorunu yaşadığı saptanmıştır. Yem fabrikalarının %4.2'si ürettiği yemi peşin sattığını, yaklaşık %96'sı ise hem peşin hem taksitli satışlarının olduğunu bildirirken satışların büyük bir kısmının taksitle yapıldığını bildirmişlerdir. Taksitlerin çoğunlukla üreticilerin hayvansal ürün gelirlerinin tahsil edildiği dönemlerde ödendiği, zaman zaman da tahsilatlarda ciddi sıkıntılara düşüldüğü ifade edilmiştir. Yem pazarlama yollarının genellikle bayiler, perakende, doğrudan tüketici şeklinde olduğu belirlenirken hiçbir fabrikanın e-pazarlama yapmadığı ve yem ihracatının olmadığı tespit edilmiştir. Yemlerin, yaklaşık %92 oranında Balıkesir, Çanakkale, Manisa, Bursa ve İzmir illerine pazarlandığı tespit edilmiş olup; yem kalitesini olumsuz etkileyen en önemli sorun olarak fabrikaların %83.3'ü kalitesiz hammadde/normlara uymayan hammadde/ithal hammadde şeklinde belirtmişlerdir.

Araştırmada, yem fabrikalarının üretim ve pazarlamada karşılaştıkları sorunlar önem sıralarına göre Çizelge 4'te verilmiştir. Yem fabrikalarının %54.2'si hammadde fiyatlarının yüksekliği ve temin zorluğunu kendileri için birinci derecede ve ilk sırada yer alan sorun olarak belirtmiştir. Döviz kuru yüksekliği ve istikrarsızlığı da birinci derecede ve ilk sırada yer alan sorunu tamamlar nitelikte olup ikisinin toplam oranı %66.7'dir. İkinci derecede sorunların başında yine hammadde fiyatlarının yüksekliği ve temin zorluğu %33.3 ile ikinci derecede sorunun ilk sırasında çıkarken, bunu %29.2 haksız rekabet, kayıtsız üretim izlemiştir. Haksız rekabet ve kayıtsız üretim üçüncü derecede sorunun ilk sırasında yer alan (%33.3) sorun olarak ortaya çıkarken onu %20.8 ile iç talep yetersizliği ve döviz kuru yüksekliği ve istikrarsızlık takip etmiştir. Eleman eksikliği, yetiştiricilerin bilinçsizliği, mevzuat ve bürokratik sorunların ilk üç önem düzeyine giren sorunlar olmadığı saptanmıştır (Çizelge 4). Haksız rekabet ve kayıtsız üretim ile iç talep yetersizliği 4. önem düzeyinde %25 ile dördüncü derecede sorunun ilk sırasında belirtilen sorunlar olarak karşımıza çıkmakta olup; bunları %16.7 ile tahsilat sorunu ve sermaye yetersizliği ile döviz kuru yüksekliği ve istikrarsızlık takip etmiştir. Hammadde fiyatlarının yüksekliği ve temin zorluğu, döviz kuru yüksekliği ve istikrarsızlık, haksız rekabet ve kayıtsız üretim ve iç talep yetersizliği sorunları sıralamaları değişmekle birlikte ilk 3. önem sırasında belirtilen sorunlar olarak ortaya çıkmaktadır. İldeki fabrikaların KKO'larının %41.5 olduğu dikkate alındığında, kullanılmayan %58.5'lik KKO'nun sorunlarında başında tespit edilen talep yetersizliği ve dolayısıyla pazar sorunu nedeniyle atıl vaziyette kaldığı anlaşılmaktadır. Diğer taraftan hayvancılık işletmelerinin kendi yemini kendisi imal eder konuma geçmeleri karma yem fabrikaları için iç talep yetersizliğine sebep olmaktadır (Anonim, 2019e). Buradan Balıkesir'deki karma yem sektöründeki iç talep yetersizliğinde kendi yemini kendi üreten 48 hayvancılık işletmesinin payının olduğu da düşünülmektedir. Fabrikaların yaşadığı talep azlığı dar boğazından kurtulmasının çıkar yolu, ihracat

olarak düşünülmekte olup; ülkemizde üretilen karma yemlerin tamamına yakını (%98,4) iç pazarda tüketilmekte iken karma yem ihracatının yalnızca %1,6 olduğu bildirilmektedir (Anonim, 2019e).

**Çizelge 4.** Balıkesir'deki fabrikaların üretim ve pazarlamada karşılaştıkları sorunlar.

Sorun listesi	Sorunların önem sırası, %				
	1.	2.	3.	4.	5.
Hammadde fiyatlarının yüksekliği ve temin zorluğu	54.2	33.3	12.5	-	-
Tahsilat sorunu ve sermaye yetersizliği	-	-	4.2	16.7	20.8
Nakliye ücretlerinin yüksekliği	-	-	8.4	8.4	16.7
Döviz kuru yüksekliği ve istikrarsızlık	12.5	20.8	20.8	16.7	16.7
Yetiştiricinin bilinçsizliği	-	-	-	-	8.4
Yem Mevzuatı ve bürokratik sorunlar	-	-	-	-	4.2
Teknik alt yapı eksiklikleri	8.3	-	-	8.4	8.4
İç talep yetersizliği	12.5	16.7	20.8	25	25
Eleman eksikliği	-	-	-	-	-
Haksız Rekabet ve kayıtsız üretim	12.5	29.2	33.3	25	-
Toplam	100	100	100	100.2	100.2

## SONUÇ

Balıkesir'deki yem sanayi, kurulu kapasitenin çok altında üretim yapmaktadır. Sektörün karşı karşıya kaldığı en önemli sorun hammadde fiyatlarının yüksekliği ve talep yetersizliğidir. Talep yetersizliği nedeniyle büyük oranda atıl vaziyette duran kurulu kapasitenin dış pazarlara açılarak ihracatla ekonomiye kazandırılabilmesi değerlendirilmektedir. Bazı yem hammaddelerinin ithalat yoluyla dolar cinsinden fiyatla temin edilmesi, kur dalgalanmaları nedeniyle yem fiyatlarında sürekli artışa sebep olarak karma yeme olan iç talebi düşürmektedir. Bu sonuçtan hareketle Tarım ve Orman Bakanlığı'nın son yıllarda uygulamaya koyduğu havza bazlı destekleme sisteminde öncelikle ithalata konu olan hammaddeler olmak üzere diğer yem hammaddelerinin üretimlerinin artırılmasını teşvik edici ciddi desteklemelerin yem fiyatlarını düşürerek iç talebi artıracığı düşünülmektedir. Bu destekleme sisteminde soya fasulyesi ve SFK gibi ağırlıklı olarak ithalatla karşılanan hammaddelerin yerine ikame edilebilecek aspir gibi ülkemiz şartlarında tarımı yapılabilecek alternatif yem kaynaklarının devreye sokulması sorunun çözümüne yardımcı olabilecektir. Yem giderleri üretim maliyetinde önemli bir paya sahip olduğundan karma yem maliyetindeki en küçük bir optimizasyon bile ürün maliyetini düşürerek işletme karlılığına katkıda bulunacaktır. Bu nedenle, kalitesiz yem üretiminin önüne geçmek için kontrol ve denetimler artırılarak haksız rekabet ve kayıt dışı üretime izin verilmemeli, teknik donanımı yetersiz olan fabrikaların eksikleri ve modernizasyonlarını tamamladıktan sonra üretimlerine izin verilmelidir. Yem fabrikalarının üniversiteler ve kamu araştırma enstitüleri ile işbirliğine gitmesi daha kaliteli yem imal etmeleri, verimliliklerinin artması ve rekabet güçlerinin artması açısından önemli görülmektedir. Karma yem üretimi, kullanımı ve hayvan besleme alanında sahaya yönelik çalışma sayısının yetersiz olduğu, teorik bilginin pratikle buluşması açısından benzer çalışmalara daha fazla ağırlık verilmesi gerektiği değerlendirilmektedir.

## KAYNAKLAR

- Akbay KC., Ak İ, 2018. Karma Yem Teknolojisindeki Gelişmelerin Karma Yem Kalitesine ve Yem Değerine Etkileri. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 32(2), 175-188.
- Akdeniz RC, Ak İ, Boyar S, 2005. Türkiye'de Karma Yem Endüstrisi ve Sorunları, Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi, s. 935-960, Ankara.

- Anonim, 2011. Yem Hijyen Yönetmeliği. Resmi Gazete. 27.11.2011, sayı:28155.
- Anonim, 2019a. Tarım ve Orman Bakanlığı, Hayvancılık Genel Müdürlüğü kayıtları:<https://www.tarimorman.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler/HAYGEM.pdf> (27.11.2019).
- Anonim, 2019b. Tarım ve Orman Bakanlığı, Balıkesir İl Tarım ve Orman Müdürlüğü kayıtları. <https://balikesir.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Faaliyet%20Faporu/Bal%C4%B1kesir%20Tar%C4%B1m%20ve%20Hayvanc%C4%B1l%C4%B1k%20.pdf> (27.11.2019).
- Anonim, 2019c. Tarım ve Orman Bakanlığı, Balıkesir İl Tarım ve Orman Müdürlüğü kayıtları. Yayımlanmamış.
- Anonim, 2019d. Tarım ve Orman Bakanlığı, Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü kayıtları: <https://www.tarimorman.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler/GKGM.pdf>. (27.11.2019).
- Anonim, 2019e. Karma yem sanayii raporu. Türkiye Yem Sanayicileri Birliği. Poyraz Ofset Matbaacılık, Ankara.
- Bayındır O, 2015. Konya İlinde Karma Yem İmalatında Kullanılan Bazı Yem Materyallerinin Besin Madde Muhtevsındaki Varyasyonun Belirlenmesi. Yüksek lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, S:38, Konya.
- Bayraktar F, 1999. Yem Sektörü. Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş. Sektörel Araştırmalar. SA/99-2-8, Araştırma Müdürlüğü, TKB Matbaası, Ankara.
- Borazdan A, Ayhan B, 2017. Karma Yem Sektör ve Yatırım Fizibilitesi. Serhat Kalkınma Ajansı yayınları, Kars.
- Budağ C, 2011. Van'da Bulunan Yem Fabrikalarının Üretim Durumları ve Sorunları. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 16 (2):59-66.
- Demir P, Aksu Elmalı DA, 2011. Doğu Anadolu Bölgesindeki Kimi Yem Fabrikalarının Mevcut Durumu ve Sorunları. Veteriner Hekimler Derneği Dergisi, 82(1):29-34.
- Denli M, Demirel R, Sessiz A, 2015. Diyarbakır İli Karma Yem Endüstrisinin Durumu. Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 3(9): 701-706.
- NRC,1994. National Research Council. Nutrient Requirements of Poultry – Ninth Revised Edition.
- Özen N, Çakır A, Haşimoğlu S, Aksoy A, 1999. Yemler Bilgisi ve Teknolojisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları 50. Erzurum.
- Tekerli N, 2010. Ege Bölgesi Karma Yem Sanayinin Mevcut Durumunun İncelenmesi ve Geliştirilmesi Üzerine Bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, S:55, Tekirdağ.
- TÜİK, 2019. Veri tabanları. Bitkisel Üretim İstatistikleri. www. Tuik.gov.tr (15.11.2019).
- Zincirlioğlu M, Ceylan N, Aksoy A, Vural H, 1995. Türkiye'de Karma Yem Üretimi ve Kullanımı. Türkiye Ziraat Mühendisliği IV. Teknik Kongresi, S: 983-997, Ankara

## Turunçgil Posalarının Ruminant Beslemede Alternatif Yem Kaynağı Olarak Kullanımı ve Metan Üretim Kapasiteleri

Yunus BAŞAR<sup>1</sup>, Ali İhsan ATALAY<sup>1\*</sup>

**ÖZET:** Hatay ilinde yetişen turunçgil posalarının ruminant beslemede alternatif yem kaynağı olarak kullanımı ve metan üretim kapasitesini belirlemek amacıyla; kuru madde (KM), pH, olması gereken pH (Olph), fleig skoru (FS), ham kül (HK), ham protein (HP), ham yağ (HY), ADF, NDF, net gaz, net metan gazı, metabolik enerji (ME) ve organik madde sindirim derecesi (OMSD) içerikleri belirlenmiştir. Araştırma sonunda pH değerleri 2.72 ile 3.48 arasında bulunan turunçgil silajının düşük değerlere sahip olması nedeniyle uzun süre depolanabilir bir silaj türü olduğu söylenebilir. Turunçgil silajları metan gazı üretim kapasitesi açısından değerlendirildiğinde % 8.17 ile 11.23 arasında değerler almış olup; en düşük metan gazı içeriği kabuksuz greyfurt cinsinden en yüksek metan gazı içeriği kabuklu Washington cinsinden elde edilmiştir. Turunçgil silajlarının yonca, mısır gibi silaj türlerinin metan gazı içeriklerine (%16-18) göre daha düşük metan gazı üretim kapasitesine sahip olması nedeniyle atmosfer'e yayılan sera gazı etkisi bakımından düşük kapasiteli az zararlı bir silaj türü olarak değerlendirilebilir. Metan gazı üretim kapasitesi açısından kabuksuz turunçgil silajlarının kabuklu turunçgil silajlarına göre daha avantajlı olduğunu söylenebilir. Sonuç olarak meyve suyu üretim tesislerinde her yıl gelişi güzel etrafa dökülen binlerce ton turunçgil posaları yem maliyetini düşürmek, kötü koku oluşumunu ve çevre kirliliğini önlemek amacıyla uygun şekilde katkı maddesi olmadan silolanıp hayvan beslemede kullanılabilir.

**Anahtar kelimeler:** Silaj, posa, metan, ruminant besleme, turunçgil

### The Use of Citrus Pulp As an Alternative Feed Sources in Ruminant Feeding and Its Methane Production Capacities

**ABSTRACT:** In order to determine the use of citrus pulps grown in Hatay province as an alternative feed source in ruminant feeding and methane production capacity; Dry matter (DM), pH, required pH value, Fleig Score, Crude Ash (CA), Crude Protein (CP), Ether Extract (EE), ADF, NDF, net gas, net methane gas, methane gas, metabolic energy and organic matter digestibility contents were determined. Citrus silage, with the pH values between 2.72 and 3.48 due to its low pH content can be considered as a type of silage that can be stored for a long time. In terms of methane gas production capacity of citrus silage was found between 8.17-11.23% and the lowest methane gas content was found in peeled grapefruit type citrus the highest methane content was found in unpeeled Washington type. Citrus silages can be considered as a low harmful type of silage with low capacity in terms of greenhouse gas emission due to the lower methane gas production capacity of silage species such as alfalfa and corn (16-18%). In terms of methane gas production capacity, unpeeled citrus silages are more favorable than peeled citrus silages. As a result, thousands of tons of citrus fruit pulps, which are pouring out around every year in fruit juice production facilities, can be used in animal feeding without any additives in order to reduce feed costs and prevent bad smell and environmental pollution.

**Keywords:** Silage, pulp, methane, ruminant feeding, citrus

<sup>1</sup>Yunus BAŞAR (Orcid ID: 0000-0002-1220-4559), Ali İhsan ATALAY (Orcid ID: 0000-0002-7379-9082), İğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, İğdır, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ali İhsan ATALAY, e-mail: alihsanatalay66@hotmail.com

Bu çalışma Yunus BAŞAR'ın Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

Geliş tarihi / Received: 22-04-2020

Kabul tarihi / Accepted: 14-05-2020

## GİRİŞ

Dünyanın birçok yerinde hayvansal üretimin gelişmesinde kıtlık, kuraklık, besin kaynaklarının yetersizliği ve yüksek fiyatlar gibi engeller vardır (Kiran ve ark., 2012; Basir ve Toghyani 2017). Yüksek yem maliyetleri, yem sıkıntısı ve geleneksel yem içeriklerinin sınırlı olduğu zamanlarda, hayvan yetiştiricilerini tarımsal ürünler ve gıda işleme yan ürünlerini hayvan yemi olarak kullanmaya yöneltmiştir. Dünyanın birçok yerinde artan yüksek maliyetli yemler sonucu ruminant beslemede domates posası, nar posası, üzüm posası, turunçgil posası vb. endüstriyel yan ürünlerinin kullanımı büyük oranda artmıştır (Besharati ve ark., 2018). Dünyada yaklaşık 124 milyon 246 bin ton turunçgil üretimi yapılmaktadır ve Türkiye 3 milyon 652 bin ton üretim ile 9. sıradadır (FAO, 2016). Turunçgil posası Akdeniz ülkelerinde yaygın olarak bulunan maliyeti düşük, besleyici değeri yüksek olması nedeniyle tercih edilen bir yan üründür (Guessous *et al.*, 1989). Meyve suyu üretiminde kullanılan turunçgillerden yaklaşık %30-40 oranında posa oluşur (Mircen, 2010). Turunçgil posaları eskiden beri evcil hayvan yiyeceği olarak kullanıldığı bilinmektedir (Fegeros *et al.*, 1995).

Meyve posaları meyve suyu üretim mevsiminde iklim koşulları meyve posalarını kurutmak ve depolamak için uygun olmaması nedeniyle ruminant beslemede kullanımı sınırlanmaktadır. Kullanılmayan meyve posaları etrafa dökülmekte çevrede kötü bir görüntü, koku ve kirlilik oluşturmaktadır. Arzu edilmeyen bu olumsuzlukları önlemek amacıyla yüksek su miktarına sahip ve çabuk bozulabilen turunçgil posalarının belirli periyotlarda kullanılması için silolanması gerekmektedir (Aguilera ve ark., 1997; Ayaşan ve İnci, 2019).

Meyve suyu fabrikalarında kaliteli meyve suyu üretimi için turunçgil kabuklarının soyulması gerekmektedir. Nitekim bazı fabrikalar kabuk soyma işlemi yapmadan sıkım işlemi yapmaktadır (U.S.A, 1956). Bu çalışmanın amacı bu iki farklı yöntemden arta kalan farklı cinslerdeki turunçgil posalarının silolanabilirliklerini, kimyasal kompozisyonu, *in vitro* gaz üretimini, metabolik enerji içeriğini, *in vitro* organik madde sindirim derecesini ve metan üretim kapasitesini belirlemektir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Hatay ili Dörtöyöl ilçesinde farklı turunçgil bahçelerindeki farklı ağaçlardan 5 farklı; Kozan yerlisi (*Citrus sinensis* var. *kozan*), Greylfurt (*citrus paradisi*), Washington portakalı (*Citrus sinensis* Osbeck), Fremont (*Citrus reticulata* blanco var *fremont*), Satsuma (*Citrus reticulata* unshiu) cinsi turunçgil çeşidi belirlenmiştir. Uygun hasat döneminde toplanıp Iğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Anabilim Dalı laboratuvarına getirilmiştir. Turunçgil çeşitleri meyve suyu fabrikalarındaki üretim esaslarına göre yıkanıp kabuk soyma işlemi yapılarak/yapılmayarak sıkım işlemi sonucunda posa elde edilmiştir. Posalar küçük parçalara doğranmıştır. Doğranmış posalar 3 tekerrür oluşturacak şekilde toplam 30 adet 1.5 kg'lık bidonlara el ile iyice preslenip hava almayacak şekilde ağızları kapatılmıştır. Laboratuvar ortamında 60 günlük fermantasyon sürecine bırakılmıştır.

Altmış günlük fermantasyon sonucunda oluşan silajların KM, HK, HP, HY içeriği (AOAC, 1990) OlpH (Meeske, 2005) ADF, NDF (Van Soest ve ark., 1991) Fleig skoru (Kılıç, 1984) *in vitro* gaz içerikleri (Menke ve Steingass, 1988), ME içerikleri ve *in vitro* organik madde sindirilebilirlik derecesi (İVOMSD) (Menke ve ark., 1979), metoduna göre hesaplanmıştır. İnkübasyon sonucu elde edilen gazlar metan yüzdelere belirmek için plastik şırıngalar ile Infrared Metan Analiz cihazına (Sensor Europe GmbH, Erkrath, Germany) aktararak belirlenmiştir (Goel ve ark., 2008). Örneklerin metan gazı üretim miktarları aşağıda verilen formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Metan gazı üretim miktarı (ml)} = \text{Toplam üretilen gaz (ml)} \times \text{Metan üretim (\%)}$$

Turunçgil çeşidi ve kabuk durumunun silaj kalitesi üzerindeki etkileri SPSS programında faktöriyel deneme deseninde varyans analizi (ANOVA) ile değerlendirilmiş olup interaksiyon etkileri ise ana etkiler tablosunda verilmiştir.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Turunçgil silajlarının kabuklu ve kabuksuz olarak; KM, pH, fleig skoru ve OlpH değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. Turunçgil silaj çeşitlerinde kabuksuz silajların KM içeriği pH ve OlpH değerleri,



kabuklu turunçgil silajlarına göre daha düşük iken, Fleig skoru açısından kabuksuz turunçgil değerleri daha yüksek bulunmuştur. Çalışmamızda elde edilen bulgular Alnaimy ve ark., (2017)'nin yaptıkları çalışmayla uyum içerisindedir. Turunçgil silajlarındaki pH ve fleig skoru değerleri istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ( $P < 0.05$ ). KM, OlpH değerlerinin istatistiki açıdan kabuklu, kabuksuz ya da çeşit'in farklı olmasının önemsiz bulunmuştur.

**Çizelge 1.** Turunçgil silajlarının kuru madde, pH, FS ve OlpH değerleri

Kabuk Durumu	Çeşit	KM %	pH	FS	OlpH
Kabuklu	Fremont	9.66 ± 0.31	3.21 ± 0.01 <sup>b</sup>	95.92 ± 0.56 <sup>ab</sup>	3.79 ± 0.01
	Kozan yerlisi	8.59 ± 0.15	3.40 ± 0.03 <sup>a</sup>	86.31 ± 1.02 <sup>de</sup>	3.75 ± 0.01
	Greyfurt	7.29 ± 0.15	3.48 ± 0.09 <sup>a</sup>	80.50 ± 3.40 <sup>e</sup>	3.70 ± 0.01
	Satsuma	8.52 ± 0.59	2.76 ± 0.06 <sup>f</sup>	111.78 ± 1.42 <sup>a</sup>	3.75 ± 0.02
	Washington	7.78 ± 0.54	2.84 ± 0.08 <sup>ef</sup>	106.83 ± 3.38 <sup>a</sup>	3.72 ± 0.02
Kabuksuz	Fremont	8.30 ± 0.17	3.02 ± 0.01 <sup>cd</sup>	100.66 ± 0.79 <sup>b</sup>	3.74 ± 0.01
	Kozan yerlisi	7.29 ± 0.15	3.17 ± 0.01 <sup>bc</sup>	92.63 ± 0.68 <sup>cd</sup>	3.70 ± 0.01
	Greyfurt	6.76 ± 0.15	3.23 ± 0.09 <sup>b</sup>	89.45 ± 3.63 <sup>d</sup>	3.68 ± 0.001
	Satsuma	7.38 ± 0.11	2.72 ± 0.01 <sup>f</sup>	111.09 ± 0.57 <sup>a</sup>	3.71 ± 0.001
	Washington	7.06 ± 0.15	2.99 ± 0.03 <sup>de</sup>	99.52 ± 1.26 <sup>b</sup>	3.69 ± 0.001
Sig.		0.567	0.000	0.006	0.827
		ÖD	*	*	ÖD

a,b,c: Aynı sütunda bulunan farklı harfler gruplar arası farklılıkları ifade etmektedir. KM: Kuru madde %. OlpH: olması gereken pH, FS: Fleig skoru. Sig. Önem seviyesi \*  $P < 0.05$  önem derecesi,

Turunçgil silajlarının HK, HY, HP, asit deterjan lif (ADF), nötral deterjan lif (NDF) içerikleri Çizelge 2 de verilmiştir. Çalışmamızda elde edilen HK içeriği (Fegeros ve ark., 1995, Alnaimy ve ark., 2017) turunçgil silajı ile yapılan çalışmalarda içeriklerden düşük bulunmuş ancak Filya ve ark., (2001)'nin turunçgil posasıyla yaptığı çalışmayla uyum içerisinde olduğu görülmüştür. Ham protein ve HY içerikleri Alnaimy ve ark., (2017)'nin turunçgil silajı ile yaptığı çalışmayla genellikle uyum içerisindedir. ADF ve NDF içerikleri Bampidis ve ark., (2005); Alnaimy ve ark., (2017) ve Dağtekin ve ark., (2018)'in turunçgil silajları ile yaptıkları çalışmalarla uyum içerisinde olduğu tespit edilmiştir.

Kabuklu ve kabuksuz olarak değerlendirildiğinde HK, HP, HY içeriklerinin kabuklu turunçgil silajında genel olarak daha yüksek değerlere sahip olduğu; HP içerikleri değerlendirildiğinde turunçgil posalarının literatürle uyum içerisinde olduğu belirlenmiştir. (Belibasakis, 1996; Oni ve ark., 2008; Watanabe ve ark., 2010; Ibrahim ve ark., 2011; Alnaimy ve ark., 2017). ADF, NDF içerikleri karşılaştırıldığında kabuksuz turunçgil silajlarının içerikleri genellikle daha yüksek bulunmuştur. Bulunan sonuçlar literatürdeki araştırmalarla benzerlik göstermektedir (Bampidis ve ark., 2005; Alnaimy ve ark., 2017; Dağtekin ve ark., 2018). HK, HP, HY, ADF, NDF içerikleri istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ( $P < 0.05$ ).

**Çizelge 2.** Turunçgil silajlarının kimyasal kompozisyonları

	Çeşit	HK	HP	HY	ADF	NDF
Kabuklu	Fremont	4.47 ± 0.07 <sup>c</sup>	11.46 ± 0.73 <sup>a</sup>	21.01 ± 0.57 <sup>a</sup>	17.41 ± 0.81 <sup>c</sup>	21.85 ± 0.82 <sup>cd</sup>
	Kozan yerli	5.10 ± 0.05 <sup>b</sup>	6.50 ± 0.19 <sup>d</sup>	9.96 ± 0.2 <sup>c</sup>	23.81 ± 0.77 <sup>a</sup>	29.05 ± 0.19 <sup>a</sup>
	Greyfurt	5.33 ± 0.04 <sup>a</sup>	8.67 ± 0.18 <sup>bc</sup>	3.75 ± 0.21 <sup>g</sup>	16.91 ± 1.1 <sup>cd</sup>	20.41 ± 0.41 <sup>d</sup>
	Satsuma	3.55 ± 0.06 <sup>g</sup>	6.58 ± 0.13 <sup>d</sup>	3.92 ± 0 <sup>g</sup>	13.40 ± 0.58 <sup>e</sup>	16.70 ± 0.41 <sup>e</sup>
	Washington	3.31 ± 0.04 <sup>h</sup>	8.55 ± 0.28 <sup>bc</sup>	5.35 ± 0.03 <sup>f</sup>	16.57 ± 0.26 <sup>cd</sup>	20.22 ± 0.55 <sup>d</sup>
Kabuksuz	Fremont	4.08 ± 0.06 <sup>e</sup>	9.48 ± 0.2 <sup>b</sup>	6.93 ± 0.26 <sup>e</sup>	21.15 ± 0.13 <sup>b</sup>	23.76 ± 0.94 <sup>c</sup>
	Kozan yerli	4.45 ± 0.1 <sup>cd</sup>	8.24 ± 0.28 <sup>c</sup>	16.52 ± 0.63 <sup>b</sup>	24.20 ± 0.41 <sup>a</sup>	26.61 ± 0.61 <sup>b</sup>
	Greyfurt	4.29 ± 0.06 <sup>d</sup>	8.49 ± 0.4 <sup>bc</sup>	4.84 ± 0.03 <sup>f</sup>	23.81 ± 0.59 <sup>a</sup>	27.21 ± 0.86 <sup>ab</sup>
	Satsuma	3.26 ± 0.06 <sup>h</sup>	9.29 ± 0.16 <sup>bc</sup>	8.75 ± 0.1 <sup>d</sup>	15.33 ± 0.48 <sup>d</sup>	17.29 ± 0.61 <sup>e</sup>
	Washington	3.91 ± 0.02 <sup>f</sup>	9.18 ± 0.13 <sup>bc</sup>	5.50 ± 0.14 <sup>f</sup>	24.37 ± 0.70 <sup>a</sup>	26.49 ± 0.77 <sup>b</sup>
Sig.		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		*	*	*	*	*

a,b,c: Aynı sütunda bulunan farklı harfler gruplar arası farklılıkları ifade etmektedir. HK: Ham Kütle %. HP: Ham Protein %. HY: Ham Yağ % ADF: Asit Deterjan Fiber %. NDF: Nötral Deterjan Fiber, Sig. Önem seviyesi \*  $P < 0.05$  önem derecesi,

### Turunçgil Silajların *In Vitro* Gaz, Metan Üretimleri, Metabolik Enerji ve Organik Madde Sindirim Derecesi Değerleri

Kabuklu ve kabuksuz turunçgil silajlarından 24 saat süresince üretilen net gaz, net metan, yüzde metan gazı üretimleri, metabolik enerji (ME) ve Organik madde sindirim derecesi (OMSD) değerleri Çizelge 2 de verilmiştir. 24 saat sonunda net gaz ve net metan (ml), metan (%) içerikleri ile OMSD değerleri karşılaştırıldığında çeşitler ve kabuk durumuna göre istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur ( $P>0.05$ ). Sadece metabolik enerji (ME) içeriği bakımından farklılık olduğu tespit edilmiştir ( $P<0.05$ ). Çalışmamızda elde edilen ME içerikleri (Alnaimy ve ark., 2017, Beyzi ve ark., 2018) yaptığı çalışmayla uyum içerisinde olduğu, net gaz, net metan(ml), metan (%) içerikleri (Özkan ve ark., 2017) yaptıkları çalışmadan düşük bulunmuştur. Net gaz içerikleri, metabolik enerji (ME), OMSD değerlerinin yüksek olması arzu edilen bir durumken metan gazı içeriğinin yüksek çıkması arzu edilen bir durum değildir. Yonca, mısır gibi silaj türlerinin metan gazı içerikleri %16 ile 18 arasında değişmektedir. Sonuçlar karşılaştırıldığında farklılıkların olmasının nedeni net gaz ve metan üretimini yemin fermente olabilen miktarı ile ilişkili olduğudur. Fermente olan substrat miktarı arttıkça net gaz ve metan üretim kapasitesi de artmaktadır. Fermantasyon olayının gerçekleşmesi için gerekli olan karbonhidratın fermantasyona uğraması sonucu net gaz ve metan oluşmaktadır (Makkar, 2005).

**Çizelge 3.** Turunçgil silaj örneklerine ait ortalama net gaz, metan (ml-%), ME ve OMSD Değerleri

Kabuk Durumu	Çeşit	Net gaz ml	Net metan ml	Metan %	ME	OMSD
Kabuklu	Fremont	62.15 ± 1.00	6.27 ± 0.12	10.10 ± 0.33	12.57 ± 0.13 <sup>a</sup>	78.10 ± 1.08
	Kozan Yerli	61.40 ± 1.73	6.18 ± 0.30	10.06 ± 0.21	11.20 ± 0.24 <sup>bcd</sup>	75.66 ± 1.47
	Greyfurt	66.30 ± 0.75	6.33 ± 0.17	9.54 ± 0.16	11.75 ± 0.09 <sup>abc</sup>	81.12 ± 0.61
	Satsuma	63.66 ± 5.22	6.54 ± 0.79	10.21 ± 0.41	11.28 ± 0.71 <sup>bcd</sup>	76.70 ± 4.63
	Washington	68.18 ± 2.35	7.65 ± 0.25	11.23 ± 0.08	12.04 ± 0.31 <sup>ab</sup>	81.43 ± 1.97
Kabuksuz	Fremont	50.48 ± 1.51	5.12 ± 0.17	10.13 ± 0.28	9.74 ± 0.21 <sup>e</sup>	66.6 ± 1.29
	Kozan Yerli	55.00 ± 1.00	5.36 ± 0.06	9.75 ± 0.07	10.93 ± 0.13 <sup>cd</sup>	70.31 ± 1.00
	Geyfurt	57.63 ± 1.00	4.71 ± 0.08	8.17 ± 0.08	10.59 ± 0.12 <sup>d</sup>	72.66 ± 0.72
	Satsuma	61.02 ± 1.00	6.07 ± 0.14	9.95 ± 0.3.0	11.25 ± 0.14 <sup>bcd</sup>	75.36 ± 0.92
	Washington	61.72 ± 0.32	6.65 ± 0.17	10.69 ± 0.24	11.21 ± 0.05 <sup>bcd</sup>	76.35 ± 0.3.0
Sig.		0.306	0.445	0.082	0.000	0.104
		ÖS	ÖS	ÖS	*	ÖS

a.b.c: Aynı sütunda bulunan farklı harfler gruplar arası farklılıkları ifade etmektedir, Sig: önem değeri \*  $P<0.05$ , Net Gaz: 24 Saatlik üretilen gaz, ME: Metabolik Enerji, OMSD: Organik Madde Sindirim Derecesi

Turunçgil silaj çeşitleri arasında değerlendirme yapıldığında KM, OlpH, Net metan ve Metan %'si açısından farkların önemli olduğu tespit edilmiştir ( $P<0.05$ ). Silajların KM içeriği %7.02 ile 8.98 arasında bulunmuştur. En yüksek KM içeriğine sahip turunçgil silajı fremont cinsi turunçgil silajından elde edilirken en düşük KM içeriği greyfurt cinsi turunçgil silajından elde edilmiştir. En yüksek OlpH değeri fremont cinsi turunçgil silajında elde edilirken en düşük OlpH içeriğine greyfurt cinsi turunçgil silajında elde edilmiştir. En yüksek net metan gazı içeriği Washington cinsi turunçgil silajında elde edilirken en düşük net metan gazı içeriği greyfurt cinsi turunçgil silajında bulunmuştur. En yüksek metan gazı içeriği Washington cinsi turunçgil silajında elde edilirken en düşük metan gazı içeriği greyfurt cinsi turunçgil silajında elde edilmiştir. KM ve OlpH içerikleri açısından arzu edilen turunçgil çeşidi fremont cinsi turunçgil silajıdır. Metan gazı içeriğinin düşük olması arzu edilen bir durum olduğu için turunçgil silajları arasında en uygun çeşit Washington hariç diğer dört çeşit istatistiki olarak birbiri ile aynı sayılabilmektedir.

Turunçgil silaj çeşitleri arasında değerlendirme yapıldığında KM, OlpH, Net Gaz, Net metan, Metan % ve OMSD içeriklerin ana etkiler tablosu Çizelge 4 te verilmiştir. KM ve OlpH içerikleri açısından arzu edilen turunçgil çeşidi fremont cinsi turunçgil silajıdır. Net gaz, Net metan(ml) ve OMSD içeriklerinin yüksek olması arzu edilen bir durum olduğu için en uygun turunçgil silajı çeşiti Washington

cinsi turunçgil silajıdır. Metan gazı içeriğinin düşük olması arzu edilen bir durum olduğu için en uygun turunçgil silajı greyfurt cinsi turunçgil silajıdır denilebilir. Turunçgil çeşitleri arasında KM, OlpH, net metan (ml), metan içerikleri istatistiki açıdan çeşitlilik arasındaki fark önemlidir ( $P<0.05$ ). Net gaz (ml) ve OMSD içerikleri istatistiki açıdan çeşitliliğin farklı olması önemsizdir ( $P>0.05$ ).

**Çizelge 4.** Turunçgil silajlarının çeşit olarak değerlendirilmek amacıyla KM, OlpH, Net Gaz, Net metan, Metan ve OMSD içeriklerin ana etkiler tablosu

Çeşit	KM, %	OlpH	Net gaz, ml	Net Metan, ml	Metan, %	OMSD, birimi
Fremont	8.98 ± 0.34 <sup>a</sup>	3.76 ± 0.01 <sup>a</sup>	56.32 ± 2.73	5.70 ± 0.28 <sup>b</sup>	10.12 ± 0.19 <sup>b</sup>	72.35 ± 2.68
Kozan yerli	7.94 ± 0.31 <sup>b</sup>	3.73 ± 0.01 <sup>bc</sup>	58.20 ± 1.69	5.77 ± 0.23 <sup>b</sup>	9.91 ± 0.12 <sup>b</sup>	72.99 ± 1.44
Greyfurt	7.02 ± 0.15 <sup>b</sup>	3.69 ± 0.01 <sup>c</sup>	61.97 ± 2.02	5.52 ± 0.37 <sup>b</sup>	8.86 ± 0.32 <sup>c</sup>	76.89 ± 1.94
Satsuma	7.95 ± 0.37 <sup>b</sup>	3.73 ± 0.01 <sup>b</sup>	62.34 ± 2.45	6.3 ± 0.38 <sup>ab</sup>	10.08 ± 0.23 <sup>b</sup>	76.03 ± 2.13
Washington	7.42 ± 0.30 <sup>b</sup>	3.71 ± 0.01 <sup>bc</sup>	64.95 ± 1.79	7.15 ± 0.26 <sup>a</sup>	10.96 ± 0.16 <sup>a</sup>	78.89 ± 1.44
Sig.	0.002	0.002	0.065	0.006	0.000	0.141
	*	*	ÖS	*	*	ÖS

a.b.c: Aynı sütunda bulunan farklı harfler gruplar arası farklılıkları ifade etmektedir, Net Gaz: 24 Saatlik üretilen gaz, OMSD: Organik Madde Sindirim Derecesi, KM: kuru madde, OlpH: olması gereken pH, Sig: önem değeri \*  $P<0.05$ , ÖS: önemli değil

Turunçgil silajları kabuklu ve kabuksuz olarak değerlendirme yapıldığında KM, OlpH, Net gaz, Net metan ve OMSD'si açısından farklılıkların önemli olduğu tespit edilmiştir ( $P<0.05$ ). Turunçgil silajlarını kabuklu ve kabuksuz olarak karşılaştırdığımızda KM içeriği kabuklu turunçgil silajında % 8.37 iken kabuksuz turunçgil silajında KM içeriği %7.36 olarak bulunmuştur. Olması gereken pH değeri kabuklu turunçgil silajında 3.74 olarak bulunurken kabuksuz turunçgil silajında 3.70 olarak bulunmuştur. Net gaz içeriği kabuklu turunçgil silajında %64.34 elde edilirken kabuksuz turunçgil silajında %57.17 olarak elde edilmiştir. Metan gazı (ml) içeriği kabuklu turunçgil silajında 6.60 ml elde edilirken kabuksuz turunçgil silajında 5.58 ml elde edilmiştir. Metan gazı içeriği kabuklu turunçgil silajında %10.23 elde edilirken; kabuksuz turunçgil silajında %9.74 olarak saptanmıştır. Organik madde sindirim derecesi kabuklu turunçgil silajında %78.60 elde edilirken kabuksuz turunçgil silajında OMSD içeriği %72.25 olarak saptanmıştır. KM, OlpH, Net Gaz, Net Metan, Metan OMSD değerleri kabuklu turunçgil silajı içerikleri kabuksuz turunçgil silajları içeriklerine göre daha yüksek bulunmuştur.

**Çizelge 5.** Turunçgil silajlarının kabuklu ve kabuksuz olarak değerlendirilmek amacıyla KM, OlpH, Net Gaz, Net metan, Metan % ve OMSD içeriklerinin ana etkiler tablosu

Kabuk Durumu	KM	OlpH	Net gaz(ml)	Net Metan(ml)	Metan(%)	OMSD
Kabuklu	8.37 ± 0.26 <sup>a</sup>	3.74 ± 0.01 <sup>a</sup>	64.34 ± 1.24 <sup>a</sup>	6.60 ± 0.21 <sup>a</sup>	10.23 ± 0.18	78.60 ± 1.10 <sup>a</sup>
Kabuksuz	7.36 ± 0.15 <sup>b</sup>	3.70 ± 0.001 <sup>b</sup>	57.17 ± 1.17 <sup>b</sup>	5.58 ± 0.19 <sup>b</sup>	9.74 ± 0.24	72.25 ± 1.00 <sup>b</sup>
Sig.	0.002	0.003	0.000	0.001	0.116	0.000
Ö.D	*	*	*	*	ÖS	*

a.b.c: Aynı sütunda bulunan farklı harfler gruplar arası farklılıkları ifade etmektedir, Sig: Önem seviyesi \*  $P<0.05$ , Net Gaz: 24 Saatlik üretilen gaz, OMSD: Organik Madde Sindirim Derecesi, KM: kuru madde, OlpH: olması gereken pH

## SONUÇ

Turunçgil silajı düşük pH içeriğine sahip olması nedeniyle uzun süre depolanabilir bir silaj türü olarak değerlendirilebilir. Silolama aşamasında besin kaybını önlemek amacıyla turunçgil posasına silolama aşamasında kuru saman ilave ederek su miktarı yüksek olan turunçgil posalarından daha fazla verim alınabilir. Turunçgil silajının metan gazı üretim kapasitesi açısından değerlendirildiğinde en düşük metan gazı içeriği kabuksuz greyfurt cinsi turunçgil silajında, en yüksek metan içeriği kabuklu Washington cinsi turunçgil silajında bulunmuştur. Turunçgil silajlarının metan gazı üretim kapasiteleri yonca, mısır gibi kaba yem kaynaklarına göre daha düşük olduğu için sera gazı etkisi bakımından çevreye olan negatif etkisi daha düşüktür.

Sonuç olarak meyve suyu üretim tesislerinde her yıl gelişi güzel etrafa dökülen binlerce ton turunçgil posası hem maliyeti düşürmek hem de kötü koku ve çevre kirliliğini önlemek amacıyla işleme uygun şekilde katkı maddesi olmadan silolanıp hayvan beslemede kullanılabilir olduğunu önerebilmekteyiz. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda turunçgil silajlarının hayvanların yem tüketimi ve *in vivo* sindirim denemelerin yapılarak hayvansal üretime olan katkılarının belirlenmesine ihtiyaç vardır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma İğdır Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından “2019-FBE-L02” kodlu proje ile desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- AOAC, 1990. Official method of analysis. Association of official analytical chemists 15th.edition. s. 66 Washington DC. USA
- Aguilera A, Perezgil F, Grande D, Cruz D, Juarez J, 1997. Digestibility and fermentative characteristics of mango lemon and corn stover silages with or without addition of molasses and urea Small Ruminant Research 26:87-91
- Alnaimy A, 2017. Using of citrus by-products in farm animals feding Department of Biological Applications. Nuclear Research Center. Egypt Sci. 1(3):58-67
- Ayaşan T., İnci H., 2019. Hayvan beslemede narenciye yan ürünlerinin kullanımı. ISPEC 3. Uluslararası Tarım, Hayvancılık Ve Kırsal Kalkınma Kongresi. 20-22 Aralık 2019, Van. S:524-536.
- Bampidis VA, Robinson PA, 2005 Citrus by-products as ruminant feeds: A review Department of Animal Science. University of California. Davis. CA 95616. USA
- Basir R, Toghyani M. 2017. Effect of dietary graded levels of dried lemon (*Citrus aurantifolia*) pulp on performance, intestinal morphology, and humoral immunity in broiler chickens. Int J Recycl Org Waste Agricult., 6:125-132.
- Belibasakis, NG, Tsirgogianni D, 1996. Effects of dried citrus pulp on milk yield, milk composition and blood components of dairy cows. Animal Feed Science Technology 60: 87-9
- Besharati M, Shafipour N, Nemati Z, 2018. Effects of supplementation alfalfa silage with molasses. orange pulp and Lactobacillus buchneri on in vitro dry matter digestibility and gas production, Journal BioScience Biotechnology 6(1): 43-47
- Beyzi SB, Ülger İ, Kaliber M, Konca Y, 2018. Determination of Chemical. nutritional and fermentation properties of citrus pulp silages Department of Animal Science. Erciyes University. 38039 Kayseri. Turkey
- Dağtekin M, Aybek A, Üçok S, Beyaz A, 2018. The effect of adding corn silage at different ratios to orange and tangerine wastes on Biogas Production Efficiency. Journal of Agricultural Sciences 24 (4): 531-538
- Goel G, Makkar HPS, Becker K, 2008 Effect of Sesbania sesban and Carduus pycnocephalus leaves and Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum L*) seeds and their extract on partitioning of nutrients from roughage-and concentrate-based feeds to methane. Animal Feed Science Technology, 147(1-3), 72-89
- FAO 2016. <http://www.fao.org/economic/est/est-commodities/citrus-fruit/en/>
- Fegeros K, Zervas G, Stamouli S, Apostolaki E, 1995. Nutritive value of dried citrus pulp and its effect on milk yield and milk composition of lactating ewes. Journal Dairy Science 78: 1116-1121.
- Filya İ, Karabulut A, Değirmencioğlu T, Canbolat Ö, Kalkan H, 2001. Turunçgil Posalarının muhafaza ve yem değeri özelliklerinin geliştirilmesi Turk Journal Veterinary Anim Science 939-945.
- Guessous, F., Rihani, N., Kabbali, A., Johnson, W.L., 1989.Improving feeding system for sheep in a Mediterranean rainfed cereals/livestock area of Morocco. *Journal Animal Science*. 67, 3080-3086.

- Ibrahim MR, El-Banan HM, Omara II, Suliman MA, 2011. Evaluation of nutritive value of some citrus pulp as feedstuffs in rabbit diets. *Pakistan Journal Nutritive* 10: 667-674.
- Kılıç A, 1984. Silo Yemi. Bilgehan Basımevi. ss:3-327. Bornova-İzmir
- Kiran RG, Suresh KP, Sampath KT, Giridhar K, Anandan S, 2012. Modeling and forecasting livestock and fish feed resources: Requirements and Availability in India. *National Institute of Animal Nutrition and Physiology*. Bangalore. 25(4): 462–470
- Makkar H, 2005. In vitro gas methods for evaluation of feeds containing phytochemicals. *Animal Feed Science and Technology* 123-124: 291-302.
- Menke KH, Raab L, Salewski A, Steingass H, Fritz D, Schneider W, 1979. The estimation of the digestibility and metabolisable energy content of ruminant feeding stuff from the gas production when they are incubated with rumen liquor. *Journal of Agricultural Science*. 93:217-222
- Menke KH, Steingass H, 1988. Estimation of the energetic feed value from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Animal Resources and Development*, 28:7-55
- Meeske R, 2005. Silage additives: Do they make a difference? *South Africa Journal Animal Science* 6:49-55.
- Oni AO, Onwuka CFI, Oduguwa OO, Onifade OS, Arigbede OM, 2008. Utilization of citrus pulp based diets and *Enterolobium Cyclocarpum* (JACQ. GRISEB) foliage by West African dwarf goats. *Livestock. Science*. 117: 184-191.
- Özkan ÇÖ, Kaya E, Ülger İ, Güven İ, Kamalak A, 2017. Effect of species on nutritive value and methane production of citrus pulps for ruminants *Hayvansal Üretim* 58(1): 8-12.
- Van Soest PJ, Robertson JD, Lewis BA, 1991. Methods for dietary fibre neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animals nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74. 3583-3597
- USA, 1956. Department of agriculture chemistry and technology of citrus. citrus products and byproducts agriculture handbook
- Watanabe PH, Thomaz MC, Ruiz UDS, Santos VMD, Fraga AL, Pascoal LAF, Silva SZD, Faria HGD, 2010. Effect of inclusion of citrus pulp in the diet of finishing swines. *Brazil. Arch. Biological Technonogy* 53: 709-718.



## Japon Bildircinlarında (*Coturnix coturnix japonica*) Bazı Kuluçkalık Yumurta Özelliklerinin Embriyo Ölümleri ve Kuluçka Sonuçlarına Etkileri

Murat GENÇ<sup>1\*</sup>, Uğur ÖZENTÜRK<sup>1</sup>

**ÖZET:** Bu araştırmada, Japon bildircinlerinde (*Coturnix coturnix japonica*) yumurta ağırlığının ve şekil indeksinin embriyo ölümlerine ve kuluçka sonuçlarına etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada materyal olarak 720 adet Japon bildircini yumurtası kullanılmıştır. Yumurtalar inkübasyona alınmadan önce bireysel olarak tartılmış, en ve boyları ise kumpas ile ölçülerek şekil indeksleri tespit edilmiştir. Civciv çıkmayan yumurtalar kırılarak dölsüz olanlar ve ölü embriyolu yumurtalarda ölüm zamanları saptanmıştır. Kuluçka sonuçlarının belirlenmesi için dölsüz olduğu tespit edilen 171 adet yumurta değerlendirme dışı bırakılmış, çıkış gücü (ÇG) ve yüzde (%) olarak embriyo ölümleri (erken, orta ve geç) hesaplanmıştır. Yumurtalar embriyo ölümlerine göre erken dönem (1-6 gün), orta dönem (7-14. gün) ve geç dönem (15 ve 18. gün) olmak üzere üç gruba ayrılarak değerlendirilmiştir. Döllü yumurtaların ortalama ağırlığı 10.800 gr, ortalama şekil indeksi %78.31 olarak hesaplanmıştır. Sonuçlara göre yumurta ağırlığının embriyonik ölüm oranını etkilediği ve ağırlığı 10 gr'ın altında olan yumurtalarda erken dönem, diğer yumurta ağırlık gruplarında ise geç dönem embriyo ölümlerinin daha yüksek oranda görüldüğü belirlenmiştir. Şekil indeksi grupları ele alındığında ise, çıkış gücünün birbirine yakın oranlarda seyrettiği ve bu iki parametre arasında istatistiksel olarak bir ilişkinin bulunmadığı tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Japon bildircini, kuluçkalık yumurta, yumurta ağırlığı, şekil indeksi, embriyonik ölüm, çıkış gücü.

### The Effects of Some Characteristic of Hatching Eggs on Embryonic Death and Hatchability Traits in Japanese Quail

**ABSTRACT:** This study examined the effects of egg weight and shape index on embryonic death and hatchability traits. A total of 720 Japanese quail eggs were used in the study. Before incubation, individually eggs weighed, width and length were measured with calipers and shape indices were determined. Eggs that did not hatch were broken to identify the unfertilized and the ones with a dead embryo, the times of death were also specified for the latter. In order to determine the outcome of incubation, 171 eggs found to be unfertilized were left out during the evaluation and (early-, medium-, and late-term) embryo mortality was calculated as hatchability and percentage (%). The eggs were evaluated in 3 groups according to the death of embryos: early term (1-6 days), medium term (7-14 days), and late term (15-18 days). The average weight of the fertilized eggs was 10.800 g and the average shape index was calculated as 78.31%. According to the results, it was determined that egg weight affects the embryonic mortality rate and early embryo mortality was higher in eggs weighing less than 10 grams and late embryo deaths were higher in other egg weight groups. When the shape index groups are considered, it is found that the hatching is close to each other and there is no statistical relationship between these two parameters.

**Keywords:** Japanese quail, hatching eggs, egg weight, shape index, embryonic death, hatchability.

<sup>1</sup> Murat GENÇ (Orcid ID: 0000-0002-9565-0887), Uğur ÖZENTÜRK (Orcid ID: 0000-0002-2037-9340), Atatürk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Zootečni Anabilim Dalı, Erzurum, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Murat GENÇ, e-mail: vet.murat.genc@gmail.com

Geliş tarihi / Received: 12-02-2020

Kabul tarihi / Accepted: 26-03-2020

## GİRİŞ

Japon bildircini (*Coturnix coturnix japonica*); bakımının kolay, hastalıklara dayanıklı, generasyon aralığının kısa, yumurta veriminin fazla, etinin yüksek proteinli olması gibi avantajlarından dolayı son yıllarda hem deneysel araştırmalarda, hem de ticari kanatlı sektöründe sıklıkla kullanılan bir hayvan haline gelmiştir (Shokoohmand ve ark., 2007; Kumaril ve ark., 2008; Durmuş, 2014; Hrnčár ve ark., 2014).

Yumurta, diğer kanatlı türlerinde olduğu gibi bildircinlerde da üremeyi ve böylelikle nesillerinin devam etmesini sağlayan biyolojik bir yapıdır (Uluocak ve ark., 1995; Tabeeh, 2011). Başarılı bir civciv çıkışı için yumurtaların istenilen kalite özelliklerine sahip olması ve uygun kuluçka koşullarının sağlanması gereklidir. Yumurtaların kalite özellikleri hem kuluçka performansını, hem de civciv kalitesini direkt olarak etkilemekte ve böylelikle gelecek generasyonların verim özelliklerini belirlemektedir (Orhan ve ark., 2001; Cadirci, 2009; Durmuş, 2014). Başarılı bir civciv çıkımı elde edebilmek için öncelikli şart dömlü yumurta oranının yüksek olmasıdır. Döllülük oranı genetik yapı, sürüdeki erkek/dişi oranı, damızlık sürülerin yaşı, tercihli çiftleşme, beslenme, sağlık koşulları ve yönetsel faktörlerden etkilenmektedir (Nazlıgül ve ark., 2001; Erensayın ve ark., 2002; Narahari ve ark., 2002; King' Ori, 2011; Tabeeh, 2011; Othman ve ark., 2014). Kuluçkalık yumurta özelliklerinden bir diğeri yumurta büyüklüğüdür. Çok büyük ve çok küçük yumurtalar kuluçkada iyi sonuç vermediğinden, çoğu kuluçkahanede kuluçkalık amacıyla ortalama bir yumurta büyüklüğü belirlenmektedir. Üçüncü yumurta özelliği yumurta şekli ve anormallikleridir. Kuluçkalık yumurta seçiminde yaklaşık 15 tip anormal yapı bilinmektedir. Anormal yapılu yumurtalar üzerinde çeşitli faktörler etkili olmakla birlikte, kalıtsallığı yüksek olan yumurta şekli daha önemlidir. Yumurta şeklinin değerlendirilmesinde şekil indeksi terimi kullanılmaktadır (Türkoğlu ve Sarıca, 2009; Nowaczewski ve ark., 2010; Tabeeh, 2011).

Bu çalışma kuluçkalık Japon bildircini (*Coturnix coturnix japonica*) yumurtalarında ağırlık ve şekil indeksinin, embriyonal dönemdeki ölümler ve kuluçka sonuçları üzerine etkilerinin araştırılması amacıyla yürütülmüştür.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Kuluçkalık Yumurta Materyali

Çalışma Atatürk Üniversitesi Gıda ve Hayvancılık Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde bulunan kanatlı ünitesinde yürütülmüştür. Yumurtalar çok katlı damızlık kafeslerine 1 erkek 2 dişi olacak şekilde yerleştirilen 16 haftalık yaştaki damızlık bildircinlerden (*Coturnix coturnix japonica*) 2 gün süre ile toplanarak elde edilmiştir. Besleme %18 ham protein ve 2800 kcal/kg metabolik enerji içeren ticari yem ile ad libitum olarak yapılmıştır.

### Deneysel Uygulamalar

Toplanan 720 adet yumurta ayrı ayrı numaralandırılmış ve bu yumurtaların hem sivri ve küt kısımlarına, hem de yan kısımlarına silinmez kalem ile kodlama yapılmış ve 0.001 gr duyarlılıktaki hassas terazi ile bireysel olarak tartımları gerçekleştirilmiştir. Daha sonra kumpas yardımıyla kısa ve uzun eksenleri ölçülmüş, (Kısa eksen/Uzun eksen) X 100 formülünden yararlanılarak şekil indeksleri hesaplanmıştır. Ölçümler tamamlandıktan sonra her bir yumurtaya ait ağırlık ve şekil indeksi verileri kaydedilmiştir. Ölçümleri yapılan yumurtalar şekil indekslerine göre  $\leq 75.99$ ,  $76.00-77.99$ ,  $78-79.99$  ve  $\geq 80$ ; ağırlıklarına göre ise  $\leq 9.99$  gr,  $10.00-10.99$  gr,  $11.00-11.99$  gr ve  $\geq 12$  gr olmak üzere dörder ayrı grupta kategorize edilmiştir. Yumurtalar ön gelişim makinesinde (sıcaklık  $37.5^{\circ}\text{C}$ , nem %65,

saatte 1 çevirme) 15 gün, çıkış bölümünde ise 3 gün (sıcaklık 36.5°C, nem %75, çevirme yok) inkübe edilmiştir. Cıvciv çıkışları tamamlandıktan sonra çıkım gerçekleşmeyen yumurtalar kırılarak dölsüz olanlar ve ölü embriyolu yumurtalarda embriyonik ölüm dönemleri belirlenmiştir. Yumurtalar embriyo ölümlerine göre erken dönem (1-6 gün), orta dönem (7-14. gün) ve geç dönem (15 ve 18. gün) olmak üzere üç gruba ayrılarak değerlendirilmiştir. Erken dönem embriyonik ölümlerde siyah göz oluşmuş ve tüylenme gerçekleşmemiştir. Embriyolarda tüylenmenin olduğu ve yumurta sarısının içe çekilmediği durumlar orta dönem embriyonik ölümler olarak kabul edilmiştir. Geç dönem ölümlerde ise embriyonun tam olarak geliştiği ve yumurta sarısının içe çekildiği gözlenmiştir. Kuluçka sonuçlarının belirlenmesi için dölsüz olduğu tespit edilen 171 adet yumurtaya ait değerler veri setinden çıkarılmıştır. Döllü yumurtalar üzerinden çıkış gücü (ÇG) (cıvciv sayısı / döllü yumurta sayısı) ve yüzde (%) olarak embriyo ölümleri (erken, orta ve geç) hesaplanmıştır.

### İstatistiksel Analizler

Binary özellik gösteren çıkış gücü üzerine etkisi olabileceği düşünülen ve yumurta ağırlık ve şekil indeksi sınıfları analizinde Logistik regresyon modeli kullanılmıştır. Erken, orta ve geç dönem embriyonik ölümleri ile yumurta ağırlık ve şekil indeksi arasındaki ilişki için Kruskal-Wallis Test uygulanmıştır. Bütün analizler için SPSS Paket Programı kullanılmıştır (SPSS, 2004).

### BULGULAR ve TARTIŞMA

Yumurta, embriyonun sağlığını muhafaza ederek gelişimini sağlayan ve cıvciv çıkışına olanak tanıyan biyolojik bir yapıdır (Durmuş, 2014). Japon bildircinlerde yumurta ağırlığı ve şekil indeksinin, embriyonal dönemdeki ölümler ve kuluçka özellikleri üzerine etkilerini tespit etmek amacıyla yapılan bu çalışmada, toplanan 720 adet yumurtanın 549 adedinin döllü olduğu tespit edilmiş ve döllülük oranı %76.25 olarak hesaplanmıştır. Bu döllü yumurtaların %71.95'inde cıvciv çıkışının gerçekleştiği belirlenmiştir. Ayrıca döllü yumurtaların ortalama ağırlığı 10.800 ± 0.047 gr olarak tespit edilmiştir. Bildircinlerde yumurta ağırlığı belirli bir yaşa kadar yükselme eğilimi göstermekte, sonrasında düşüşe geçmektedir (Nazlıgül ve ark., 2001; Orhan ve ark., 2001; Şeker ve ark., 2005). Konu ile ilgili olarak farklı yaşlardaki Japon bildircinleri üzerinde yürütülen çalışmalarda bu değer 10.41±0.05 ile 12.53±0.07 gr arasında değiştiği gözlenmiştir (Nazlıgül ve ark., 2001; Özçelik, 2002; Şeker ve ark., 2005; Yılmaz ve ark., 2011; Sari ve ark., 2012; Hrnčár ve ark., 2014; Alasahan ve ark., 2015). Böylelikle mevcut çalışmada hesaplanan ortalama yumurta ağırlığının daha önce yapılan bazı çalışmalarda verilen ortalamalara yakın, bazılarının ise altında olduğu anlaşılmaktadır. Bu farklılığın çalışmalarda kullanılan damızlık sürülerin değişik yaşlarda olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çıkış gücü üzerine anaç yaşının giderilmesi için bu çalışmada aynı yaş döneminde olan bildircinlerin yumurtaları kullanılmıştır.

Yumurtanın genişliğinin uzunluğuna oranı olarak tanımlanan şekil indeksi, kuluçkanın bütün aşamalarında değişmeden kalan bir dış kalite özelliğidir (Türkoğlu ve Sarıca, 2009). Mevcut çalışmada kullanılan tüm döllü yumurtaların ortalama şekil indeksi %78.31±0.14 olarak ölçülmüş, Japon bildircinleri üzerinde yürütülen farklı araştırma bulgularında bu parametrenin %75.72±0.17 ile %79.90±0.13 arasında değiştiği belirlenmiştir (Nazlıgül ve ark., 2001; Özçelik, 2002; Şeker ve ark., 2005; Kumaril ve ark., 2008; Yılmaz ve ark., 2011; Sari ve ark., 2012; Hrnčár ve ark., 2014; Alasahan ve ark., 2015).

Yumurta şekil indeksinin inkübasyon periyodundaki embriyo ölümleri üzerine etkisi Çizelge 1'de verilmiştir. Şekil indeksi gruplarının tümünde en düşük embriyonik ölüm oranının orta, en yüksek embriyonik ölüm oranının ise geç dönemde gerçekleştiği ancak gruplar arasında embriyo ölüm oranları arasındaki farkın önemsiz olduğu tespit edilmiştir (P>0.05). Yürütülen çalışma sonuçlarına paralel

olarak Wolc ve Olori (2009), şekil indeksi ile kuluçka performansı ve embriyonik mortalite oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olmadığını saptamışlardır. Narushin ve Ramanov (2002) ise şekli bozuk yumurtalarda embriyonun ekstenel yönünü değiştirmesinden dolayı çıkış gücünün düştüğünü ve şekil indeksi ile çıkış gücü arasında negatif bir ilişkinin olduğunu ifade etmişlerdir. Farklı bir araştırmada da Durmuş (2014), bu parametrenin kuluçka performansını etkilediğini ve normal şekilli yumurtalarda, anormal şekilli yumurtalardan daha iyi civciv çıkışı sağlandığını bildirmiştir.

**Çizelge 1.** Yumurta şekil indeksi gruplarına göre embriyonik ölüm sayısı ve yüzdeleri

ÖLÜM DÖNEMİ	ŞEKİL İNDEKSİ (%)				TOPLAM	P
	≤75.99	76.00-77.99	78.00-79.99	≥80.00		
	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	
Erken Dönem	11 (32.35)	11 (34.37)	20 (42.55)	18 (43.90)	60 (38.96)	
Orta Dönem	4 (11.77)	3 (9.38)	1 (2.13)	4 (9.76)	12 (7.79)	
Geç Dönem	19 (55.88)	18 (56.25)	26 (55.32)	19 (46.34)	82 (53.25)	0.758
<b>TOPLAM</b>	34 (100)	32 (100)	47 (100)	41 (100)	154 (100)	

Farklı yumurta ağırlık gruplarında elde edilen embriyonik ölüm sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir. Sonuçlara göre embriyo ölümlerinin %38.96’sı (60 adet) erken dönemde, %7.79’u (12 adet) orta dönemde, %53.25’i (82 adet) ise geç dönemde gerçekleşmiştir. Yumurta ağırlığının embriyonik ölüm oranını etkilediği ve embriyonik ölümlerin yarısından fazlasının inkübasyonun son 3 gününde gerçekleştiği tespit edilmiştir (P<0.01). Ağırlığı 10 gr’ın altında olan yumurtalarda erken dönem, diğer yumurta ağırlık gruplarında ise geç dönem embriyo ölümlerinin daha yüksek oranda olduğu belirlenmiştir. Ayrıca yumurta ağırlığının, civciv çıkışını etkileyen önemli bir faktör olduğu ve bu değerlerin artması ile birlikte çıkış gücünün yükseldiği saptanmıştır. Bu sonuç, orta ve ağır olarak sınıflandırılan bildircin yumurtalarında daha az embriyo ölümünün gerçekleştiğini ve dolayısıyla çıkış gücünün daha yüksek olduğunu bildiren çalışmalarla uyum içerisindedir (Şeker ve ark., 2005; Petek ve ark., 2005; Wolc ve Olori, 2009; Durmuş, 2014). Ancak bu bulguların aksine bildircinlerde yumurta ağırlığının artmasıyla birlikte çıkış gücünün azaldığını belirten çalışmalar da mevcuttur (Saylam, 1999; Narushin ve Romanov, 2002).

**Çizelge 2.** Yumurta ağırlık gruplarına göre embriyonik ölüm sayısı ve yüzdeleri

ÖLÜM DÖNEMİ	YUMURTA AĞIRLIĞI (gr)				TOPLAM	P
	≤9.99	10.00-10.99	11.00-11.99	≥12.00		
	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	
Erken Dönem	25 (55.55)	19 (37.26)	10 (23.81)	6 (37.50)	60 (38.96)	
Orta Dönem	3 (6.67)	5 (9.80)	2 (4.76)	2 (12.50)	12 (7.79)	0.007
Geç Dönem	17 (37.78)	27 (52.94)	30 (71.43)	8 (50.00)	82 (53.25)	
<b>TOPLAM</b>	45 (100)	51 (100)	42 (100)	16 (100)	154 (100)	

Civciv çıkış gücü oranları ≤9.99 gr, 10.00-10.99 gr, 11.00-11.99 gr, ≥12 gr ağırlık gruplarına göre sırasıyla %64.00, %72.72, %75.53 ve %75.00 olarak belirlenmiştir. Aynı parametre şekil indeksine göre ≤%75.99 grubundaki yumurtalarda %70.43, %76-77.99 grubundaki yumurtalarda %72.17, %78-79.99 grubundaki yumurtalarda %70.99 ve ≥80.00 grubundaki yumurtalarda %73.89 olarak saptanmıştır.

Yumurta ağırlığı ve şekil indeksine ait regresyon katsayıları ve olasılık oranları Çizelge 3’de verilmiştir. Sonuçlara göre yumurta ağırlığının, civciv çıkışını etkileyen önemli bir faktör olduğu ve bu değerlerin artması ile birlikte çıkış gücünün yükseldiği saptanmıştır (P<0.05). Taskin ve ark. (2015) benzer

şekilde yumurta ağırlığının artması ile birlikte civciv çıkış gücünün de arttığını ifade etmişlerdir. Sarı ve ark. (2010) ise Japon bildircini yumurtalarını ağırlıklarına göre 9-10, 10-11, 11-12, 12-13 ve >13 gr şeklinde sınıflandırarak, en düşük çıkış gücü oranını en hafif yumurtalardan tespit etmişler ve yumurta ağırlığının çıkış gücünü etkileyen önemli bir parametre olduğunu saptamışlardır. Copur ve ark. (2010) aynı şekilde mevcut çalışma sonucuna benzer olarak yumurta ağırlığının çıkış gücü üzerine etkili bir parametre olduğunu belirtmişlerdir. Coban ve ark. (2008) bildircin yumurtalarını 8.00-11.00, 11.01-12.00, 12.01-13.00, 13.01-14.00 ve  $\geq 14.01$  gr olmak üzere 5 farklı grupta kategorize ettikleri çalışmalarında en yüksek çıkım oranının 11.01-12.00 gr aralığındaki yumurtalarda görüldüğünü saptamışlardır. Mevcut çalışmadan elde edilen sonuçlara göre en yüksek civciv çıkım oranının 11.00-11.99 gr aralığındaki yumurtalarda görüldüğü ve bu bağlamda Coban ve ark. (2008) ile uyum içerisinde olduğu belirlenmiştir.

Şekil indeksi grupları ele alındığında ise, çıkış gücünün birbirine yakın oranlarda seyrettiği ve bu iki parametre arasında istatistiksel olarak bir ilişkinin bulunmadığı tespit edilmiştir ( $P>0.05$ ). Aşçı ve Durmuş (2015) yürüttükleri çalışmada yumurtaları şekil indekslerine göre %71 ve daha küçük, %72-76 ve %77 ve daha yukarı olmak üzere 3 gruba ayırmışlar ve en yüksek çıkış gücünü 2. gruptaki yumurtalardan elde etmişlerdir. Ayrıca bu gruba 3. grup arasındaki farklılığın önemli; 1. grup arasındaki farklılığın ise önemsiz olduğunu saptamışlardır. Taskin ve ark. (2015) şekil indeksi gruplarını <75.00, 75.00-80.00, 81.00-85.00, 86.00-90.00 ve >91.00 olarak kategorize etmişler ve bu gruplara göre çıkış gücü değerlerini sırasıyla  $80.84 \pm 1.86$ ,  $79.25 \pm 2.15$ ,  $77.56 \pm 2.27$ ,  $76.94 \pm 1.59$ ,  $76.18 \pm 1.81$  olarak tespit etmişlerdir. Aynı zamanda yumurta şekil indeksinin çıkış gücünü etkileyen önemli bir faktör olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışma sonuçları ile yürütülen çalışma arasındaki uyumsuzluğun şekil indeksi grup sayılarının ve aralıklarının farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Farklı bir araştırmada Sarı ve ark. (2010) 4 farklı şekil indeksi grubu oluşturmuş (<76.5, 76.5-78.5, 78.5-80.5, >80.5) ve şekil indeksinin civciv çıkış gücünü etkilemediği sonucuna ulaşmışlardır. Copur ve ark. (2010) da yumurtaları şekil indeks değerlerine göre 3 farklı gruba ayırmışlar ve çıkış gücünün bu parametreden etkilenmediği sonucuna varmışlardır. Bu sonuçlar, mevcut çalışma sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

**Çizelge 3.** Çoklu lojistik regresyon analizinde çıkış gücü üzerine etkili faktörlere ait regresyon katsayıları ve olasılık oranları.

	FAKTÖR	n	B*	S. E**	Sig.	Exp (B)***
	<b>Yumurta Ağırlığı (gr)</b>	549			0.041	
KATEGORİYEL SINIFLANDIRMALAR	$\leq 9.99$	125	0.000	0.000		1.000
	10-10.99	187	0.471	0.254	0.064	1.601
	11-11.99	168	0.655	0.272	0.016	1.925
	$\geq 12$	69	0.771	0.357	0.031	2.162
	<b>Şekil İndeksi (%)</b>	549			0.489	
	<75.99	115	0.000	0.000		1.000
	76.00-77.99	115	0.181	0.297	0.542	1.198
	78.00-79.99	162	0.143	0.276	0.603	1.154
	$\geq 80.00$	157	0.439	0.294	0.135	1.551
	<b>Constant</b>			0.290	0.293	0.321

\*: Beta katsayısı, \*\*:Standart Hata, \*\*\*: Beklenen



## SONUÇ

Çalışma sonunda yumurta ağırlığının civciv çıkışını etkileyen önemli bir faktör olduğu ve özellikle 10 gr'ın altındaki yumurtaların civciv çıkışı konusunda oldukça zayıf kaldığı belirlenmiştir. Bu durumun küçük yumurtalarda erken dönem ölü embriyo oranının daha fazla görülmesine bağlı olarak şekillendiği tahmin edilmektedir. Yumurta şekil indeksinin ise embriyonal dönemdeki ölüm oranlarına ve çıkış gücüne etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

## KAYNAKLAR

- Alasahan S, Akpınar CG, Canogullari S, Baylan M, 2015. Determination of some external and internal quality traits of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) eggs on the basis of eggshell colour and spot colour. Eurasian Journal of Veterinary Sciences, 31: 235-241.
- Asci E, Durmus İ, 2015. Effect of egg shape index on hatching characteristics in hens. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 3 (7): 583-587.
- Cadirci S, 2009. Disinfection of hatching eggs by formaldehyde fumigation—a review. Archiv fur Geflugelkunde, 73: 116-123.
- Coban O, Lacin E, Sabuncuoglu N, 2008. Effect of some parental and environmental factors on some reproductive traits of Japanese quails. Italian Journal of Animal Science, 7(4): 479-486.
- Copur G, Baylan M, Canogullari S, 2010. Egg weight but not egg shape index, determines the hatchability in Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). Journal of Animal and Veterinary Advances, 9(13): 1890-1895.
- Durmuş İ, 2014. Yumurta kalite özelliklerinin kuluçka sonuçlarına etkisi. Akademik Ziraat Dergisi, 3: 95-99.
- Erensayın C, Başer E, Aktan S, Küçükyılmaz K., 2002. Japon Bildircinlerinde Erkek Dişi Oranının Üreme Performansı Üzerine Etkisi. Hayvancılık Araştırma Dergisi, 12: 51-54.
- Hrnčár C, Hanusova E, Hanus A, Bujko J, 2014. Effect of genotype on egg quality characteristics of Japanese quail (*Coturnix japonica*). Slovak Journal of Animal Science, 47: 6-11.
- King' Ori, A., 2011. Review of the factors that influence egg fertility and hatchability in poultry. International Journal of Poultry Science, 10: 483-492.
- Kumaril P, Gupta BR, Prakash B, Reddy M, 2008. A study of egg quality traits in Japanese quails. Journal of Veterinary and Animal Sciences, 4: 227-231.
- Narahari D, Mujeer K, Rajini R, 2002. Pre-oviposition factors influencing the fertility and hatchability in Japanese quail. The Indian Journal of Animal Sciences, 72 (9): 756-761.
- Narushin V, Romanov MN, 2002. Egg physical characteristics and hatchability. World's Poultry Science Journal, 58: 297-303.
- Nazlıgül A, Türkyılmaz K, Bardakçioğlu H, 2001. Japon bildircinlerinde (*Coturnix coturnix japonica*) bazı verim ve yumurta kalite özellikleri üzerinde bir araştırma. Türk Veterinerlik ve Hayvancılık Dergisi, 25: 1007-1013.
- Nowaczewski S, Kontecka H, Rosiński A, Koberling S, Koronowski P, 2010. Egg quality of Japanese quail depends on layer age and storage time. Folia biologica, 58: 201-207.
- Orhan H, Erensayın C, Aktan S, 2001. Japon bildircinlerinde (*Coturnix coturnix japonica*) farklı yaş gruplarında yumurta kalite özelliklerinin belirlenmesi. Hayvansal Üretim, 42: 44-49.
- Othman RA, Amin MR, Rahman S, 2014. Effect of egg size, age of hen and storage period on fertility, hatchability, embryo mortality and chick malformations in eggs of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science, 7: 101-106.

- Özçelik M, 2002. Japon bildircini yumurtalarında bazı dış ve iç kalite özellikleri arasındaki fenotipik korelasyonlar. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 49: 67-72.
- Petek M, Baspınar H, Ogan MM, Balci F, 2005. Effects of egg weight and length of storage period on hatchability and subsequent laying performance of quail. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 29: 537-542.
- Sari M, Isik S, Onk K, Tilki M, Kırmızıbayrak T, 2012. Effects of layer age and different plumage colors on external and internal egg quality characteristics in Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*). Archiv fur Geflugelkunde, 76: 254-258.
- Sarı M, Tilki M, Saatçi M, Işık S, Önk K, 2010. Japon Bildircinlarında (*Coturnix coturnix japonica*) Ebeveyn Yaşı, Yumurta Ağırlığı ve Şekil İndeksinin Kuluçka Özellikleri ve Yaşama Gücü Üzerine Etkisi. F.Ü.Sağ. Bil. Vet. Derg. 24 (2): 93 - 97.
- Saylam K, 1999. Japon bildircinlerinde yumurta ağırlığının ve depolama süresinin yumurta ağırlık kaybına ve kuluçka özelliklerine etkileri. Turkish Journal of Veterinary and Animal Science, 23: 367-372.
- Shokoohmand M, Kashan NEJ, Maybody ME, 2007. Estimation of heritability and genetic correlations of body weight in different age for three strains of Japanese quail. International Journal of Agriculture and Biology, 9 (6): 945-947.
- SPSS., 2004. SPSS for Windows Release 13.0. SPSS Inc
- Şeker İ, Selim K, Bayraktar M, Yıldırım Ö, 2005. Japon bildircinlerinde (*Coturnix coturnix japonica*) yumurta verimi ve bazı yumurta kalite özelliklerine yaşın etkisi. İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 31: 129-138.
- Tabeeh MASA, 2011. Evaluation of some external and internal egg quality traits of quails reared in Basrah City. Basrah Journal of Veterinary Research, 10: 78-84.
- Taskin A, Karadavut U, Cayan H, Genc S, Coskun I, 2015. Determination of small variation effects of egg weight and shape index on fertility and hatching rates in japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). Journal of Selçuk University Natural and Applied Science, 4(2): 73-83.
- Türkoğlu M, Sarıca M., 2009. Tavukçuluk Bilimi Yetiştirme, Besleme, Hastalıklar. 3. Baskı, Bey Ofset Matbaacılık. s.140-149, Ankara, Türkiye.
- Uluocak A, Okan F, Efe E, Nacar H, 1995. Bildircin yumurtalarında bazı dış ve iç kalite özellikleri ve bunların yaşa göre değişimi. The Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 19: 181-185.
- Wolc A, Olori V, 2009. Genetics of hatchability-egg quality from the perspective of a chick. In 6th European Poultry Genetics Symposium, World Poultry Science Association, Bedlewo, Poland.
- Yılmaz A, Tepeli C, Caglayan T, 2011. External and internal egg quality characteristics in Japanese quails of different plumage color lines. Journal of Food, Agriculture and Environment, 9: 375-379.