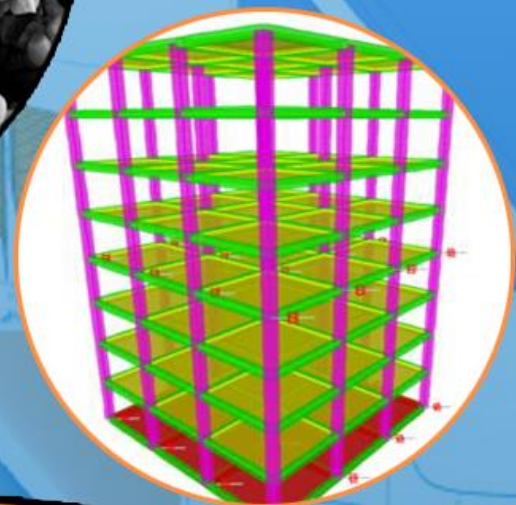
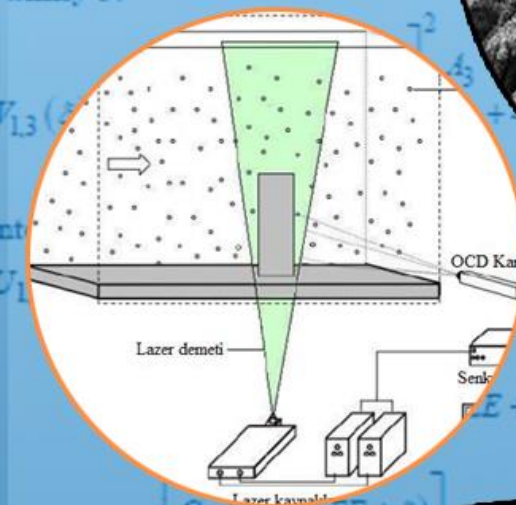
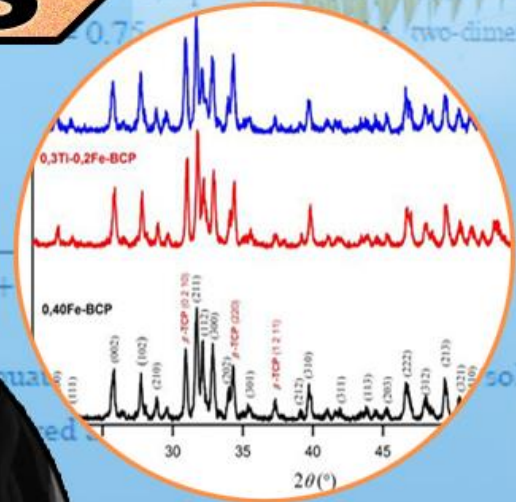
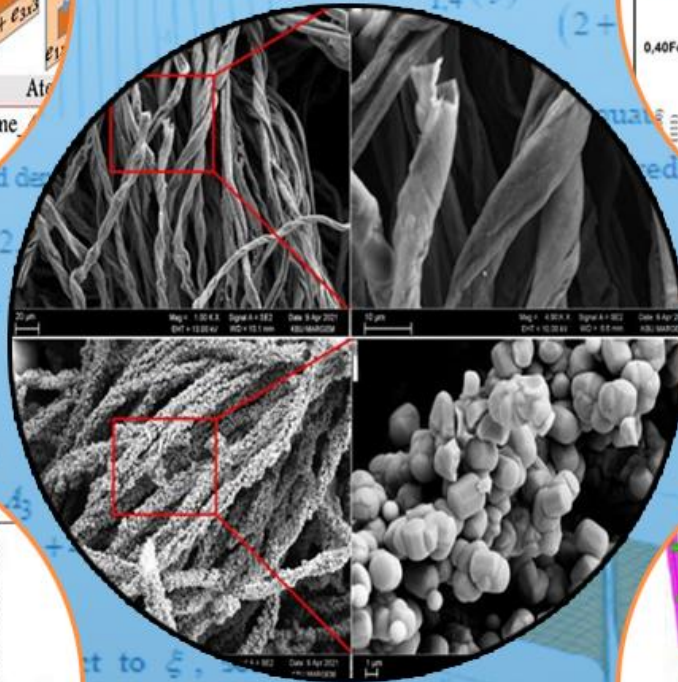
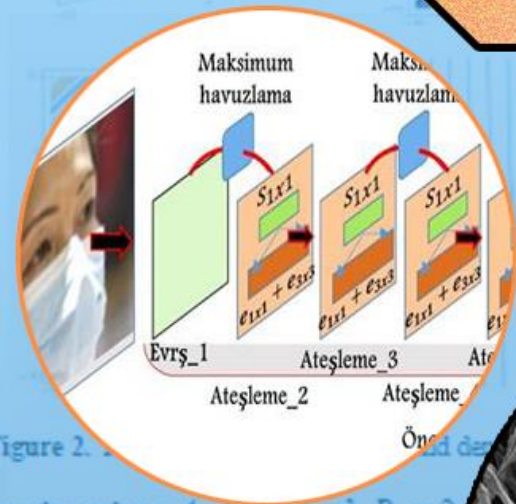


TDFD

TÜRK DOĞA ve FEN DERGİSİ

TURKISH JOURNAL OF NATURE AND SCIENCE

TJNS



TÜRK DOĞA VE FEN DERGİSİ

Amaç

Türk Doğa ve Fen Dergisi, Dergipark tarafından yayınlanan Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne ait ulusal ve hakemli bir dergidir. Türk Doğa ve Fen Dergisi, Türkiye ve dünyanın her yerinden gelen doğa ve fen bilimlerinin her alanında özgün, yayımlanmamış, yayımlanmak üzere başka yere gönderilmemiş makale, derleme ve sempozyum değerlendirmesi gibi çalışmaların bilim alemine sunulması amacıyla kurulmuştur.

Kapsam

Türk Doğa ve Fen Dergisinde Mühendislik, Ziraat, Veterinerlik, Fen ve Doğa Bilimleri alanlarından olmak üzere Türkçe ve İngilizce hazırlanmış orijinal makale, derleme ve sempozyum değerlendirmesi gibi çalışmalar yayımlanır. Türk Doğa ve Fen Dergisi sadece online sistemde yayımlanmakta olup ayrıca kağıt baskısı bulunmamaktadır.

Merhaba...

Türk Doğa ve Fen Dergisi, Dergipark tarafından yayımlanmakta olup Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne aittir. Bahar ve güz dönemi olmak üzere yılda iki defa çıkarılan ulusal hakemli bir dergi olarak ilk sayısını 2012 bahar döneminde yayımlamıştır. Türk Doğa ve Fen Dergisi, Türkiye ve dünyanın her yerinden gelen doğa ve fen bilimlerinin her alanında özgün, yayımlanmamış, yayımlanmak üzere başka yere gönderilmemiş makale, derleme ve sempozyum değerlendirmesi gibi çalışmaların bilim alemine sunulması amacıyla kurulmuştur. İlk sayısından bugüne kesintisiz olarak faaliyetlerini sürdürmektedir.

Türk Doğa ve Fen Dergisi sadece online sistemde yayımlanmakta olup ayrıca kağıt baskısı bulunmamaktadır. Dergimize gelen her çalışma öncelikle Turnitin intihal programında taranmaktadır. Dergimizde editörlerin, hakemlerin ve yazarların, uluslararası yayım etik kurallarına uyması ve makalelerin yazım kurallarına uyumlu olması zorunluluğu vardır.

Yazarlar yayımlanmak üzere dergimize gönderdikleri çalışmalarını ile ilgili telif haklarını zorunlu olarak Bingöl Üniversitesi Türk Doğa ve Fen Dergisi'ne devretmiş sayılırlar. Yazarlardan herhangi bir ücret talep edilmemektedir. Yazarların değerlendirmeleri, dergimizin resmi görüşü olarak kabul edilemez. Çalışmaların her türlü sorumluluğu yazarlarına aittir. Araştırma ürünleri için etik kurul raporu gerekli ise, çalışma üzerinde bu raporun alınmış olduğu belirtilmeli ve kurul raporu sisteme kaydedilmelidir. Araştırma ile ilgili intihal, atıf manipülasyonu, sahte veri uydurma vb. suistimallerin tespit edilmesi halinde yayım ve etik ilkelerine göre davranılır. Bu durumda çalışmanın yayımlanmasını önlemek, yayımdan kaldırmak ya da başka işlemler yapmak için gerekli işlemler takip edilmektedir.

Dergimizde, kaynak gösteriminde uluslararası Vancouver sistemine geçilmiştir. Ayrıca dergimiz, Creative Commons ile lisanslanmak suretiyle dergimizde yayımlanan makalelerin paylaşımı, kaynak gösterimi ve yayımlanmasında dergi ve yazar haklarını korumaya almıştır. 2018 yılı güz döneminden itibaren makaleler, uluslararası yazar kimlik numarası ORCID No'su ile yayımlanmaktadır.

Dergi ekibi, dergimizin ulusal ve uluslararası indekslerce taranan bir dergi olması yönünde çalışmalarını titizlikle sürdürmektedir. Dergimize gösterilen ilgi bu yönde bizleri teşvik etmeye devam edecektir.

Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından yayımlanmaktadır

EDİTÖRLER (YAYIN) KURULU

BAŞEDİTÖR

Doç. Dr. Ekrem DARENDELİOĞLU

Bingöl Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik
Bölümü

E-Mail: edarendelioglu@bingol.edu.tr

EDİTÖR YARDIMCILARI

Doç. Dr. Adnan AYNA

Bingöl Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü

E-Mail: aayna@bingol.edu.tr

Dr. Ali ERÇETİN

Bingöl Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği
Bölümü

E-Mail: aliercetin@bingol.edu.tr

EDİTÖRLER

Fen ve Doğa Bilimleri

Doç. Dr. İkram ORAK

Bingöl Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve
Teknikler

E-Mail: iorak@bingol.edu.tr

Prof. Dr. Selami SELVİ

Balıkesir Üniversitesi, Altınoluk Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal
Üretim Bölümü

E-Mail: sselvi2000@yahoo.com

Prof. Dr. Refik KESKİN

Sakarya Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü

E-Mail: rkeskin@sakarya.edu.tr

Prof. Dr. Halim ÖZDEMİR

Sakarya Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü

E-Mail: hozdemir@sakarya.edu.tr

Prof. Dr. Zafer ŐIAR

Bingöl Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakóltesi, Matematik Bölümü

E-Mail: zsiar@bingol.edu.tr

Prof. Dr. Uğur ÇAKILCIOęLU

Munzur Üniversitesi, Pertek Sakine Genç Meslek Yüksekokulu, Bitki Morfolojisi
ve Anatomisi Bölümü

E-Mail: ucakilcioglu@yahoo.com

Doç. Dr. Kamuran DİLSİZ

Bingöl Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakóltesi, Fizik Bölümü

E-Mail: kdilsiz@bingol.edu.tr

Doę. Dr. Őukran KONCA

Bakıręay Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakóltesi, Temel Bilimler,
Matematik Bölümü

E-Mail: sukran.konca@bakircay.edu.tr

Doę. Dr. İdris YAZGAN

Kastamonu Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakóltesi, Biyoloji

E-Mail: idrisyazgan@gmail.com

Doę. Dr. Abdulcabbar YAVUZ

Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakóltesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği

E-Mail: ayavuz@gantep.edu.tr

Doę. Dr. Bünyamin ALIM

Bayburt Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji
Bölümü

E-Mail: balim@bayburt.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Şükrü KURT

Erzurum Teknik Üniversitesi, Fen Fakóltesi, Temel Bilimler

E-Mail: mustafa.kurt@erzurum.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Sinan SAęIR

Karamanoęlu Mehmetbey Üniversitesi, Fizik

E-Mail: sinansagir@kmu.edu.tr / sinan.sagir@cern.ch

Dr. Öğr. Üyesi Murat AYDEMİR

Erzurum Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi, Temel Bilimler

E-Mail: murat.aydemir@erzurum.edu.tr

Mühendislik Bilimleri

Doç. Dr. Özgür ÖZGÜN

Bingöl Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü

E-Mail: oozgun@bingol.edu.tr

Prof. Dr. Figen KOREL

İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Bölümü

E-Mail: figenkorel@iyte.edu.tr

Prof. Dr. Kubilay ASLANTAŞ

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü

E-Mail: aslantas@aku.edu.tr

Prof. Dr. Hamit Özkan GÜLSOY

Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
Bölümü

E-Mail: ogulsoy@marmara.edu.tr

Prof. Dr. Ali Adnan HAYALOĞLU

İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

E-Mail: adnan.hayaloglu@inonu.edu.tr

Prof. Dr. Barbara SAWICKA

University of Life Sciences in Lublin, Department of Plant Production Technology
and Commodities Sciences

E-Mail: barbara.sawicka@gmail.com

Prof. Dr. İbrahim GÜNEŞ

Giresun Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

E-Mail: ibrahim.gunes@giresun.edu.tr

Doç. Dr. Sırma YEĞİN

Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü
E-Mail: sirma.yegin@ege.edu.tr

Doç. Dr. Hasan OĞUL

Sinop Üniversitesi, Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi, Nükleer Enerji
Mühendisliği
E-Mail: hogul@sinop.edu.tr

Doç. Dr. Murat YILMAZTEKİN

İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü
E-Mail: murat.yilmaztekin@inonu.edu.tr

Doç. Dr. Ferhat AYDIN

Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat
Mühendisliği Bölümü
E-Mail: ferhata@subu.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Nurullah DEMİR

Bingöl Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği
Bölümü
E-Mail: ndemir@bingol.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet GÜNER

Bingöl Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Elektrik ve Elektronik
Mühendisliği Bölümü
E-Mail: aguner@bingol.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Tahir AKGÜL

Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat
Mühendisliği Bölümü
E-Mail: tahirakgul@subu.edu.tr

Dr. Erhan Sulejmani

University of Tetova, Faculty of Food Technology and Nutrition
E-Mail: erhan.sulejmani@unite.edu.mk

Dr. Hacène Medjoudj

Larbi Ben M'Hidi University of Oum El Bouaghi, Food Science Department
E-Mail: medjoudjh@yahoo.com

Dr. Avinash Lakshmikanthan

Nitte Meenakshi Institute of Technology, Department of Mechanical Engineering,
Karnataka, India
E-Mail: avinash.laks01@gmail.com

Dr. Manjunath Patel GC

PES Institute of Technology and Management, Department of Mechanical
Engineering, Karnataka, India
E-Mail: manju09mpm05@gmail.com

Sağlık Bilimleri

Doç. Dr. Aydın Şükrü BENGÜ

Bingöl Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve
Teknikler
E-Mail: abengu@bingol.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Dilhun Keriman ARSERİM UÇAR

Bingöl Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü
E-Mail: dkucar@bingol.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Abdullah TUNÇ

Bingöl Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü
E-Mail: atunc@bingol.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Ramazan GÜNDOĞDU

Bingöl Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Eczane Hizmetleri
E-Mail: rgundogdu@bingol.edu.tr

Dr. Alexander HERGOVICH

UCL Cancer Institute, Faculty of Medical Sciences, Department of Cancer Biology,
UCL, London, UK
E-Mail: a.hergovich@uc.ac.uk

Dr. Valenti GOMEZ

UCL Cancer Institute, Faculty of Medical Sciences, Department of Oncology,
UCL, London, UK

E-Mail: valentin.gomez@ucl.ac.uk

Veterinerlik Bilimleri

Doç. Dr. Cüneyt ÇAĞLAYAN

Bingöl Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü

E-Mail: ccaglayan@bingol.edu.tr

Prof. Dr. Fatih Mehmet KANDEMİR

Atatürk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Veteriner Hekimliği Temel Bilimler

E-Mail: fmehmet.kandemir@atauni.edu.tr

Doç. Dr. Akın KIRBAŞ

Bozok Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Klinik Bilimler Bölümü

E-Mail: akindahiliye55@yahoo.com

Doç. Dr. Emrah Hicazi AKSU

Atatürk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Klinik Bilimler Bölümü

E-Mail: emrahaksu@atauni.edu.tr

Ziraat Bilimleri

Prof. Dr. Kağan KÖKTEN

Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü

E-Mail: kahafe1974@yahoo.com

Prof. Dr. Mustafa SÜRME

Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü

E-Mail: mustafa.surmen@adu.edu.tr

Prof. Dr. Banu YÜCEL

Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Hayvan Yetiştirme Anabilim Dalı, Zootekni
Bölümü

E-Mail: banu.yucel@ege.edu.tr

Doç. Dr. Hakan İNCİ

Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü
E-Mail: hinci@bingol.edu.tr

TEKNİK EDİTÖRLER

Dr. Mücahit ÇALIŞAN

Bingöl Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri
E-Mail: mcalisan@bingol.edu.tr

Dr. Ersin KARAKAYA

Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü
E-Mail: karakayaersin1982@gmail.com

Dr. Nimetullah KORKUT

Bingöl Üniversitesi, BİNUZEM, Bilgisayar Teknolojileri
E-Mail: nkorkut@bingol.edu.tr

DİL EDİTÖRÜ

Öğr. Gör. Ahmet KESMEZ

Bingöl Üniversitesi, Yabancı Diller Yüksekokulu, İngilizce Bölümü
E-Mail: akesmez@bingol.edu.tr



İÇİNDEKİLER/CONTENTS

<p>Bazı Çemen (<i>Trigonella foenum-graecum</i> L.) Genotiplerinin Vejetatif Aksam ve Tohumlarının Yağ Asit Kompozisyonunun Belirlenmesi</p> <p>Determination of Fatty Acid Composition of Some Fenugreek (<i>Trigonella foenum-graecum</i> L.) Genotypes Vegetative Parts and Seeds</p> <p>Fatma AKBAY^{1*}, Adem EROL¹</p> <p>¹ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bingöl, Türkiye Fatma AKBAY ORCID No: 0000-0002-0156-9974 Adem EROL ORCID No: 0000-0002-3381-8402</p> <p><i>*Sorumlu yazar: ftm.akbay01@gmail.com</i></p> <p>(Alınış: 08.06.2020, Kabul: 04.10.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	<p>1</p>
<p>Ayçiçeğinde Olgunlaşmamış Embriyo Kültürünün Generasyon Atlama Amaçlı Kullanımında Uygun Embriyo Yaşının Saptanması</p> <p>Determination of the Appropriate Embryo Age in the Use of Immature Embryo Culture in Sunflower for Shortening The Generation Time</p> <p>Ayşe Nuran ÇİL¹, Abdullah ÇİL¹, Hacer Mendi Burun¹, Hatice Hızlı¹, Uğur Sevilmiş¹, Rüştü Hatipoğlu²</p> <p>¹ Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Adana, Türkiye ² Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Adana, Türkiye Ayşe Nuran ÇİL ORCID No: 0000-0001-8520-6013 Abdullah ÇİL ORCID No: 0000-0003-3482-6946 Hacer Mendi Burun ORCID No: 0000-0002-5451-1397 Hatice Hızlı ORCID No: 0000-0003-3820-8387 Rüştü Hatipoğlu ORCID No: 0000-0002-7977-0782</p> <p><i>*Sorumlu yazar: aysenuran.cil@tarimorman.gov.tr</i></p> <p>(Alınış: 30.06.2020, Kabul: 28.01.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	<p>6</p>
<p>Dallı darı çeşitlerinde farklı sulama seviyelerinin biyokütle verimi ile değişik gelişme dönemleri için gerekli vejetasyon süresi ve GDD değerine etkilerinin belirlenmesi</p> <p>Determination of The Effects of Different Irrigation Levels on Biomass Yield and Vegetation Day and GDD Value Required for Different Growth Periods in Switchgrass Varieties</p>	<p>12</p>

<p style="text-align: center;">Erdal GÖNÜLAL^{1*}, Süleyman SOYLU²</p> <p>¹ Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü Tarla Bitkileri Bölümü, Konya, Türkiye</p> <p>² Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Konya, Türkiye Erdal GÖNÜLAL ORCID No: 0000-0002-1621-0892 Süleyman SOYLU ORCID No: 0000-0002-0420-5033</p> <p style="text-align: center;"><i>*Sorumlu yazar: erdalgonulal@hotmail.com</i></p> <p style="text-align: center;">(Alınış: 08.10.2020, Kabul: 07.09.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	
<p style="text-align: center;">Dağılımlı Zaman Gecikmeli Bir SIS Salgın Modelinin Kararlılığına İlişkin Bazı Sonuçlar</p> <p style="text-align: center;">Some Results Related to Stabilities of an SIS Epidemic Model with Distributed Time Delay</p> <p style="text-align: center;">Sümeyye ÇAKAN^{1*}</p> <p>¹ İnönü Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, Malatya, Türkiye Sümeyye ÇAKAN ORCID No: 0000-0001-8761-8564</p> <p style="text-align: center;"><i>*Sorumlu yazar: sumeyye.tay@inonu.edu.tr</i></p> <p style="text-align: center;">(Alınış: 21.10.2020, Kabul: 15.09.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	18
<p style="text-align: center;">Farklı LED Spektrumlarının Patlıcan Anterlerinde Haploid Bitki Oluşumuna Etkileri</p> <p style="text-align: center;">Effects of Different LED Spectra on Haploid Plant Formation in Eggplant Anthers</p> <p style="text-align: center;">Gülsün Elif VURAL^{1*}, Gamze ÇAKIRER SEYREK², Emine KIRBAY³, Sinan ZENGİN¹, Ş. Şebnem ELLİALTIOĞLU⁴, Köksal DEMİR²</p> <p>¹ Antalya Tarım Üretim Danışmanlık ve Pazarlama A.Ş., Antalya, Türkiye</p> <p>² Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Ankara, Türkiye</p> <p>³ Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Atatürk Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Ali Çetinkaya Kampüsü, Merkez, Afyonkarahisar, Türkiye</p> <p>⁴ Ankara Üniversitesi Teknokent, Ellialtıoğlu Tarım Teknolojileri Şti., Ankara, Türkiye</p> <p style="text-align: center;">Gülsün Elif VURAL ORCID No: 0000-0002-0128-1460 Gamze ÇAKIRER SEYREK ORCID No: 0000-0002-6225-9208 Emine KIRBAY ORCID No: 0000-0002-0343-0629 Sinan ZENGİN ORCID No: 0000-0002-1687-1906 Ş. Şebnem ELLİALTIOĞLU ORCID No: 0000-0002-3851-466X Köksal DEMİR ORCID No: 0000-0001-6120-7249</p> <p style="text-align: center;"><i>*Sorumlu yazar: elif.vural@antalyatarim.com.tr</i></p> <p style="text-align: center;">(Alınış: 23.12.2020, Kabul: 25.05.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	29
<p style="text-align: center;">Bingöl İli Merkez İlçe Köylerinde Uygulanan Arazi Toplulaştırma Projesinin Kırsal Alan Planlaması Yönüyle Değerlendirilmesi</p> <p style="text-align: center;">Evaluation of the Land Consolidation Project Implemented in the Villages of the Central District of Bingöl Province in Terms of Rural Area Planning</p>	34

<p style="text-align: center;">Hüsametlin DÖNER¹, Sebahattin KAYA^{2*}</p> <p>¹ Bingöl İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Arazi Toplulaştırma ve Tarımsal Altyapı Şube Müdürlüğü, Bingöl, Türkiye</p> <p>² Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bingöl, Türkiye</p> <p style="text-align: center;">Hüsametlin DÖNER ORCID No: 0000-0002-8857-3748 Sebahattin KAYA ORCID No: 0000-0003-3007-4177</p> <p style="text-align: center;">*Sorumlu Yazar: skaya@bingol.edu.tr</p> <p style="text-align: center;">(Alınış: 11.12.2020, Kabul: 26.11.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	
<p style="text-align: center;">Evaluation of Antioxidant and Protective Role of Hawthorn Fruit Lyophilized Extract Against Carbon Tetrachloride Toxicity in Rat</p> <p style="text-align: center;">Alıç Meyvesi Liyofilize Ekstraktının Sıçanlarda Karbon Tetraklorür Toksisitesine Karşı Antioksidan ve Koruyucu Rolünün Değerlendirilmesi</p> <p style="text-align: center;">Murat ALTINBAŞAK¹, İsmail ÇELİK^{2*}</p> <p>¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Dursun Odabaş Tıp Merkezi, Van, Türkiye</p> <p>²Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Van, Türkiye</p> <p style="text-align: center;">Murat ALTINBAŞAK ORCID No: 0000-0001-9058-1424 İsmail ÇELİK ORCID No: 0000-0003-2199-6348</p> <p style="text-align: center;">* Corresponding author: icelik@yyu.edu.tr</p> <p style="text-align: center;">(Alınış: 30.12.2020, Kabul: 01.07.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	42
<p style="text-align: center;">Hatay'a Özgü Kırmızı Ölmez Çiçek (Helichrysum sanguineum (L.) Kostel ile Sarı Ölmez Çiçeğin (Helichrysum stoeshas spp. barallieri) Biyo Aktif Özellikler</p> <p style="text-align: center;">Bio-Active Properties of Hatay-Specific Red Everlasting (Helichrysum sanguineum (L.) Kostel and Yellow Everlasting (Helichrysum stoeshas spp. baraleri)</p> <p style="text-align: center;">Hasan ASİL^{1*}, Selim TAŞGIN²</p> <p>¹ Hatay Mustafa Üniversitesi, Altınözü Tarım Bilimleri MYO, Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Programı, Hatay, Türkiye</p> <p>² Zeytincilik Araştırma Enstitüsü, Hatay, Türkiye</p> <p style="text-align: center;">Hasan ASİL ORCID No: 0000-0002-3690-1789 Selim TAŞGIN ORCID No: 0000-0001-8606-0626</p> <p style="text-align: center;">*Sorumlu yazar: hasanasil@mku.edu.tr</p> <p style="text-align: center;">(Alınış: 31.12.2020, Kabul: 03.06.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	48
<p style="text-align: center;">Makarnalık Buğday ve Triticale Çeşitlerinde Hasat Zamanı ve Azotlu Gübre Uygulamasının Tane Verimi ile Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi</p> <p style="text-align: center;">The Effect of Harvest Time and Nitrogen Fertilizer Application on Grain Yield and Some Quality Properties of Durum Wheat and Triticale Varieties</p>	53

<p style="text-align: center;">İlknur AKGÜN¹, Esra ÖZBEK², Aykut ŞENER^{3*}</p> <p>¹ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Isparta, Türkiye</p> <p>² Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Isparta, Türkiye</p> <p>³ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Isparta, Türkiye</p> <p style="text-align: center;">İlknur AKGÜN ORCID No: 0000-0002-7476-7226 Esra ÖZBEK ORCID No: 0000-0002-2147-9247 Aykut ŞENER ORCID No: 0000-0003-1868-9451</p> <p style="text-align: center;">*Sorumlu yazar: aykutsener@isparta.edu.tr</p> <p style="text-align: center;">(Alınış: 04.01.2021, Kabul: 16.08.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	
<p style="text-align: center;">Mimari Ölçütler Bakımından Bir Teknokent Binasının Değerlendirilmesi: İkizler Yazılımevi, ODTÜ-Teknokent</p> <p style="text-align: center;">Evaluation of a Technocity Building in Terms of Architectural Criteria: Twins Software House in METU-Technocity</p> <p style="text-align: center;">Dr. Hale DEMİR KAYAN^{1*}, Prof. Dr. Ayhan BEKLEYEN²</p> <p>¹ Dicle Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Diyarbakır, Türkiye</p> <p>² Dicle Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Diyarbakır, Türkiye</p> <p style="text-align: center;">Dr. Hale DEMİR KAYAN 0000-0002-3796-2567 Prof. Dr. Ayhan BEKLEYEN 0000-0003-0020-5877</p> <p style="text-align: center;">* Sorumlu yazar: haledemir@dicle.edu.tr</p> <p style="text-align: center;">(Alınış: 02.02.2021, Kabul: 15.06.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	64
<p style="text-align: center;">Plastik Parçalarda Federin Gerilmeler Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması</p> <p style="text-align: center;">Investigation Of Rib Effects On Strength In Polimer Part</p> <p style="text-align: center;">Abdulmecit GÜLDAŞ¹, Mehmet ALTUĞ^{2*}, Farnoud KHAKZAD³</p> <p>¹İmalat Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye</p> <p>²Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Malatya OSB MYO, İnönü Üniversitesi, Malatya, Türkiye</p> <p>³Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye</p> <p style="text-align: center;">Abdulmecit GÜLDAŞ ORCID No: 0000-0002-1865-2272 Mehmet ALTUĞ ORCID No: 0000-0002-4745-9164 Farnoud KHAKZAD ORCID No: 0000-0001-6530-6148</p> <p style="text-align: center;">* Sorumlu Yazar: mehmet.altug@inonu.edu.tr</p> <p style="text-align: center;">(Alınış: 09.02.2021, Kabul: 18.08.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	75
<p style="text-align: center;">The Inhibitory Effect of Poly (DMAA-co-MMA) on Bacteria, Yeast and Dermatophyte Fungi Which Cause Serious Illnesses in People</p> <p style="text-align: center;">İnsanlarda Ciddi Hastalıklara Neden Olan Bakteri, Maya ve Dermatofit Mantarları Üzerinde Poly (DMAA-co-MMA) 'nin İnhibe Edici Etkisi</p>	84

<p>Pınar ERECEVİT SÖNMEZ^{1*}, Güzin PIHTILI¹, Sevda KIRBAĞ²</p> <p>¹ Munzur Üniversitesi, Pertek Sakine Genç Meslek Yüksek Okulu, Tıbbi Hizmetler Bölümü, Tunceli, Türkiye</p> <p>² Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Elazığ, Türkiye Pınar ERECEVİT SÖNMEZ ORCID No: 0000-0003-2389-0694 Güzin PIHTILI ORCID No: 0000-0003-2261-6810 Sevda KIRBAĞ ORCID No: 0000-0002-4337-8236</p> <p><i>* Corresponding author: perecevit@munzur.edu.tr</i></p> <p>(Alınış: 20.02.2021, Kabul: 08.09.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	
<p>Fe ve Ti katkılı Çift Fazlı Kalsiyum Fosfatların Sentez ve Karakterizasyonu</p> <p>Synthesis and Characterization of Fe and Ti Doped Biphasic Calcium Phosphates</p> <p>Tankut ATEŞ^{1*}, Turan İNCE², Serdar ACAR², Ömer KAYGILI², Niyazi BULUT², Serhat KESER³, Süleyman KÖYTEPE⁴</p> <p>¹ Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Mühendislik Temel Bilimleri Bölümü, Malatya, Türkiye</p> <p>² Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, Elazığ, Türkiye</p> <p>³ Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Elazığ, Türkiye</p> <p>⁴ İnönü Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Malatya, Türkiye</p> <p>Tankut ATEŞ ORCID No: 0000-0002-4519-2953 Turan İNCE ORCID No: 0000-0001-7885-1882 Serdar ACAR ORCID No: 0000-0001-8172-6660 Ömer KAYGILI ORCID No: 0000-0002-2321-1455 Niyazi BULUT ORCID No: 0000-0003-2863-7700 Serhat KESER ORCID No: 0000-0002-9678-1053 Süleyman KÖYTEPE ORCID No: 0000-0002-4788-278X</p> <p><i>*Sorumlu yazar: tankut.ates@ozal.edu.tr</i></p> <p>(Alınış: 23.02.2021, Kabul: 18.11.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	89
<p>Floral origin, Antioxidant and Antimicrobial Activity of Some Floral Honey</p> <p>Bazı Çiçek Balların Botanik Çeşitliliği, Antioksidan ve Antimikrobiyal Aktivitesi</p> <p>İlginç KIZILPINAR TEMİZER^{1*}, Esra Deniz CANDAN¹, Aytaç GÜDER¹, Figen ÇİÇEK¹</p> <p>¹Giresun University, Vocational High School of Health Services, Department of Medical Services and Techniques, Giresun, Turkey</p> <p>İlginç KIZILPINAR TEMİZER ORCID No: 0000-0003-0425-5898 Esra Deniz CANDAN ORCID No: 0000-0003-2515-9643 Aytaç GÜDER ORCID No: 0000-0002-1190-8749 Figen ÇİÇEK ORCID No: 0000-0002-0821-800X</p> <p><i>* Corresponding author: ilginc.kizilpinar@giresun.edu.tr</i></p> <p>(Alınış: 01.03.2021, Kabul: 24.11.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	95
<p>Çatılı Bina Modellerinde Binalar Arası Mesafenin ve Bina Yüksekliğinin Akış Yapısı Üzerindeki Etkisinin Deneysel ve Sayısal Olarak İncelenmesi</p> <p>Experimental and Numerical Investigation of the Effect of Distance Between Buildings and Building Height At Roofed Building Models</p>	101

<p style="text-align: center;">Deniz GÖLBAŞI¹, Ertan BUYRUK², Koray KARABULUT^{3*}</p> <p>¹Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Müh. Bölümü, Sivas, Türkiye</p> <p>²Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Müh. Bölümü, Sivas, Türkiye</p> <p>^{3*}Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas Teknik Bilimler M. Y. O, Elektrik ve Enerji Bölümü, Sivas, Türkiye</p> <p style="text-align: center;">Deniz GÖLBAŞI ORCID No: 0000-0003-0080-9996 Ertan BUYRUK ORCID No: 0000-0002-6539-7614 Koray KARABULUT ORCID No: 0000-0001-5680-0988</p> <p style="text-align: center;"><i>*Sorumlu yazar: kkarabulut@cumhuriyet.edu.tr</i></p> <p style="text-align: center;">(Alınış: 08.03.21, Kabul: 03.08.21, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	
<p style="text-align: center;">Yapay Zekâ Yöntemleri ile Adıyaman ve Diyarbakır İstasyonlarının Aylık Tava Buharlaşmalarının Tahmin Edilmesi</p> <p style="text-align: center;">Estimation of Monthly Pan Evaporation of Adıyaman and Diyarbakır Stations with Artificial Intelligence Methods</p> <p style="text-align: center;">Veysel GÜMÜŞ^{1*}, Yunus YEŞİLTAŞ¹, Oğuz ŞİMŞEK¹</p> <p>¹ Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye</p> <p style="text-align: center;">Veysel GÜMÜŞ ORCID No: 0000-0003-2321-9526 Yunus YEŞİLTAŞ ORCID No: 0000-0002-2301-2712 Oğuz ŞİMŞEK ORCID No: 0000-0001-6324-0229</p> <p style="text-align: center;"><i>*Sorumlu yazar: gumus@harran.edu.tr</i></p> <p style="text-align: center;">(Alınış: 09.03.2021, Kabul: 07.09.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	112
<p style="text-align: center;">Sismik Taban Yalıtımlı Yapılarda Zaman Tanım Alanında Analiz ve Artımsal Tek Modlu İtme Yöntemlerinin Karşılaştırılması</p> <p style="text-align: center;">Comparison of Time History and Pushover Methods in Seismic Base Isolated Structures</p> <p style="text-align: center;">Elif TOPLU¹, Osman KIRTEL^{2*}</p> <p>¹ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye</p> <p>² Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye</p> <p style="text-align: center;">Elif TOPLU ORCID No: 0000-0001-8019-560X Osman KIRTEL ORCID No: 0000-0001-6451-0323</p> <p style="text-align: center;"><i>*Sorumlu yazar: okirtel@subu.edu.tr</i></p> <p style="text-align: center;">(Alınış: 16.03.2021, Kabul: 24.05.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	123
<p style="text-align: center;">Bingöl Üniversitesi Öğrencilerinin Atık Yönetimi – Geri Dönüşüm ve Çevre Konusundaki Bilinç ve Uygulama Düzeyleri Üzerine Bir Araştırma</p> <p style="text-align: center;">A Research on the Awareness and Practice Levels of Bingöl University Students on Waste Management - Recycling and Environment</p>	132

<p style="text-align: center;">Ayşenur AKBANA^{1*}, Müge YURTCAN²</p> <p>¹ Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Bingöl, Türkiye ² Bingöl Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Park ve Bahçe Bitkileri Bölümü, Bingöl, Türkiye</p> <p style="text-align: center;">Ayşenur AKBANA ORCID No: 0000-0003-0394-7278 Müge YURTCAN ORCID No: 0000-0003-1210-2787</p> <p style="text-align: center;"><i>*Sorumlu yazar: abektas@bingol.edu.tr</i></p> <p style="text-align: center;">(Alınış: 01.04.2021, Kabul: 14.06.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	
<p style="text-align: center;">Demir Noksanlığı Şartlarında Fasulye Çeşitlerinin Demir Beslenme Kabiliyetlerine Göre Gruplandırılması ve Çeşitlerin En İyi Demir Beslenme İndekslerinin Belirlenmesi</p> <p style="text-align: center;">Determination of the Best Iron Nutrition Indexes of Bean Cultivars in Iron Deficiency Conditions and Grouping of Varieties According to These Indexes</p> <p style="text-align: center;">Ahmet KORKMAZ^{1*}, İlkay ÇOKA², Güney AKINOĞLU¹</p> <p>¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun, Türkiye ²Mersin Üniversitesi, Mustafa Baysan Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Mersin, Türkiye</p> <p style="text-align: center;">Ahmet KORKMAZ ORCID No: 0000-0001-5595-0618 İlkay ÇOKA ORCID No: 0000-0001-8387-8457 Güney AKINOĞLU ORCID No: 0000-0003-4624-2876</p> <p style="text-align: center;"><i>*Sorumlu yazar: guney_akinoglu@ymail.com</i></p> <p style="text-align: center;">(Alınış: 06.04.2021, Kabul: 25.05.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	141
<p style="text-align: center;">Kivi'de (<i>Actinidia chinensis</i>) Hasat Öncesi Bazı Bitki Büyüme Düzenleyici Uygulamaların Meyve Kalitesi Üzerine Etkileri</p> <p style="text-align: center;">The Effects of Some Plant Growth Regulator Treatments on Fruit Quality in Kivi (<i>Actinidia chinensis</i>)</p> <p style="text-align: center;">Umut BALIKÇI¹, Adnan N. YILDIRIM^{1*}, Selçuk BİNİCİ</p> <p>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Merkez, Isparta¹</p> <p style="text-align: center;">Umut BALIKÇI ORCID No: 0000-0001-7007-3780 Adnan Nurhan YILDIRIM ORCID No: 0000-0003-2526-040X Selçuk BİNİCİ ORCID No: 0000-0002-2373-3990</p> <p style="text-align: center;"><i>*Sorumlu yazar: adnanyildirim@isparta.edu.tr</i></p> <p style="text-align: center;">(Alınış: 28.04.2021, Kabul: 14.06.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	148
<p style="text-align: center;">Stiren-Bütadien Kauçuk Lateks Modifiyeli Harçların Erken Yaştaki Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi</p> <p style="text-align: center;">Investigation of Physical and Mechanical Properties of Styrene-Butadiene Rubber Latex Modified Mortars at Early Age</p>	154

<p>Kasım MERMERDAŞ^{1*}, Zeynep ALGIN¹, Şevin EKME¹, Metin KARADAĞ¹ ¹Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye Kasım MERMERDAŞ ORCID No: 0000-0002-1274-6016 Zeynep ALGIN ORCID No: 0000-0001-7004-8403 Şevin EKME ORCID No: 0000-0002-2577-696X Metin KARADAĞ ORCID No: 0000-0002-1883-1078</p> <p>*Sorumlu yazar: <i>kasim.mermerdas@harran.edu.tr</i></p> <p>(Alınış: 30.04.2021, Kabul: 29.09.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	
<p>Antimicrobial Activity of Pigments Extracted from <i>Auxenochlorella protothecoides</i> SC3 against <i>Pseudomonas aeruginosa</i></p> <p>Auxenochlorella protothecoides SC3'ten Ekstre Edilen Pigmentlerin <i>Pseudomonas aeruginosa</i>'ya karşı Antimikrobiyal Aktivitesinin Değerlendirilmesi</p> <p>Elif ARSLAN^{1,2}, Şeymanur ÇOBANOĞLU^{1,2}, Ayşenur YAZICI^{1,2*}</p> <p>¹ Erzurum Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Erzurum, Türkiye ² Erzurum Teknik Üniversitesi, Yüksek Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (YUTAM), Erzurum, Türkiye</p> <p>Elif ARSLAN ORCID No: 0000-0001-7310-241X Şeymanur ÇOBANOĞLU ORCID No: 0000-0002-2805-0523 Ayşenur YAZICI ORCID No: 0000-0002-3369-6791</p> <p>* <i>Corresponding author: aysenur.ozdemir@erzurum.edu.tr</i></p> <p>(Alınış: 30.04.2021, Kabul: 12.10.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	163
<p>Investigation of Nonlinear Wave Solutions in Fluid Mechanics</p> <p>Akışkanlar Mekaniğinde Doğrusal Olmayan Dalga Çözümlerinin İncelenmesi</p> <p>Tolga AKTÜRK^{1*}, Yusuf GUREFE²</p> <p>¹ Ordu University, Faculty of Education, Department of Mathematics and Science Education, Ordu, Turkey ² Mersin University, Faculty of Sciences, Department of Mathematics, Mersin, Turkey</p> <p>Tolga AKTÜRK ORCID No: 0000-0002-8873-0424 Yusuf GUREFE ORCID No: 0000-0002-7210-5683</p> <p>* <i>Corresponding author: tolgaakturk@odu.edu.tr</i></p> <p>(Alınış: 03.05.2021, Kabul: 18.09.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	168
<p><i>Asphodeline baytopiae</i>'nin (Xanthorhoeaceae) Farklı Kısımlarından Elde Edilen Ekstraktların Antioksidan ve Enzim İnhibitör Özellikleri Üzerine Bir Çalışma</p> <p>A Study on Antioxidant and Enzyme Inhibitory Properties of Extracts from Different Parts of <i>Asphodeline baytopae</i> (Xanthorhoeaceae)</p> <p>Gökhan ZENGİN^{1*}, Güneş AK¹, Abdurrahman AKTÜMSEK¹</p> <p>¹ Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Konya, Türkiye Gökhan ZENGİN ORCID No: 0000-0001-6548-7823 Güneş AK ORCID No: 0000-0002-9539-0763</p>	174

<p>Abdurrahman AKTÜMSEK ORCID No: 0000-0002-5151-2650</p> <p><i>*Sorumlu yazar: gokhanzengin@selcuk.edu.tr</i></p> <p>(Alınış: 18.02.2021, Kabul: 26.04.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	
<p>Rhizospheric PGPR Strains of Wheat, Barley and Trefoil Grown in Ağrı Province</p> <p>Ağrı İlinde Yetiştirilen Buğday, Arpa ve Yoncanın Rhizosferik PGPR Suşları</p> <p>Burak ALAYLAR^{1*}, Medine GULLUCE², Mehmet KARADAYI², Taha Yasin KOC³, Gökce KARADAYI⁴</p> <p>^{1*}Agri Ibrahim Cecen University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Molecular Biology and Genetics, Agri, Turkey</p> <p>² Ataturk University, Faculty of Science, Department of Biology, Erzurum, Turkey</p> <p>³ Ataturk University, Institute of Natural and Applied Sciences, Erzurum, Turkey</p> <p>⁴ Ataturk University, Faculty of Science, Department of Molecular Biology and Genetics, Erzurum, Turkey</p> <p>Burak ALAYLAR ORCID No: 0000-0001-6737-3440 Medine GULLUCE ORCID No: 0000-0002-5957-8259 Mehmet KARADAYI ORCID No: 0000-0002-2473-0409 Taha Yasin KOC ORCID No: 0000-0002-7786-5462 Gökce KARADAYI ORCID No: 0000-0003-2044-9609</p> <p><i>*Corresponding author: balaylar@agri.edu.tr</i></p> <p>(Alınış: 16.05.2021, Kabul: 04.11.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	<p>182</p>
<p>Derin Transfer Öğrenimi Yaklaşımı ile Kamusal Alanda Medikal Maske Kullanımının Otomatik Kontrolü</p> <p>Automatic Control of Using Medical Mask in Public Space by Deep Transfer Learning Approach</p> <p>Hasan POLAT^{1*}, Mehmet Sıraç ÖZERDEM²</p> <p>¹Bingöl Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Bingöl, Türkiye</p> <p>²Dicle Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye</p> <p>Hasan POLAT ORCID No: 0000-0001-5535-4832 Mehmet Sıraç ÖZERDEM ORCID No: 0000-0002-9368-8902</p> <p><i>*Sorumlu yazar: hasanpolat@bingol.edu.tr</i></p> <p>(Alınış: 04.06.2021, Kabul: 10.07.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	<p>191</p>
<p>Production of ZnFe₂O₄ Doped Carbon Cloth-Based Flexible Composite Electrodes for Supercapacitors</p> <p>Süper Kapasitörler için ZnFe₂O₄ Katkılı Karbon Kumaş Bazlı Esnek Yapılı Kompozit Elektrotların Üretimi</p> <p>Safa POLAT^{1*}</p> <p>¹ Karabuk University, Material Research and Development Centre, Turkey Safa POLAT ORCID No: 0000-0002-3835-8425</p>	<p>199</p>

<p style="text-align: center;"><i>*Corresponding author: safapolat@karabuk.edu.tr</i></p> <p style="text-align: center;">(Alınış: 17.06.2021, Kabul: 18.08.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	
<p style="text-align: center;">Synthesis of N-Doped Carbon Quantum Dots by Hydrothermal Synthesis Method and Investigation of Optical Properties</p> <p style="text-align: center;">Hidrotermal Sentez Yöntemi ile N-Katkılı Karbon Kuantum Noktaları Sentezi ve Optik Özelliklerinin Araştırılması</p> <p style="text-align: center;">Sadiye Kübra BAŞKAYA¹, Mustafa ÇEŞME^{2*}</p> <p>¹ Department of Materials Science and Engineering, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Kahramanmaraş, Turkey</p> <p>² Department of Chemistry, Faculty of Art and Sciences, Kahramanmaraş Sütçü İmam University, 46040, Kahramanmaraş, TURKEY</p> <p>Sadiye Kübra BAŞKAYA ORCID No: 0000-0001-7940-3571</p> <p>Mustafa ÇEŞME ORCID No: 0000-0002-2020-5965</p> <p style="text-align: center;"><i>* Corresponding author: mustafacesme@msn.com</i></p> <p style="text-align: center;">(Alınış: 23.06.2021, Kabul: 30.07.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	206
<p style="text-align: center;">Meme Kanseri Tümörlerinin Derin Öğrenme Algoritmaları ile Sınıflandırılması</p> <p style="text-align: center;">Classification of Breast Cancer Tumors with Deep Learning Algorithms</p> <p style="text-align: center;">Seda Nur ÖZGÜR¹, Sinem BOZKURT KESER^{1*}</p> <p>¹ Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye</p> <p>Seda Nur ÖZGÜR ORCID No: 0000-0001-8771-234X</p> <p>Sinem BOZKURT KESER ORCID No: 0000-0002-8013-6922</p> <p style="text-align: center;"><i>*Sorumlu yazar: sbozkurt@ogu.edu.tr</i></p> <p style="text-align: center;">(Alınış: 25.06.2021, Kabul: 17.10.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	212
<p style="text-align: center;">Alizarin Red S'in Silika Jel Üzerindeki Çözeltiden Adsorpsiyonu: Denge İzotermeleri ve Kinetik İncelemeler</p> <p style="text-align: center;">Adsorption of Alizarin Red S from Solution on Silicagel: Equilibrium Isotherms and Kinetic Investigations</p> <p style="text-align: center;">İbrahim GÖZETEN^{1*}, Ali SAVRAN²</p> <p>¹ Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Van, Türkiye</p> <p>² Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Van, Türkiye</p> <p>İbrahim GÖZETEN ORCID No: 0000-0003-0346-9958</p> <p>Ali SAVRAN ORCID No: 0000-0003-2099-7277</p> <p style="text-align: center;"><i>*Sorumlu yazar: ibrahim6349@hotmail.com</i></p> <p style="text-align: center;">(Alınış: 26.07.2021, Kabul: 15.09.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	223
<p style="text-align: center;">Anlaşılabilir Sınıflandırma Kurallarının Ayçiçeği Optimizasyon Algoritması ile Otomatik Keşfi</p> <p style="text-align: center;">Automatic Discovery of Comprehensible Classification Rules with Sunflower Optimization Algorithm</p>	233

<p style="text-align: center;">Suna YILDIRIM¹, Güngör YILDIRIM², Bilal ALATAŞ³</p> <p style="text-align: center;">¹ Elazığ İl Özel İdaresi, Bilgi İşlem Birimi, Elazığ, Türkiye ² Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye ³ Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Yazılım Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye</p> <p style="text-align: center;">Suna YILDIRIM ORCID No: 0000-0002-8246-0515 Güngör YILDIRIM ORCID No: 0000-0002-4096-4838 Bilal ALATAŞ ORCID No: 0000-0002-3513-0329</p> <p style="text-align: center;"><i>*Sorumlu yazar: sunayildirim23@gmail.com</i></p> <p style="text-align: center;">(Alınış: 30.07.2021, Kabul: 30.09.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	
<p style="text-align: center;">Görüntü Bölütleme İçin Fourier Dönüşümü, Hessian Matris Ve Özdeğerler Kullanılarak Yeni Bir Aktif Kontur Modeli</p> <p style="text-align: center;">A New Active Contour Model Using Fourier Transform, Hessian Matrix And Eigenvalues For Image Segmentation</p> <p style="text-align: center;">Kazım HANBAY^{1*}</p> <p style="text-align: center;">¹ İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Yazılım Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye Kazım HANBAY ORCID No: 0000-0003-1374-1417</p> <p style="text-align: center;"><i>*Sorumlu yazar: kazimhanbay@gmail.com</i></p> <p style="text-align: center;">(Alınış: 02.08.2021, Kabul: 09.08.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	242
<p style="text-align: center;">Türkiye’de Atık Üretimini Etkileyen Faktörlerin Logit-Probit Modeller ile Belirlenmesi</p> <p style="text-align: center;">Determination of Factors Affecting Waste Production in Turkey with Logit-Probit Models</p> <p style="text-align: center;">Özlem AKAY^{1*}</p> <p style="text-align: center;">¹ Gaziantep İslam Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Temel Tıp Bilimleri Bölümü, Gaziantep, Türkiye Özlem AKAY ORCID No: 0000-0002-9539-7252</p> <p style="text-align: center;"><i>*Sorumlu yazar: ozlem.akay@gibtu.edu.tr</i></p> <p style="text-align: center;">(Alınış: 26.08.2021, Kabul: 14.10.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	248
<p style="text-align: center;">Bakırın Asidik Ortamdaki Korozyonuna Hurma (<i>Phoenix dactylifera</i>) Çekirdeğinin İnhibisyon Etkisinin İncelenmesi</p> <p style="text-align: center;">Investigation of the Inhibition Effect of Palm (<i>Phoenix dactylifera</i>) Seed to the Corrosion of Copper</p> <p style="text-align: center;">Ece ALTUNBAŞ ŞAHİN¹, Yeşim AYDIN DURSUN², Mehmet TUNÇ³, İbrahim Halil GEÇİBESLER³, Ramazan SOLMAZ³</p> <p style="text-align: center;">¹Bingöl Üniversitesi, Genç MYO, Sivil Savunma ve İtfaiyecilik Programı, 12000 Bingöl/Türkiye ²Bingöl Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü, 12000 Bingöl/Türkiye ³Bingöl Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü,</p>	258

<p style="text-align: center;">12000, Bingöl/Türkiye Ece ALTUNBAŞ ŞAHİN ORCID No: 0000-000232010487 Yeşim AYDIN DURSUN ORCID ID: 0000-0003-2052-8817 Mehmet TUNÇ ORCID ID:0000-0002-3757-2315 İbrahim Halil GEÇİBESLER ORCID ID: 0000-0002-4473-2671 Ramazan SOLMAZ ORCID ID: 0000-0002-9295-1203</p> <p style="text-align: center;"><i>*Sorumlu yazar: ealtunbassahin@gmail.com, easahin@bingol.edu.tr</i></p> <p style="text-align: center;">(Alınış: 15.09.2021, Kabul: 13.10.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	
<p style="text-align: center;">IoT Based Street Lighting and Computer Aided Control</p> <p style="text-align: center;">IoT Tabanlı Sokak Aydınlatması ve Bilgisayar Destekli Kontrolü</p> <p style="text-align: center;">Turgut ÖZSEVEN^{1*}, Merve Nur SAĞLAM^{2*}</p> <p>¹Department of Computer Engineering, Tokat Gaziosmanpasa University, Tokat, Turkey</p> <p>²Department of Mechatronic Engineering, Tokat Gaziosmanpasa University, Tokat, Turkey</p> <p style="text-align: center;">Turgut ÖZSEVEN ORCID No: 0000-0002-6325-461X Merve Nur SAĞLAM ORCID No: 0000-0003-0596-1639</p> <p style="text-align: center;"><i>*Corresponding author: turgut.ozseven@gop.edu.tr</i></p> <p style="text-align: center;">(Alınış: 17.09.2021, Kabul: 04.10.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	265
<p style="text-align: center;">Melatonin Enhances the Chemosensitivity of Pancreatic Carcinoma Cells (PANC-1) to Cisplatin and Cetuximab through Modulation of p21, p27, p53, p57, MDM2, and KRAS Genes</p> <p style="text-align: center;">Melatonin, p21, p27, p53, p57, MDM2 ve KRAS Genlerinin Modülasyonu Yoluyla Pankreas Karsinomu Hücrelerinin (PANC-1) Cisplatin ve Cetuximab'a Kemosensitivitesini Artırır</p> <p style="text-align: center;">Cihan GÜR^{1*}, Seçkin ÖZKANLAR¹</p> <p>¹ Atatürk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Biyokimya Anabilim Dalı, Erzurum, Türkiye</p> <p style="text-align: center;">Cihan GÜR ORCID No: 0000-0001-6775-7858 Seçkin ÖZKANLAR ORCID No: 0000-0001-7717-797X</p> <p style="text-align: center;"><i>* Corresponding author: cihan.gur@atauni.edu.tr</i></p> <p style="text-align: center;">(Alınış: 20.09.2021, Kabul: 09.11.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	275
<p style="text-align: center;">The Cost of Diaphragm Wall Construction by the Well Method on Cohesive and Non-Cohesive Soils</p> <p style="text-align: center;">Kohezyonlu ve Kohezyonsuz Zeminlerde Kuyu Yöntemi ile İnşa Edilen Diyafram Duvar Maliyeti</p> <p style="text-align: center;">Gamze BİLGEN^{1*}, Eray AFŞAR²</p> <p>¹ Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Alaplı MYO, İnşaat Bölümü, Zonguldak, Türkiye</p> <p>² Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Zonguldak, Türkiye</p> <p style="text-align: center;">Gamze BİLGEN ORCID No: 0000-0002-2840-7369</p>	283

<p>Eray AFŞAR ORCID No: 0000-0002-7874-6326</p> <p>* <i>Corresponding author: gamzebilgen@beun.edu.tr</i></p> <p>(Alınış: 27.10.2021, Kabul: 16.11.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	
<p>Probing Compressed Slepton Production at Future Large Hadron Collider</p> <p>Büyük Hadron Çarpıştırıcısında Slepton Sinyalinin Küçük Kütle Farkı Durumunda İncelenmesi</p> <p>Ali ÇELİK^{1*}, Fatma Betül GÜZELOĞLU²</p> <p>¹ Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Burdur, Türkiye</p> <p>² Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Burdur, Türkiye</p> <p>Ali ÇELİK ORCID No: 0000-0001-8218-6512 Fatma Betül GÜZELOĞLU ORCID No: 0000-0002-0633-340X</p> <p>* <i>Corresponding author: ali.celik@cern.ch</i></p> <p>(Alınış: 04.11.2021, Kabul: 20.11.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	<p>290</p>
<p>İfosfamid ve Kurkumin Kombinasyonun Küçük Hücreli Dışı Akciğer Kanseri Hücrelerinde Apoptotik Biyobelirteçler ve Hücre Göçü Üzerine Etkileri</p> <p>Effects of Ifosfamide and Curcumin Combination on Apoptotic Biomarkers and Cell Migration in Non-Small Cell Lung Cancer Cell</p> <p>Dursun ÖZDEMİR¹, Kemalcan ŞATANA¹, Deniz ÖZDEMİR¹, Mehmet ÇİFTÇİ², Can Ali AĞCA^{1*}</p> <p>¹ Bingöl Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Bingöl, Türkiye</p> <p>² Bingöl Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Bingöl, Türkiye</p> <p>Dursun ÖZDEMİR ORCID No: 0000-0002-1233-7191 Kemalcan ŞATANA ORCID No: 0000-0002-9498-3655 Deniz ÖZDEMİR ORCID No: 0000-0001-7659-742X Mehmet ÇİFTÇİ ORCID No: 0000-0002-1748-3729 Can Ali AĞCA ORCID No: 0000-0002-0244-3767</p> <p>*<i>Sorumlu yazar: caagca@bingol.edu.tr</i></p> <p>(Alınış: 28.06.2021, Kabul: 20.12.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	<p>295</p>
<p>Propolisin Coronavirüslerle Karşı Potansiyel Etkileri</p> <p>Potential Effects of Propolis Against Coronaviruses</p> <p>Enes KAYA¹, Ebubekir İZOL¹, Metin GÜRÇAY^{2*}, Halil ŞİMŞEK³</p> <p>¹ Bingöl Üniversitesi, Rektörlük, PİKOM Bölümü, Bingöl, Türkiye</p> <p>² Bingöl Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Klinik Öncesi Bilimler Bölümü, Bingöl, Türkiye</p> <p>³ Bingöl Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Bingöl, Türkiye</p> <p>Enes KAYA ORCID No: 0000-0003-3973-168X Ebubekir İZOL ORCID No: 0000-0003-0788-4999</p>	<p>303</p>

<p>Metin GÜRÇAY ORCID No : 0000-0001-9160-7454 Halil ŞİMŞEK ORCID No : 0000-0002-9637-1265</p> <p><i>*Sorumlu yazar: mgurcay@bingol.edu.tr</i></p> <p>(Alınış: 06.01.2021, Kabul: 12.10.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	
<p>Kimyasal Gübre Tüketiminde Değişim İhtiyacı: Şanlıurfa İli Potasyumlu Gübre Tüketim Örneği</p> <p>The Need for Change in Chemical Fertilizer Consumption: An Example of Potassium Fertilizer Consumption in Şanlıurfa Province</p> <p>Mustafa KAPLAN^{1*}, Gafur GÖZÜKARA²</p> <p>¹ Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Antalya, Türkiye</p> <p>² Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Eskişehir, Türkiye</p> <p>Mustafa KAPLAN ORCID No: 0000-0002-8879-6271 Gafur GÖZÜKARA ORCID No: 0000-0003-0940-5218</p> <p><i>*Sorumlu yazar: mkaplan@akdeniz.edu.tr</i></p> <p>(Alınış: 09.10.2020, Kabul: 13.12.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	312
<p>Süt İneklerinde Ağız Sütü Kalitesini Etkileyen Faktörler, Ağız Sütü Kalitesinin ve Pasif Transferin Etkinliğinin Ölçümü</p> <p>Factors Affecting Colostrum Quality in Dairy Cows, Measurement of Colostrum Quality and Efficiency of Passive Transfer</p> <p>Ahmet GÖZER¹, Onur BAHAN², Mustafa Kemal SARIBAY^{1*}, Emre KARSAVURANOĞLU¹</p> <p>¹ Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Klinik Bilimler Bölümü, Veterinerlik Doğum ve Jinekolojisi Anabilim Dalı, Hatay, Türkiye</p> <p>² Yozgat Bozok Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Klinik Bilimler Bölümü, Veterinerlik Doğum ve Jinekolojisi Anabilim Dalı, Yozgat, Türkiye</p> <p>Ahmet GÖZER ORCID No: 0000-0001-8658-5916 Onur BAHAN ORCID No: 0000-0003-0878-6338 Mustafa Kemal SARIBAY ORCID No: 0000-0002-9903-4942 Emre KARSAVURANOĞLU ORCID No: 0000-0002-9771-8750</p> <p><i>*Sorumlu yazar: saribaymk@yahoo.com</i></p> <p>(Alınış: 10.03.2021, Kabul: 21.10.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	317
<p>Nörodegeneratif Hastalıkların Tedavisinde Nöroprotektif Ajan Olarak Tıbbi Bitkiler ve Fitokimyasallar</p> <p>Medicinal Plants and Phytochemicals as Neuroprotective Agents in the Treatment of Neurodegenerative Diseases</p> <p>Sevgi GEZİCİ^{1*}, Didem KOÇUM²</p> <p>¹ Gaziantep Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Temel Tıp Bilimleri, Tıbbi Biyoloji Anabilim Dalı, Gaziantep Türkiye</p> <p>² Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik</p>	325

<p>Bölümü, Kilis, Türkiye Sevgi GEZİCİ ORCID No: 0000-0002-4856-0221 Didem KOÇUM ORCID No: 0000-0003-2519-0608</p> <p><i>*Sorumlu yazar: sevgigezici@gantep.edu.tr</i></p> <p>(Alınış: 01.08.2021, Kabul: 29.09.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	
<p>mRNA SARS-CoV2 Specific and Childhood Vaccines against Covid-19 Pandemic</p> <p>Covid-19'a karşı mRNA SARS-CoV2 spesifik ve Çocukluk Dönemi Aşları</p> <p>İdris YAZGAN</p> <p>Kastamonu Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Kastamonu, Türkiye</p> <p>İdris YAZGAN ORCID No: 0000-0002-0264-1253</p> <p><i>* Corresponding author: iyazgan@kstamonu.edu.tr</i></p> <p>(Alınış: 13.09.2021, Kabul: 11.11.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)</p>	338



Bazı Çemen (*Trigonella foenum-graecum* L.) Genotiplerinin Vejetatif Aksam ve Tohumlarının Yağ Asit Kompozisyonunun Belirlenmesi

Fatma AKBAY^{1*}, Adem EROL¹

¹ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bingöl, Türkiye

Fatma AKBAY ORCID No: 0000-0002-0156-9974

Adem EROL ORCID No: 0000-0002-3381-8402

*Sorumlu yazar: ftm.akbay01@gmail.com

(Alınış: 08.06.2020, Kabul: 04.10.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Anahtar Kelimeler

Çemen,
Yağ asit
bileşenleri,
Trigonella foenum-graecum L.

Öz: Bu araştırma; 18 farklı çemen genotipinin vejetatif aksam ve tohumlarının yağ asit kompozisyonunu belirlemek üzere Kahramanmaraş ekolojik koşullarında 2016-2017 yılı içerisinde yürütülmüştür. Deneme tesadüf bloklar deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Çalışma sonuçlarına göre çemen bitkisinin vejetatif aksamının yağ asit bileşenleri; araşidik asit %37,34-50,92, linoleik asit %14,15-29,83, palmitik asit %10,01-12,37, bütirik asit %3,42-9,28, elaidik asit %2,15-11,14, stearik asit %2,33-3,03 ve oleik asit %0,20-0,51 arasında değiştiği belirlenmiştir. Çemen tohumlarının yağ asit bileşenleri ise; linolenik asit %36,92-43,82, gama linoleik asit %23,39-29,74, oleik asit %12,79-19,27, palmitik asit %9,77-13,68 ve stearik asit %3,5-4,8 arasında değiştiği saptanmıştır. Çalışmada çemen tohumların yağ oranı %3,01-5,34 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

1

Determination of Fatty Acid Composition of Some Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) Genotypes Vegetative Parts and Seeds

Keywords

Fenugreek,
Oil acid
components,
Trigonella foenum-graecum L.

Abstract: This research was carried out in 2016-2017 under the ecological conditions of Kahramanmaraş to determine the fatty acid composition of above ground parts and seeds of 18 different fenugreek genotypes. The experiment was set up in a Randomized Complete Block Design with three replications. According to the results of the study, the fatty acid components of the vegetative component of the fenugreek plant; arachidic acid 37.34-50.92%, linoleic acid 14.15-29.83%, palmitic acid 10.01-12.37%, butyric acid 3.42-9.28%, elaidic acid 2.15-11.14%, stearic acid 2.33-3.03% and oleic acid 0.20-0.51% it has been determined that it has changed. When the fatty acid components of fenugreek seeds are examined; It was found that linoleic acid ranged between 36.92-43.82%, linolenic acid 23.39-29.74%, oleic acid 12.79-19.27%, palmitic acid 9.77-13.68% and stearic acid 3.5-4.8%. In addition, it has been determined that the oil content of seeds varies between 3.08-5.34%.

1. GİRİŞ

Çemen; *Trigonella foenum-graecum* L., tek yıllık ve dünyanın birçok yerinde baharat amaçlı yetiştirilen bir baklagil bitkisidir. Batı-Güney Asya, Avrupa, Kuzey-Güney Amerika, Kuzey Afrika ve Avustralya kıtalarında yetiştiği bilinmektedir [1]. Çemen bitkisi tıp, geleneksel tıp, eczacılık ve kozmetik gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Gıda endüstrisinde lezzet arttırıcı, bakteriyel hastalıkları önleme ve raf ömrünü uzatmak için kullanıldığı bilinmektedir [2]. Tıpta ise infüzyonlar, su ve alkol özleri, tentürler, antidepresan ilaçları ve kas büyüme takviyeleri

hazırlamak için kullanılmaktadır [3]. Yaprakları sebze olarak tüketilip salata yapımında, yeşil otu ise hayvan beslenmesinde iyi bir protein kaynağıdır. Ayrıca sığırlarda şişmeye neden olmaması ve diosgenin gibi hayvan büyümesini teşvik eden maddeler içermesi nedeniyle yüksek kaliteli bir yem olarak tanımlanmaktadır [4,5].

Tohumları fosfor, kükürt, magnezyum ve kalsiyum gibi elementler bakımından zengindir ancak çinko, manganez ve bakır daha az miktarda ihtiva etmektedir [3]. Çemen tohumları flavonoidler, kolin, karoten, trigonellin ve diğer fonksiyonel elementler içeren uçucu yağları içermektedir [6]. Tohumları doymamış

yağ asitleri açısından da zengindir [7]. Doymuş ve doymamış yağ asitleri insan ve hayvan beslenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle F vitamini olarak adlandırılan linoleik, linolenik ve araşhidik asit esansiyel yağ asitleri olarak bilinmektedir. Bu organizmalar hayvanlar tarafından sentez edilemedikleri için gıdalar vasıtasıyla alınmaktadır. Linoleik asit (omega 6) ve oleik asit (omega 9) beyin büyümesi, bağışıklık sistemini güçlendirmesi ve kalp hastalığını önlemesi gibi hayati fonksiyonları etkilediği bilinmektedir [8]. Palmitik ve stearik asit bitkideki en önemli doymuş yağ asidi olarak tanımlanmaktadır [9]. Araşhidik asit ise kanser tedavisinde kullanılarak tümör hücrelerinin azaltılmasını sağlamaktadır [10].

Bu çalışma; Kahramanmaraş ekolojik koşullarında farklı çemen genotiplerinin vejetatif aksamı ve tohumlarının yağ asit bileşenlerini belirlemek için gerçekleştirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Bu araştırma, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümüne ait araştırma ve uygulama alanında 2016-2017 yetiştirme sezonunda yürütülmüştür. Kahramanmaraş ili Türkiye'nin 37° 36' Kuzey enlemleri ve 46° 56' Doğu boylam dereceleri arasında yer almakta ve bölgede yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı hava hâkim olmaktadır. Tablo 1'deki iklim verileri incelendiğinde ekimin yapıldığı dönemde toplam yağış 522,6 mm olarak gerçekleşmiş ve en yüksek yağış Ocak ayında, en düşük yağış ise Haziran ayında gerçekleşmiştir. En yüksek sıcaklık 26,4 °C ile Haziran ayında, en düşük sıcaklık 3,8 °C ile Ocak ayında gerçekleşmiştir. Ekimin yapıldığı dönemde ortalama nispi nem %53,7 olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 1. Kahramanmaraş İlinin 2016-2017 İklim Verileri (Kahramanmaraş Meteoroloji Müdürlüğü)

	Ortalama sıcaklık (°C)	Toplam yağış (mm)	Ortalama Nispi Nem (%)
Kasım	11,1	36,8	49,5
Aralık	4,5	105,0	67,9
Ocak	3,8	126,7	65,9
Şubat	7,4	3,7	44,0
Mart	12,2	74,5	55,4
Nisan	15,8	67,8	49,0
Mayıs	19,6	105,0	55,0
Haziran	26,4	3,1	42,9
Ort./Top.	12,6	522,6	53,7

Araştırmanın kurulduğu 0-30 cm'lik kısımdan alınan toprak örneğine göre deneme alanı killi bir yapıya sahiptir. Topraktaki potasyum (K₂O) 53 kg da⁻¹, yarıyıllı fosfor (P₂O₅) 6,29 kg da⁻¹, topraktaki organik madde miktarı %1,66, kireç miktarı %3,91 (CaCO₃) ve pH değeri 7,66 olarak belirlenmiştir. Analiz sonucuna göre topraktaki bitki için yarıyıllı potasyum yüksek seviyede ve yarıyıllı fosforun orta seviyede olduğu saptanmıştır.

Çalışma tesadüf bloklar deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Araştırmada kullanılan çemen genotiplerinin 5'i yurt dışından

(Afganistan 1, Afganistan 2, Irak 1, Irak 2, Irak 3) ve 13 genotip yurt içinden (Adana 1, Adana 2, Adana 3, Mardin 1, Urfa 1, Urfa 2, Urfa 3, Urfa 4, Antep 1, Antep 2, Kayseri 1, Maraş 1, Maraş 2) temin edilmiştir. Denemede her parsel 5 m uzunluğunda 20 cm sıra aralıklı 6 ekim sırasından oluşmuştur. Genotiplerin bin tane ağırlıklarına göre yaklaşık 4 kg da⁻¹ tohum düşecek şekilde her sıraya elle ekim yapılmıştır ve ekim ile birlikte 3 kg da⁻¹ N ve 8 kg da⁻¹ P₂O₅ gübreleri uygulanmıştır.

Denemede, her parselin yanlardan birer sıra kenar tesir bırakıldıktan sonra 4 sıranın başından ve sonundan 25 cm'lik kısım atılmıştır. Parseldeki 0,4 m²'lik alandan vejetatif aksam için örnekler alınmıştır. Geri kalan kısım ise tohum hasadı için ayrılmıştır. Vejetatif aksam 70 °C ayarlanmış etüvde 48 saat kurutulmuştur. Tohum ve vejetatif aksam örnekleri 1 mm elekli değirmen makinasında öğütüldükten sonra paketlenip analizler için hazır hale getirilmiştir.

Ham yağ analizi AOAC [11]'de belirtilen yöntemle yapılmıştır. Yağ asit bileşenleri tespitinde; 0,1 g yağ alınarak 15 ml ağız kapaklı tüpe konulmuştur. Üzerine 1 ml 2 N metanollü KOH çözeltisi ilave edilip, 2 dk vortekslenmiştir. Bu işlemi takiben 15 dk bekletilip, üzerine 10 ml hegzan ilave edilerek iyice karıştırılmıştır. Sonra faz ayrımı olması için 7000 rpm de 10 dk santrifüj edilmiştir. Üst fazdan 1 mikrolitre GC cihazına enjeksiyon yapılmıştır. Metilleştirildikten sonra Alev İyonlaştırıcı Dedektörlü (FID), Shimadzu Gaz Kromatografi (Model 2025) ile analiz edilmiştir. Analiz işlemlerinde Supelco 37 Component Mix sertifikalı STD, Teknocroma marka TR-CN100 kolon kullanılmıştır. Kolonun fırını için 80°C' den başlanarak 2 dakika bekletilmiştir. Daha sonra, dakikada 5 °C artış sağlanıp 140°C sıcaklığa ulaştırılmıştır ve bu sıcaklıkta 2 dakika tutulmuştur. Bu işlemden sonra dakikada 3 °C'lik bir artışla 240 °C'de 5 dakika daha bekletilmiştir. Toplam analiz süresi 61 dakikadan oluşmuştur. Helyum taşıyıcı gaz olarak kullanılmış ve akış hızı 30 ml dk⁻¹,ya ayarlanmıştır. Kullanılan gaz akışları H₂= 40ml dk⁻¹ ve kuru hava =400 ml dk⁻¹ olarak belirlenmiştir.

2.1. İstatistik Analizleri

Araştırma sonucunda elde edilen sonuçlarının varyans analizi SAS istatistik paket programında yapılmış, ortalamaların karşılaştırılmasında ise Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır [12].

3. BULGULAR

Yapılan analiz sonuçlarına göre çemen bitkisinin vejetatif aksamında toplam 31 adet yağ asit bileşenleri belirlenmiştir. Fakat bu 31 asidin %95'i miktar bakımından 7 yağ asidinde toplanmıştır. Bu nedenle çemen bitkisinin vejetatif aksamında incelemelerimiz 7 yağ asidi üzerinde gerçekleşmiştir. Araştırmada incelenen yağ asitleri istatistiki açıdan önemli olduğu (P≤0,01) Tablo 2'de görülmektedir. Yine aynı çizelgede ortalamalar içerisinde en fazla oranda

belirlenen yağ asidi bileşeni araşidik asit olup (% 45,52), en yüksek değer % 50,92 oranı ile Maraş-2 genotipinde elde edildiği görülmektedir. Bu oranı linoleik asit (% 17,59), palmitik asit (%11,46), bütirik asit (%5,52), elaidik asit (%5,05), stearik asit (% 2,61) ve oleik asit (%0,30) izlemiştir. Tablo 2 incelendiğinde araşidik asit %37,34-50,92, linoleik asit %14,15-29,83, palmitik asit %10,01-12,37, bütirik asit

%3,42-9,28, elaidik asit %2,15-11,14, stearik asit %2,33-3,03 ve oleik asit %0,20-0,51 arasında değiştiği gözlenmiştir. En yüksek değerler linoleik asit Adana-2, palmitik asit Kayseri-1, bütirik asit Adana-1 genotipinde saptanmıştır. Ayrıca elaidik asit, stearik asit ve oleik asit oranları en yüksek Adana-3 genotipinde tespit edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Çalışmada kullanılan çemen genotiplerinin vejetatif aksamına ait yağ asit bileşenleri

Genotipler	Bütirik Asit (%)	Palmitik Asit (%)	Stearik Asit (%)	Elaidik Asit (%)	Oleik Asit (%)	Linoleik Asit (%)	Araşidik Asit (%)
	**	**	**	**	**	**	**
Adana-1	9,28 ^a	11,69 ^{bcd}	2,40 ^{ef}	2,88 ^k	0,22 ^{gh}	14,21 ^{lm}	49,11 ^{ab}
Adana-2	5,17 ^f	10,03 ^f	2,74 ^{bc}	6,15 ^f	0,43 ^b	29,83 ^a	37,34 ^{de}
Adana-3	3,70 ^{kl}	10,96 ^f	3,03 ^a	11,14 ^a	0,51 ^a	19,45 ^e	38,54 ^{ced}
Afganistan-1	6,11 ^e	11,52 ^{cde}	2,54 ^{cdef}	2,27 ^{mn}	0,22 ^{gh}	14,39 ^j	50,14 ^{ab}
Afganistan-2	8,66 ^b	11,31 ^{de}	2,58 ^{cdef}	2,33 ^{mn}	0,20 ^h	14,36 ^j	49,95 ^{ab}
Antep-1	3,92 ^{kj}	11,40 ^{cde}	2,37 ^{ef}	7,67 ^d	0,31 ^{cde}	20,36 ^d	40,85 ^{bcdce}
Antep-2	3,76 ^k	12,01 ^{abc}	2,61 ^{def}	2,34 ^m	0,21 ^h	15,70 ⁱ	49,75 ^{ab}
Irak-1	8,47 ^b	11,22 ^{de}	2,59 ^{def}	2,15 ⁿ	0,22 ^{gh}	16,03 ⁿ	48,35 ^{ab}
Irak-2	4,59 ^{hi}	10,01 ^f	2,69 ^{bcd}	9,93 ^c	0,42 ^b	24,48 ^b	37,58 ^{de}
Irak-3	7,24 ^c	11,47 ^{cde}	2,65 ^{bcd}	5,30 ^g	0,34 ^{cd}	20,79 ^c	40,82 ^{bcdce}
Kayseri-1	4,42 ⁱ	12,37 ^a	2,89 ^{ab}	4,85 ^h	0,30 ^{cde}	16,88 ^g	46,19 ^e
Maraş-1	4,05 ^j	12,17 ^{ab}	2,75 ^{bc}	3,82 ⁱ	0,28 ^{def}	14,15 ^m	48,05 ^{abc}
Maraş-2	4,53 ^{hi}	11,43 ^{cde}	2,33 ^f	2,58 ⁱ	0,22 ^{gh}	15,72 ⁱ	50,92 ^a
Mardin-1	3,42 ^l	12,21 ^{ab}	2,88 ^{ab}	6,56 ^e	0,36 ^c	16,99 ^g	44,17 ^{abcd}
Urfa-1	4,73 ^{gh}	11,62 ^{bcd}	2,46 ^{def}	10,45 ^b	0,47 ^{ab}	14,75 ^k	43,61 ^{abcd}
Urfa-2	6,03 ^e	11,56 ^{cde}	2,41 ^{ef}	3,48 ^j	0,25 ^{efgh}	15,13 ^j	48,47 ^{ab}
Urfa-3	4,91 ^g	11,54 ^{cde}	2,49 ^{cdef}	3,80 ⁱ	0,27 ^{efg}	18,24 ^f	46,75 ^{abcd}
Urfa-4	6,42 ^d	11,81 ^{abcd}	2,60 ^{cdef}	3,41 ^j	0,22 ^{gh}	15,12 ^j	48,78 ^{ab}
Ortalama	5,52	11,46	2,61	5,05	0,30	17,59	45,52

** : P<0,01 düzeyinde önemli

Tablo 3 incelendiğinde genotiplere ait tohumların yağ oranlarının istatistiksel düzeyde önemli olduğu görülmektedir (P<0,01). Çemen tohumlarının yağ oranları %3,01-5,34 arasında değiştiği, en yüksek yağ oranı Adana-1 genotipinde (%5,34) tespit edildiği belirlenmiştir. Bu oranı %4,80 ile Urfa-1 ve %4,78 Adana-2 genotipi takip etmiştir. En düşük yağ oranı Afganistan-2 genotipinde (%3,01) saptanmıştır. Üç lokasyondan alınan çemen tohumlarında yapılan bir çalışmada yağ oranı %7,1-8,82 arasında değişim göstermiştir [7]. Suudi Arabistan koşullarında yetiştirilen çemen tohumlarının yağ oranları %4,51 olarak saptanmıştır [13]. Kahramanmaraş koşullarında çeşit ve ekim zamanının etkisinin araştırıldığı çalışmada yağ oranlarının %5,4-6,6 arasında değiştiği bildirilmiştir [14]. Ayrıca Kayseri ilinden temin edilen çemen otunun %0,9-1,85 arasında, tohumunun ise %5 oranında yağ içerdiği bildirilmiştir [15]. Bulgularımız Gökçe [14] ve Kırılan ve ark. [7] tarafından bildirilen değerlerden düşük çıkarken, Al-Jasass ve Al-Jasser [13]; Özçelik ve Şahin [15] tarafından bildirilen değerler ile uyumlu çıkmıştır.

Gaz kromatografi sonuçlarına göre; çemen tohumları toplam 17 yağ asit bileşenleri içermektedir. Fakat bu yağ asidi bileşenlerinin yaklaşık olarak %97'si miktar bakımından 5 yağ asidinde toplanmıştır. Bu nedenle linoleik asit, gama-linolenik asit, oleik asit, palmitik asit ve stearik asit değerleri incelenmiştir. Araştırmada tüm yağ asitleri istatistiksel açıdan önemli olduğu (P<0,01) saptanmıştır. Araştırma bulguları incelendiğinde linoleik asit %36,92-43,82, gama-

linolenik asit %23,39-29,74, oleik asit %12,79-19,27, palmitik asit %9,77-13,68 ve stearik asit %3,5-4,8 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde en yüksek değerler linoleik asit (%43,82) Irak-1 genotipinde, gama-linolenik asit (%29,74) Urfa-3 genotipinde, oleik asit (%19,27) Maraş-2 genotipinde, palmitik asit (%13,68) Urfa-1 genotipinde ve stearik asit %4,8 ile Urfa-1 genotipinde saptanmıştır (Tablo 3).

Araştırmada çemen tohumlarının %36,92-43,82 ve çemen vejetatif aksamının %14,15-29,83 linoleik asit içerdiği tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda çemen tohumlarının vejetatif aksama göre yüksek miktarda linoleik asit içerdiği gözlemlenmektedir. Gökçe [14] tarafından yapılan çalışmada çemen tohumlarının %41,6, Akbari ve ark. [16] tarafından yapılan çalışmada tohumların %54,13 oranında linoleik asit içerdiği belirtilmiştir. Çalışmada çemen tohumları linoleik asitten sonra en fazla gama-linolenik asit (%23,39-29,74) içermektedir ve bulgularımız Kırılan ve ark. [7] tarafından bildirilen değerlerden yüksek çıkmıştır. Çemen vejetatif aksamı %0,20-0,51 tohumları ise %13,45-19,27 arasında oleik asit içerdiği saptanmıştır. Çemen tohumlarında tespit edilen oleik asit oranı Gökçe [14] ve Kırılan ve ark. [7] tarafından bildirilen bulgular ile uyumludur.

Farklı çemen genotiplerinin kullanıldığı çalışmada palmitik asit oranları çemen vejetatif aksamında %10,01-12,37 arasında, tohumlarında ise %9,77-13,68 olarak tespit edilmiştir. Stearik asit oranları

incelendiğinde çemen vejetatif aksamında %2,33-3,03 arasında değiştiği bu değerlerin tohumlarında %3,5-4,1 oranları arasında değiştiği saptanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre çemen tohumlarının ve vejetatif aksamının stearik asit ve palmitik asit oranlarının birbirine yakın olduğu görülmektedir.

Fakat çemen vejetatif aksamının araşidik asit, bütirik asit ve elaidik asit bakımından tohumlarına göre daha zengin olduğu söylenebilir. Araştırmada çemen vejetatif aksamı %37,34-50,92 araşidik asit içerirken, Akbari ve ark. [16] tarafından tohumlarda yapılan çalışmada bu oranın %0,4 olduğu bildirilmiştir.

Tablo 3. Çalışmada kullanılan çemen genotiplerinin tohumlarında belirlenen yağ oranı ve yağ asidi bileşenleri (%)

Genotipler	Yağ oranı	Linoleik asit	γ -Linolenik asit	Oleik asit	Palmitik asit	Stearik asit
	**	**	**	**	**	**
Adana-1	5,34 ^a	41,49 ^d	28,93 ^{bc}	13,45 ^j	10,19 ^{ij}	3,8 ^g
Adana-2	4,78 ^b	42,35 ^c	27,22 ^d	14,35 ^{gh}	10,55 ^{igh}	3,6 ^j
Adana-3	4,43 ^{de}	39,76 ^h	28,21 ^c	14,77 ^g	10,72 ^{def}	4,0 ^d
Afganistan-1	3,40 ^j	42,89 ^b	25,34 ^f	15,79 ^f	10,32 ^{ih}	3,6 ^j
Afganistan-2	3,01 ⁱ	40,16 ^g	29,68 ^{ab}	14,05 ^{hi}	10,77 ^{ef}	3,7 ⁱ
Antep-1	4,07 ^{ih}	39,63 ^h	24,43 ^g	18,59 ^b	10,84 ^{ede}	4,0 ^{cd}
Antep-2	4,17 ^{gh}	40,83 ^f	28,98 ^{abc}	14,30 ^{gh}	10,32 ^{ih}	3,6 ^j
Irak-1	3,22 ^j	43,82 ^a	23,96 ^{gh}	16,34 ^e	10,66 ^{defg}	3,4 ^m
Irak-2	4,26 ^{fg}	41,65 ^d	27,32 ^d	14,75 ^g	10,54 ^{igh}	3,5 ⁱ
Irak-3	4,25 ^{fg}	40,83 ^f	28,40 ^c	14,36 ^{gh}	9,77 ^k	3,6 ^k
Kayseri-1	4,45 ^{cde}	37,75 ^k	25,59 ^f	17,20 ^{cd}	10,61 ^{efg}	4,1 ^b
Maraş-1	4,40 ^{de}	38,91 ^j	23,39 ^h	18,14 ^b	11,21 ^b	3,8 ^g
Maraş-2	4,57 ^c	39,38 ⁱ	23,77 ^{gh}	19,27 ^a	11,04 ^{bc}	3,8 ^g
Mardin-1	4,32 ^{ef}	41,17 ^e	26,87 ^{de}	16,76 ^{de}	10,18 ^{ij}	3,7 ^h
Urfa-1	4,80 ^b	36,92 ^l	23,96 ^{gh}	17,41 ^c	13,68 ^a	4,8 ^a
Urfa-2	4,13 ^{ghi}	41,40 ^{de}	26,37 ^e	15,60 ^f	10,46 ^{gh}	4,0 ^c
Urfa-3	4,02 ⁱ	40,12 ^g	29,74 ^a	12,79 ^k	10,03 ^j	3,8 ^f
Urfa-4	4,52 ^{cd}	40,30 ^g	28,89 ^{bc}	13,59 ^{ij}	10,89 ^{cd}	3,9 ^e
Ortalama	4,23	40,51	26,73	15,64	10,71	3,8

** : P \leq 0,01 düzeyinde önemli

4. SONUÇ

Farklı çemen genotiplerinin vejetatif aksam ve tohumlarının yağ asit bileşenlerinin incelendiği çalışmada, vejetatif aksamda toplamda 31 ve tohumlarında toplam 17 yağ asidi bileşeni saptanmıştır. Bu bağlamda çemen bitkisinin vejetatif aksamı tohumlarına göre yağ asit içeriği bakımından zengin olduğu söylenebilir. Ayrıca çalışmada, çemen bitkisinin vejetatif aksamının araşidik asit, tohumlarının ise linoleik, gama-linolenik ve oleik asit içeriği bakımından yüksek olduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışmada sonucunda çemen bitkisinin hem vejetatif aksamının hem de tohumunun yağ asit bileşenleri bakımından zengin bir bitki olduğu sonucuna varılmıştır.

Teşekkür

Bu çalışmanın bir kısmı Fatma AKBAY'ın Yüksek Lisans tezinden hazırlanmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Acharya SN, Thomas JE, Basu SK. Fenugreek: an "old world" crop for the "new world". Biodiversity. 2006; 7:27-30.
- [2] Gupta K, Thakral KK, Arora SK, Chowdhary ML. Structural carbohydrate and mineral contents of fenugreek seeds Indian Cocoa. Arecanut and Spices Journal. 1996; 20(4):1201-124.
- [3] Żuk-Gołaszewska K, Wierzbowska J. Fenugreek: productivity, nutritional value and

uses. Journal of Elementology. 2017; 22(3):1067-1080.

- [4] Baldemir A, İlgün S. Geçmişte ve günümüzde çemen otunun kullanım alanları: *Trigonella foenum-graecum* L. Lokman Hekim Journal. 2015; 5(1):1-4.
- [5] Mir Z, Mir PS, Acharya SN, Zaman MS, Taylor WG, Mears GJ, Goonewardene LA. Comparison of alfalfa and fenugreek silages supplemented with barley grain on performance of growing steers. Canadian Journal of Animal Science. 1998; 78:343-349.
- [6] Meghwal M, Goswami TK. A review on the functional properties, nutritional content, medicinal utilization and potential application of fenugreek. Journal Food Processing & Technology. 2012; 3:1-10.
- [7] Kıralan M, Yorulmaz A, Çalıkoglu E, Bayrak A. Çemen otu (*Trigonella foenum-graecum* L.) tohumunun yağ asitleri ve sterol bileşimi. Derim. 2017; 34(2):138-141
- [8] Eseceli H, Değirmencioğlu A, Kahraman R. Omega yağ asitlerinin insan sağlığı yönünden önemi. Türkiye 9. Gıda Kongresi. Bolu; 2006.
- [9] Gürcan Ü. Yağ Rafinasyonunda Oluşan Trans Yağ asitleri. Y. L. T. S. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Konya; 2001.
- [10] Das U. Essential fatty acids enhance free radical generation and lipid peroxidation to induce apoptosis of tumor cells, Clinical Lipidology. 2011; 6(4):463-489.
- [11] AOAC. Official method of analysis. Association of official analytical chemists 15th.edition, 1990. p.66-88.

- [12] SAS. SAS Institute Inc., SAS/STAT User's Guide, Version 8, SAS INSTITUTE Inc., Cary, NC. 1999.
- [13] Al-Jasass FM, Al-Jasser MS. Chemical composition and fatty acid content of some spices and herbs under Saudi Arabia conditions. The Scientific World Journal. 2012; 1:1-5.
- [14] Gökçe Z. Kahramanmaraş koşullarında ekim zamanlarının çemen'de (*Trigonella foenum-graecum* L.) verim ve kalite üzerine etkisi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans; 2015.
- [15] Özçelik ŞN, Şahin A. Çemen (*Trigonella Foenum- Graecum* L.) otunun ve tohumunun besin madde içerikleri ve in vitro sindirilebilirliğinin belirlenmesi. Hayvan Bilimi ve Ürünleri Dergisi. 2018; 1(1): 25-35.
- [16] Akbari S, Abdurahman NH, Yunus RM, Alara OR, Abayomi OO. Extraction, characterization and antioxidant activity of fenugreek (*Trigonella-foenum graecum*) seed oil. Materials Science for Energy Technologies. 2019; 2:349–355.



Ayçiçeğinde Olgunlaşmamış Embriyo Kültürünün Generasyon Atlama Amaçlı Kullanımında Uygun Embriyo Yaşının Saptanması

Ayşe Nuran ÇİL¹, Abdullah ÇİL¹, Hacer Mendi Burun¹, Hatice Hızlı¹, Uğur Sevilmiş¹, Rüştü Hatipoğlu²

¹ Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Adana, Türkiye

² Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Adana, Türkiye

Ayşe Nuran ÇİL ORCID No: 0000-0001-8520-6013

Abdullah ÇİL ORCID No: 0000-0003-3482-6946

Hacer Mendi Burun ORCID No: 0000-0002-5451-1397

Hatice Hızlı ORCID No: 0000-0003-3820-8387

Rüştü Hatipoğlu ORCID No: 0000-0002-7977-0782

*Sorumlu yazar: aysenuran.cil@tarimorman.gov.tr

(Alınış: 30.06.2020, Kabul: 28.01.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Anahtar Kelimeler

Ayçiçeği,
Embriyo kültürü,
Genotip,
Embriyo yaşı

Öz: Ayçiçeği, yüksek düzeyde yabancı tozlanan bir tür olduğundan, homozigot hatların eldesi hem genetik çalışmalar hem de hibrit tohum üretimi için önemlidir. Geleneksel yöntemler, homozigot hatları elde etmek için en az altı kuşak gerektirmektedir. Alternatif yöntemlerden olan olgunlaşmamış embriyo kültürü yöntemi ise generasyon döngüsünü yarı yarıya kısaltabilme avantajına sahiptir. Olgunlaşmamış ayçiçeği embriyolarının embriyo kültürüne verdiği yanıt ve yöntemin başarısı, donör bitkinin genotipine, donör bitkinin yetiştirme koşullarına, embriyonun yaşına, in vitro kültürde kullanılan besi ortamının bileşimine, in vitro kültür koşullarına ve kültür süresine bağlıdır.

Bu çalışmada, ayçiçeği ıslahında olgunlaşmamış embriyo kültürü tekniğiyle hızlı generasyon atlatılmak amacıyla en uygun embriyo yaşının saptanması amaçlanmıştır. Çalışma Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü bünyesindeki Generasyon Atlama Merkezi'nde yürütülmüştür. In vitro kültür çalışmalarında temel besi ortamı olarak MS ortamının modifiye bir versiyonu tercih edilmiştir. Araştırmada 5 adet yağlık restorer hatta ait açık arazi koşullarında yetiştirilen bitkilerden tozlanmadan 8-20 gün sonra alınan 7 farklı yaştaki (tozlanmadan 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 gün sonra) olgunlaşmamış embriyolar test edilmiştir. Kültüre alınan embriyoların bitki oluşturma oranları, rejenera olan bitkilerde bitki ağırlığı, bitki kök uzunluğu, bitki boyu ve bitkicik başına yaprak sayısı incelenmiştir. Araştırma bulguları, seçilen MS ortamında en uygun embriyo yaşının 14 gün olduğunu göstermiştir. Bu çalışmada kullanılan modifiye MS besi ortamında 14 günlük embriyoların kültüre alınmasıyla hızlı bir generasyon atlama olanağı bulunduğu ortaya konmuştur.

Determination of the Appropriate Embryo Age in the Use of Immature Embryo Culture in Sunflower for Shortening The Generation Time

Keywords

Sunflower,
Embryo culture,
Genotype,
Embryo age

Abstract: Since sunflower is a highly cross-pollinated species, obtaining homozygous lines is important for both genetic studies and hybrid seed production. Traditional methods require at least six generations to obtain homozygous lines. Immature embryo culture method, which is one of the alternative methods, has the advantage of shortening the generation cycle by half. The response of immature sunflower embryos to embryo culture and the success of the method depends on the genotype of the donor plant, the growing conditions of the donor plant, the age of the embryo, the composition of the medium used in in vitro culture, the in vitro culture conditions and the culture time.

In this study, it was aimed to determine the most appropriate embryo age in order to overcome rapid generation with immature embryo culture technique in sunflower breeding. The study was

conducted in the Generation Shortening Center within the Eastern Mediterranean Agricultural Research Institute. A modified version of MS medium was preferred as the main medium in in vitro culture studies. In the study, immature embryos of 7 different ages (8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 days after pollination) taken from plants grown in open field conditions of 5 oil restorer lines were tested 8-20 days after pollination. Plant formation rates of the cultured embryos, plant weight in regenerated plants, plant root length, plant height and number of leaves per plantlet were examined. Research findings showed that the optimum embryo age in the selected MS environment was 14 days. It has been shown that there is an opportunity to overcome a rapid generation by culturing 14-day-old embryos in the modified MS medium used in this study.

1. GİRİŞ

Ayçiçeği yüksek düzeyde yabancı tozlanan bir türdür ve yetiştiricilikte melez çeşitler kullanılır. Homozigot hatların eldesi hem genetik çalışmalar hem de hibrit tohum üretimi için önemlidir. Geleneksel yöntemler, homozigot hatları elde etmek için en az altı kuşak gerektirir. Bu nedenle ardışık birkaç neslin kısa bir süre içinde elde edilmesi, bitkilerdeki genetik iyileştirme faaliyetlerini hızlandırabilir [1,13].

Tarlada yetişen bir ayçiçeği bitkisi, bir sonraki neslin tohumunu elde etmek için ekimden olgunluğa kadar en az 4-5 aya ihtiyaç duymaktadır. Bu süre zarfında tozlaşmadan tohumun olgunluğa erişmesine kadar geçen süre bitki yaşam döngüsünün yarısını oluşturmaktadır[4]. Ayçiçeği embriyosu çimlenme kapasitesini, tozlaşmadan yaklaşık altı gün sonra elde etmekte, tozlaşmadan 16 gün sonra uyku durumuna geçmekte [6], 45-60 gün boyunca uykuda kalmakta [5] ve ayçiçeğinin tohum olgunlaşma süresi yaşam döngüsü süresinin %50-60'ını kapsamaktadır [9]. Embriyo kültürü kullanıldığında ayçiçeği üreme döngüsü yarı yarıya kısalmaktadır [12].

Embriyo, yeni bir bitki oluşturma potansiyeli olan çok hücreli bir yapıdır. Yeni bir sporofitik neslin başlangıcını temsil etmektedir. Embriyo, özelleşmiş bir hücreden, yani zigottan veya somatik bir hücreden ortaya çıkabilmektedir. İlki zigotik embriyo olarak bilinmekte, ikincisi ise somatik veya aseksüel embriyo olarak adlandırılmaktadır. Bir embriyo esasen kök ve sürgün primordial yapıları olan bipolar bir yapıdır [10].

Embriyo kültürü, yarım yüzyıldan fazla bir süredir, özellikle türler arası melez bitkilerin elde edilmesi ve yetiştirme ve ıslah sürecinin kısaltılması gibi farklı amaçlarla kullanılan bir in vitro kültür tekniğidir [2]. Embriyo kültürü, pratikte uygulanan en eski in vitro kültür yöntemlerinden biridir ve ıslahçıların uzun yıllardan beri kullandığı bir tekniktir [2]. Embriyo kültürünün ayçiçeği ıslahındaki ana uygulama alanı türlerarası melezlemelerde uyumsuzluğun üstesinden gelmek olmuştur [11]. Sonraları, olgunlaşmamış embriyo kültürü, ayçiçeğindeki üreme döngüsünü kısaltmak için yaygın olarak kullanılan ve yılda dört ila beş döl kuşağı elde edilmesine olanak sağlayan bir teknik olmuştur [8,5]. Kendilenmiş hatların kısa sürede elde edilmesi amacıyla yürütülen olgunlaşmamış embriyo kültürü, ancak aynı anda seleksiyona olanak sağlıyorsa ilgi çekici olmaktadır [1].

Bu çalışmada, ayçiçeği ıslahında olgunlaşmamış embriyo kültüründen yararlanarak hızlı generasyon atlatmada genotip ve embriyoların kültüre alınma yaşının embriyoların çimleme oranı, bitkicik ağırlığı, bitkicik kök uzunluğu, bitkicik boyu ve yaprakçık sayısına etkileri incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Araştırmada, yağlık restorer beş ayçiçeği genotipinden (DAYR13-01, DAYR13-02, DAYR13-03, DAYR13-04 ve DAYR13-5) izole edilen olgunlaşmamış embriyolar kullanılmıştır. Tozlanmadan sonra geçen süreye bağlı olarak 7 farklı yaşta (8. gün, 10. gün, 12. gün, 14 gün, 16. gün, 18. gün ve 20. gün sonra) hasat edilen tek ayçiçeği tablası hangi genotipe ait olduğu etiketlendikten sonra laboratuvar ortamına alınmıştır. Embriyo kültüründe tablanın en dış kısmında yer alan ilk 5 sıradaki meyveler içindeki embriyolar kullanılmıştır. Her bir tabladan ayrılan meyveler bir cam kap içerisinde steril kabin içerisinde çok kısa süre % 70'lik alkol ile yüzey sterilizasyonuna tabi tutulduktan sonra, alkol dökülmüş ve kaba % 20'lik çamaşır suyu (% 5 Sodyum hipklorit içeren, parfümsüz) + 3-5 damla Tween 80 içeren sterilizasyon solüsyonu ilave edilmiştir. Meyveler söz konusu çözeltilde 10 dakika çalkalanarak sterilize edilmiştir [3]. Bunu takiben meyveler 4-5 kez steril distile su ile çalkalanarak yüzey sterilizasyonu tamamlanmıştır.

Embriyo izolasyonu ve izole edilen embriyoların kültürü için yüzey sterilizasyonuna tabi tutulan meyvelerin kabukları kesilip uzaklaştırılmış, embriyolar embriyo kesesinden çıkarılıp ayrıldıktan sonra içerisinde 7 ml embriyo geliştirme ortamı bulunan 60 x 15 mm boyutlarındaki her bir petri kabında 10 embriyo kültüre alınmıştır. Araştırma ile ilgili laboratuvar denemesi, genotipler ana parsel, embriyo yaşı alt parsel olarak kabul edilerek tesadüf parsellerinde bölünmüş parseller deneme desenine göre yürütülmüştür. Her genotip-embriyo yaşı kombinasyonu için 4 petri kabında 40 embriyo kültüre alınmıştır.

Embriyolar için besi ortamı olarak, %3 sukroz ve %0.6 agar içeren MS [7] ortamı kullanılmıştır. Besi ortamının pH' sı, 1N KOH ve 1N HCl kullanılarak 5.8'e ayarlanmıştır. Besi ortamının sterilizasyonu otoklavda 1.2 atmosfer basınç ve 121 °C'de 15 dk tutularak sağlanmıştır. Tüm kültürler 20 saat ışık ve 4 saat karanlık (6000-8000 Lux ışık şiddeti) fotoperiyotta ve 24±2 °C sıcaklık koşullarını sağlayan iklim dolaplarında tutulmuştur. Kültür başlangıcından 3-4 hafta sonra her

petri kabında çimlenerek bitki oluşturan embriyolar sayılmış ve bitki oluşturan embriyo sayısı petri kabında kültüre alınan embriyo sayısına oranlanarak rejenerasyon oranı saptanmıştır. Bu aşamada aynı zamanda rejenerasyon olan bitkilerde bitki ağırlığı, bitki kök uzunluğu, bitki boyu ve yaprak sayısı ölçümleri alınmıştır.

Araştırmadan elde edilen verilere, tesadüf parsellerinde bölünmüş parseller deneme desine göre JMP 7.0 (Copyright© 2007 SAS InstituteInc.) istatistik paket programı kullanılarak varyans analizi uygulanmıştır. İstatistiksel olarak önemli bulunan faktör ortalamaları LSD testi ile gruplandırılmıştır.

3. BULGULAR

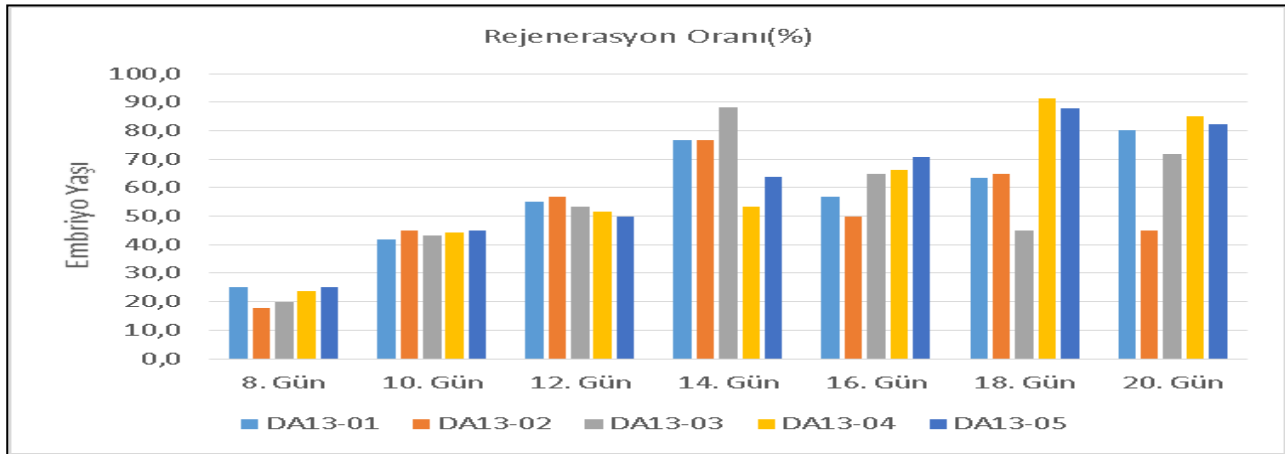
Varyans analiz sonuçlarına göre; incelenen tüm özelliklerde embriyo yaşları arasındaki farklılıklar önemli çıkarken, genotipler arasındaki farklılıkların ise rejenerasyon oranı, bitkicik ağırlığı, bitkicik kök uzunluğu ve bitkicik boyu açısından önemsiz, bitkicik yaprak sayısı açısından önemli olduğu ortaya çıkmıştır. Ayrıca, rejenerasyon oranı ve bitkicik boyu özellikleri için genotip x embriyo yaşı etkisinin önemli olduğu saptanmıştır (Çizelge 1, 2, 3, 4, 5).

Araştırmada embriyo yaşına bağlı olarak rejenerasyon oranları %22.31 ile 72.81 arasında önemli derecede değişmiştir. Genotiplere bağlı olarak ise rejenerasyon oranı % 56.39 ile 66.55 arasında değişmiş, ancak bu değişimin istatistiksel olarak önemli olmadığı saptanmıştır (Çizelge 1 ve Şekil 1).

Çizelge 1. Farklı ayçiçeği genotiplerinde olgunlaşmamış embriyolardan rejenerasyon oranları (%) ile ilgili ortalamaların çoklu karşılaştırma sonuçları

Embriyo Yaşı	Genotipler										Ortalama	
	DA13-01		DA13-02		DA13-03		DA13-04		DA13-05			
8. Gün	25.00	ı ¹	17.83	ı	20.00	ı	23.60	ı	25.10	ı	22.31	E*
10. Gün	41.67	h	45.00	h	43.33	h	44.33	h	44.83	h	43.83	D
12. Gün	55.00	f-h	56.67	f-h	53.33	f-h	51.50	f-h	49.77	gh	53.25	C
14. Gün	76.67	a-d	76.67	a-d	88.33	a	53.20	f-h	63.70	d-g	71.71	A
16. Gün	56.67	e-h	50.00	gh	65.00	c-g	66.20	c-f	70.70	b-e	61.71	B
18. Gün	63.33	d-g	65.00	c-g	45.00	h	91.30	a	88.00	a	70.53	A
20. Gün	80.00	a-c	45.00	h	71.67	b-e	85.07	ab	82.30	ab	72.81	A
Ortalama	62.22		56.39		61.11		65.27		66.55		62.31	
DK (%):16.79	LSD (%) EY:6.94*		Genotip:6.40,			EY*Gen:15.52**						

* Aynı sütün içinde benzer büyük harf ile gösterilen ortalamalar LSD testine göre $P \leq 0.05$ hata sınırları içinde istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.



Şekil 1. Farklı ayçiçeği genotipleri ve embriyo yaşlarına ait rejenerasyon oranları

Benzer harf ile gösterilen Genotip x Embriyo yaşı kombinasyon ortalamaları LSD testine göre $P \leq 0.05$ hata sınırları içinde istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. Embriyoların bitkiye dönüşünün %0.8 ile 33.8 arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Bu sonuçlar sonuçlarımızın biraz altında kalmıştır. Farklı sonuçların olması genotip ve kullanılan besi ortamdan kaynaklandığı söylenebilir [3]. Çizelge ve Şekil 1'de izlendiği gibi, embriyo yaşı 8 günden 14 güne doğru arttıkça rejenerasyon oranı istatistiksel olarak önemli derecede artmıştır. 16 günlük embriyoların rejenerasyon oranı 14 günlük embriyolardan önemli derecede daha düşük olmuştur. 18 ve 20 günlük embriyoların rejenerasyon oranı ise 14 günlük embriyolardan istatistiksel olarak önemli derecede farklılık göstermemiştir Ancak, genotip x

embriyo yaşı etkisinin istatistiksel olarak önemli olması rejenerasyon oranının embriyo yaşının rejenerasyon oranı üzerindeki etkisinin genotiplere bağlı olarak değiştiğini göstermektedir.

Nitekim DA13-01, DA13-02 ve DA13-03 nolu genotiplerde 14 günlük embriyoların rejenerasyon oranı diğer yaşlardaki embriyolara göre önemli derecede daha yüksek olmasına karşılık, DA13-04 ve DA13-05 nolu genotiplerde 18 günlük embriyolar daha genç embriyolara göre önemli derecede daha yüksek, 20 günlük embriyolara göre ise istatistiksel olarak önemli derecede farklı olmamıştır (Şekil 1). Ceccani ve ark., (1996) yürüttükleri benzer bir çalışmada en yüksek rejenerasyon oranının 14. günlük embriyolardan elde

edildiğini saptamışlardır. Bitkicik ağırlığı bakımından genotipler arasında istatistikî açıdan fark bulunmamış ve genotiplere bağlı olarak bitkicik ağırlığı 0.66 ile 0.69 gr arasında gerçekleşmiştir. Genotipler bitkicik ağırlığı

bakımından farklı tepkiler göstermemesine rağmen, embriyo yaşı bitkicik ağırlığını önemli derecede etkilemiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Farklı ayçiçeği genotiplerinden izole edilen farklı yaşlardaki embriyolardan rejenere olan bitkilerde saptanan bitkicik ağırlığı (gr) değerleri ile ilgili ortalamaların çoklu karşılaştırma sonuçları

Embriyo Yaşı	Genotipler					
	DA13-01	DA13-02	DA13-03	DA13-04	DA13-05	Ortalama
8. Gün	0.65	0.59	0.57	0.58	0.60	0.60 d*
10. Gün	0.66	0.62	0.63	0.62	0.64	0.63 cd
12. Gün	0.61	0.67	0.67	0.78	0.77	0.70 b
14. Gün	0.80	0.83	0.82	0.84	0.83	0.82 a
16. Gün	0.67	0.64	0.70	0.67	0.65	0.66 bc
18. Gün	0.69	0.66	0.66	0.66	0.66	0.67 bc
20. Gün	0.62	0.59	0.63	0.61	0.69	0.63 cd
Ortalama	0.67	0.66	0.67	0.68	0.69	0.67
DK (%):11.33	LSD (%) EY:0.56**	Genotip:0.33	EY*Gen:0.12			

* Aynı sütün içinde benzer büyük harf ile gösterilen ortalamalar LSD testine göre $P \leq 0.01$ hata sınırları içinde istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Çizelge 2’de izlendiği gibi, embriyo yaşı 8 günden 14 güne doğru ilerledikçe söz konusu embriyolardan elde edilen bitkiciklerin ağırlığı önemli derecede artış göstermiştir. 14 günden daha yaşlı embriyolardan elde edilen bitkiciklerin ağırlığında ise 14 günlük embriyolardan elde edilenlere göre önemli derecede azalma görülmüştür.

Araştırmamızda embriyonik bitkinin daha sonraki aşamalarda bitkiye dönüşmesinde en önemli kriterlerden biri olan bitkicikte kök uzunluğu ortalaması 16. günlük embriyolardan rejenere olan bitkiciklerde 4.16 cm ile en yüksek olmuş, 18, 14 ve 12. günlük embriyolardan rejenere olan bitkiciklerde saptanan kök uzunluğu ortalamaları 16 günlük embriyolardan rejenere olan bitkiciklerde saptanan kök uzunluğu ortalamasından istatistiksel olarak farklı olmuştur.

Çizelge 3. Farklı ayçiçeği genotiplerinden farklı zamanlarda izole edilen embriyolardan rejenere olan bitkilerde saptanan bitkicik kök uzunluğu (cm) değerleri ile ilgili ortalamaların çoklu karşılaştırma sonuçları

Embriyo Yaşı	Genotipler					
	DA13-01	DA13-02	DA13-03	DA13-04	DA13-05	Ortalama
8. Gün	3.55	3.64	3.60	3.75	4.03	3.72 b**
10. Gün	4.08	3.95	3.94	3.73	3.52	3.84 b
12. Gün	3.98	4.17	4.16	4.09	4.19	4.12 a
14. Gün	4.16	4.10	3.98	4.20	4.16	4.12 a
16. Gün	4.19	4.17	4.17	4.19	4.08	4.16 a
18. Gün	4.19	4.16	4.16	4.12	4.15	4.15 a
20. Gün	3.73	3.98	4.20	3.75	3.73	3.88 b
Ortalama	3.98	4.03	4.03	3.98	3.98	4.00
DK (%):6.28	LSD (%) EY:0.18**	Genotip:0.17	EY*Gen:0.41			

** Benzer harf ile gösterilen Genotip x Embriyo yaşı kombinasyon ortalamaları LSD testine göre $P \leq 0.01$ hata sınırları içinde istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Araştırmamızda incelenen farklı genotiplerde en yüksek bitkicik boyu 3.60 cm ile 14 günlük embriyolardan rejenere olan bitkiciklerde, en düşük değer ise 2.07 cm ile 20 günlük embriyolardan rejenere olan bitkiciklerde saptanmıştır (Çizelge 4).

16 günlük embriyolardan rejenere olan bitkilerde saptanan bitki boyu ortalaması (2.93 cm) ve 12 günlük embriyolardan rejenere olan bitkilerde saptanan ortalama

bitki boyu değeri (2.47 cm) 14 günlük embriyolardan rejenere olan bitkilerde saptanan bitki boyu ortalamasından istatistiksel olarak farklı olmuştur. Embriyolardan rejenere olan bitkilerin boyları genotiplere bağlı olarak önemli derecede farklılık göstermemiştir. Ancak, embriyo yaşı x genotip interaksyonunun önemli olması, embriyo yaşının bitkicik boyuna etkisinin farklı genotiplerde farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur (Şekil 2).

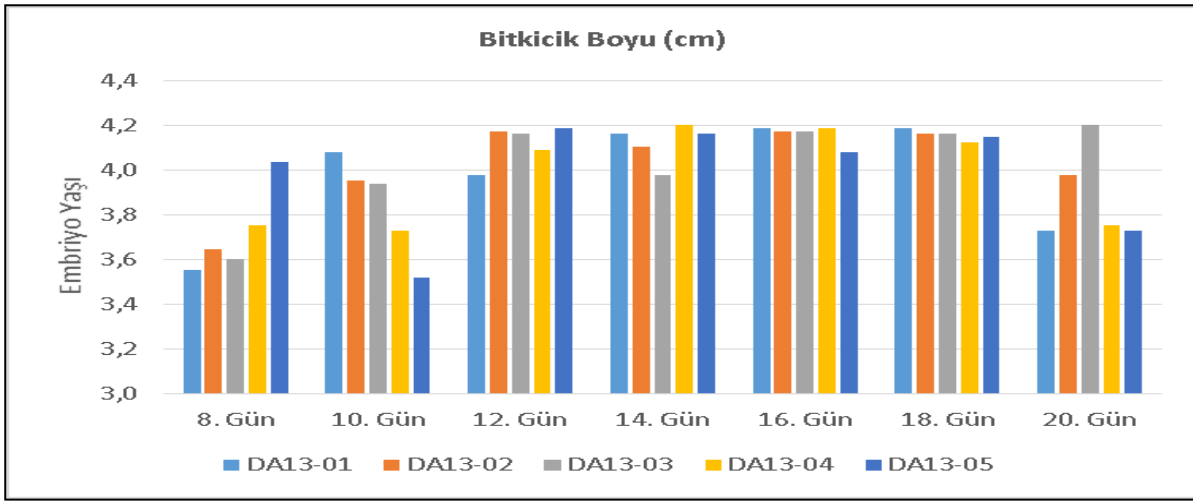
Çizelge 4. Farklı ayçiçeği genotiplerinden farklı zamanlarda kültüre alınan embriyolarından rejenere olan bitkilerde saptanan bitkicik boyu (cm) değerleri ile ilgili ortalamaların çoklu karşılaştırma sonuçları

Embriyo Yaşı	Genotipler					
	DA13-01	DA13-02	DA13-03	DA13-04	DA13-05	Ortalama
8. Gün	2.00 c**	2.67 bc	2.00 c	2.00 c	2.67 bc	2.27 c*
10. Gün	2.33 c	2.00 c	2.00 c	2.00 c	2.67 bc	2.20 c
12. Gün	2.00 c	2.00 c	2.33 c	3.33 a-c	2.67 bc	2.47 bc
14. Gün	3.33 a-c	4.67 a	4.00 ab	2.67 bc	3.33 a-c	3.60 a
16. Gün	2.00 c	4.00 ab	4.00 ab	2.67 bc	2.00 c	2.93 b
18. Gün	2.00 c	2.00 c	2.00 c	2.00 c	4.00 ab	2.40 bc
20. Gün	2.00 c	2.00 c	2.00 c	2.00 c	2.33 c	2.07 c
Ortalama	2.24	2.76	2.62	2.38	2.81	2.56

DK (%):32.18 LSD (%) EY: 0.60**, Genotip: 0.43. EY*Gen:1.35*

* Aynı sütün içinde benzer harf ile gösterilen ortalamalar LSD testine göre $P \leq 0.05$ hata sınırları içinde istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. (**)

Benzer harf ile gösterilen Embriyo yaşı ortalamaları LSD testine göre $P \leq 0.01$ hata sınırları içinde istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

**Şekil 2.** Farklı ayçiçeği genotipleri ve embriyo yaşlarına ait bitkicik boyları

Nitekim DA13-01 ve DA13-04 nolu genotiplerde embriyo yaşı bitkicik boyunda önemli bir farklılık yaratmamasına karşılık, DA13-02 nolu genotipte 14 günlük embriyolar 16 günlük embriyolar dışındaki diğer embriyo yaşlarına göre istatistiksel olarak daha uzun boylu bitkiciklerin oluşmasına neden olmuştur. DA13-03 nolu genotipte ise 14 ve 16 günlük embriyolardan rejenere olan bitkiciklerin bitki boyu ortalaması diğer

embriyo yaşlarındaki embriyolardan rejenere olan bitkiciklere göre istatistiksel olarak önemli derecede daha yüksek olmuştur. DA13-05 nolu genotipte ise 18 günlük embriyolardan rejenere olan bitkiciklerin bitki boyu ortalaması 16 ve 20 günlük embriyolardan rejenere olan bitkiciklerin bitki boyu ortalamasından istatistiksel olarak önemli derecede daha yüksek olmuştur.

Çizelge 5. Farklı ayçiçeği genotiplerinden farklı zamanlarda izole edilen embriyolarından rejenere olan bitkilerde saptanan yaprakçık sayısı (adet) değerleri ile ilgili ortalamaların çoklu karşılaştırma sonuçları

Embriyo Yaşı	Genotipler					
	DA13-01	DA13-02	DA13-03	DA13-04	DA13-05	Ortalama
8. Gün	2.82	2.79	1.69	3.20	2.74	2.65 c*
10. Gün	3.20	2.64	2.85	3.37	2.43	2.90 bc
12. Gün	2.84	3.15	3.38	3.02	3.02	3.08 ab
14. Gün	3.38	3.38	3.03	3.38	3.38	3.31 a
16. Gün	3.36	3.36	2.95	3.12	3.37	3.23 ab
18. Gün	3.38	2.82	2.47	3.38	3.38	3.08 ab
20. Gün	3.20	3.20	3.14	3.02	2.96	3.10 ab
Ortalama	3.17 a*	3.05 a	2.79 b	3.21 a	3.04 a	3.05

DK (%):16.09, LSD (%) EY:0.36*, Genotip:0.24*, EY*Gen:0.80

* Aynı sütün içinde benzer harf ile gösterilen ortalamalar LSD testine göre $P \leq 0.05$ hata sınırları içinde istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. (**)

** Benzer harf ile gösterilen ortalamalar LSD testine göre $P \leq 0.05$ hata sınırları içinde istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Yaprakçık sayısı bakımından, DA13-03 genotipinden izole edilen embriyolardan rejenere olan bitkiciklerde yaprak sayısı diğer genotiplerden izole edilen embriyolardan rejenere olan bitkiciklere göre istatistiksel olarak önemli derecede daha düşük olmuştur. Embriyo yaşı embriyolardan rejenere olan bitkilerde yaprak sayısının önemli derecede etkilemiştir (Çizelge 5).

Çizelge 5’de izlendiği gibi, en yüksek yaprak sayısı 14 günlük embriyolardan izole edilen bitkiciklerde saptanmıştır Yaprak sayıları embriyo yaşının 8 günden 14 güne kadar artması ile artmış, embriyo yaşının 14 günden daha fazla olması söz konusu embriyolardan rejenere olan bitkiciklerdeki yaprak sayısında 14 günlük embriyolardan rejenere olanlara göre önemli bir farklılık yaratmamıştır.

4. SONUÇ

Bu araştırmanın sonuçları, olgunlaşmamış embriyo kültürü tekniğinin in vivo koşullarda döllenmeden 2-2.5 ay sonra elde edilebilecek ayçiçeği bitkilerinin döllenmeden sonra yaklaşık 1 aylık sürede elde edilmesini sağlayarak ayçiçeğinin üreme döngüsünün kısaltılmasına ve böylelikle yılda 1-2 generasyon yerine 3-5 generasyon alınmasına olanak sağlayabileceğini göstermiştir. Araştırma sonuçlarına göre, kültüre alınacak embriyo yaşının tekniğin başarısında çok önemli bir faktör olduğu, ancak optimum embriyo yaşının genotiplere bağlı olarak farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur.

Teşekkür

Bu çalışma, Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Çukurova Bölgesi Ayçiçeği İslah Çalışmaları projesi tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Breccia, G., VegaT, N. G., Mayor, M. L., Zorzoli, R., & Picardi, L. (2009). Immature embryo culture for early screening of imidazolinone resistance in sunflower. *International Journal of Plant Breeding*, 3(1), 37-40.
- [2] Bridgen, M. P. (1994). A review of plant embryo culture. *HortScience*, 29(11), 1243-1246.
- [3] Dağüstü, N., Bayram, G., Sincik, M., & Bayraktaroğlu, M. (2012). The short breeding cycle protocol effective on diverse genotypes of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Turkish Journal of Field Crops*, 17(2), 124-128.
- [4] Hahne, G., (2002). Sunflower seed. In: *Transgenic Plants and Crops*. Eds., G.G. Khachatourians, A. McHughen, R. Scorza, W-K. Nip, Y. H. Hui, pgs: 813-830.

- [5] Jambhulkar, S. J. (1995). Immature embryo (*Helianthus annuus* L.). *Helia*, 8(22), 45-50.
- [6] Maiti, R. K., Vidyasagar, P., Shahapur, S. C., Ghosh, S. K., & Seiler, G. J. (2006). Development and Standardization of a Simple Technique for Breaking Seed Dormancy in Sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Helia*, 29(45), 117-126.
- [7] Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia plantarum*, 15(3), 473-497.
- [8] Plotnikov, V. A. (1983). Use of the method of culturing young embryos for accelerated development of sunflower cytoplasmic male sterility analogues. *Cytology and genetics (USA)*.
- [9] Serieys, H. (1992). Cytoplasmic effects on some agronomical characters in sunflower. In *Proceedings of the 13th International Sunflower Conference (Vol. 2, pp. 1245-1 250)*.
- [10] Sharma, D. R., Kaur, R., & Kumar, K. (1996). Embryo rescue in plants—a review. *Euphytica*, 89(3), 325-337.
- [11] Sukno, S., Ruso, J., Jan, C. C., Melero-Vara, J. M., & Fernandez-Martinez, J. M. (1999). Interspecific hybridization between sunflower and wild perennial *Helianthus* species via embryo rescue. *Euphytica*, 106(1), 69-78.
- [12] Torresan, A., Kesteloot, J., Castaño, F., Rodríguez, R., & Colabelli, M. (1996). Use of immature seed germination technique as an alternative to in vitro culture of sunflower (*Helianthus annuus* L.) embryos. *Euphytica*, 91(1), 1-3.
- [13] Williams, P. H., & Hill, C. B. (1986). Rapid-cycling populations of *Brassica*. *Science*, 232(4756), 1385-1389.



Türk Doğa ve Fen Dergisi

Turkish Journal of Nature and Science

www.dergipark.gov.tr/tdfd



Dallı darı çeşitlerinde farklı sulama seviyelerinin biyokütle verimi ile değişik gelişme dönemleri için gerekli vejetasyon süresi ve GDD değerine etkilerinin belirlenmesi

Erdal GÖNÜLAL^{1*}, Süleyman SOYLU²

¹ Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü Tarla Bitkileri Bölümü, Konya, Türkiye

² Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Konya, Türkiye

Erdal GÖNÜLAL ORCID No: 0000-0002-1621-0892

Süleyman SOYLU ORCID No: 0000-0002-0420-5033

*Sorumlu yazar: erdalgonulal@hotmail.com

(Alınış: 08.10.2020, Kabul: 07.09.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Anahtar Kelimeler

Dallı darı,
GDD,
İklim değişikliği,
Kuraklık,
Su stresi

Öz: Bu çalışma dallı darı çeşitlerinin farklı sulama seviyelerinde biyokütle verimi ve bazı gelişme dönemleri için gerekli olan gün ile bitki büyüme gün derece (GDD) değerlerinin belirlenmesi amacı ile 2015 yılında tesis edilen alanda verim ve diğer tarımsal özelliklerin potansiyelinin tam olarak görüldüğü 4.yıl verileri (2018 yılı) dikkate alınarak Konya ekolojik koşullarında yürütülmüştür. Tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre yürütülen çalışmada 3 sulama seviyesi (S₁: Tam sulama, S₂: S₁' %75' i sulama, S₃: S₁' %50' si sulama) ana parselleri oluşturmuştur. Çalışmada 6 adet dallı darı çeşidi (Alamo, Kanlow, Shelter, Trailblazer, Shawnee, Cave in rock) alt parselleri oluşturmuştur. Çalışmada en yüksek ve en düşük biyokütle verimi sırasıyla S₁ konusundaki Kanlow (4271 kg da⁻¹) ve S₃ konusundaki Shawnee çeşitlerinden (1670 kg da⁻¹) elde edilmiştir. Çalışmada sulama seviyesi azaldıkça çiçeklenme ve hasat için gerekli gün sayısı ve GDD değeri artmış olup, en yüksek ve en düşük çiçeklenme gün sayısı ve bu dönem için gerekli GDD değeri sırasıyla S₃ konusundaki Alamo (137 gün ve 1465 °C) ve S₁ konusundaki Shelter çeşitlerinden (91 gün ve 892 °C) elde edilmiştir. En yüksek ve en düşük hasat gün sayısı ve bu dönem için gerekli GDD değeri ise sırasıyla S₃ konusundaki Alamo (144 gün ve 1564 °C) ve S₁ konusundaki Shelter çeşitlerinden (98 gün ve 981 °C) elde edilmiştir.

12

Determination of The Effects of Different Irrigation Levels on Biomass Yield and Vegetation Day and GDD Value Required for Different Growth Periods in Switchgrass Varieties

Keywords

Change climate,
Drought,
GDD,
Switchgrass,
Water stress

Abstract: This study was conducted to determine biomass yield and the days with growing degree days (GDD) values required for some development periods in different irrigation levels conditions of switchgrass varieties in Konya ecological conditions. The data in the study were obtained in the 4th year (2018), when the potential of the yield and other agricultural characteristics from the area established in 2015 was fully revealed. The study was carried out in randomized blocks – split plots experimental design. In the study the main parcels were irrigated levels (S₁: Full irrigation; S₂: Irrigation 75% of S₁; S₃: Irrigation 50% of S₁) and the sub plots were six switchgrass varieties (Alamo, Kanlow, Shelter, Trailblazer, Shawnee, Cave in rock). In the study, the highest and lowest biomass yield were obtained from Kanlow variety (4271 kg da⁻¹) on S₁ and Shawnee variety (1670 kg da⁻¹) on S₃ irrigation, respectively. In the study, as the irrigation level decreased, the number of days and GDD required for flowering and harvest increased, and the highest and lowest number of flowering days and the required GDD value for this period were obtained from Alamo variety at S₃ irrigation level (137 days and 1465 °C) and Shelter at S₁ irrigation level, respectively. (91 days and 892 °C). The highest and lowest number of harvest days and the required GDD value for this period were obtained from Alamo variety on S₃ (144 days and 1564 °C) and Shelter variety on S₁ (98 days and 981 °C), respectively.

1. GİRİŞ

Günümüzde birçok sektörü etkileyen iklim değişikliğinin en büyük etkileri tarımsal üretimde görülmekte ve bu etki İç Anadolu bölgesinde fazla su kaynakları üzerinde görülmektedir. Yağış miktarındaki azalış ve dengesizlikler ile sulu tarımın yaygınlaşması ile bu bölgede önemli bir tarımsal potansiyele sahip Konya havzasında su kaynaklarında azalma eğilimi olmuştur. İleriye dönük yapılan iklim tahmini çalışmalarında Türkiye'nin içinde bulunduğu alanda küresel ısınma ile birlikte kuraklık sorunu ile karşılaşılacağı ve Orta Anadolu bölgesinin bu sorunu daha fazla yaşayabileceği öngörülmektedir [1, 2].

Konya havzası üretim alanı ve polikültür üretimle ile Türkiye'de önemli bir havza olmasına rağmen aynı oranda su kaynaklarınca çok da zengin olmayıp ve her geçen yıl su bütçesinden açık vermektedir. Konya havzasında 1.8 milyar m³ emniyetli su rezervi bulunmasına rağmen, yıllık olarak kullanılan su miktarı 2.6 milyar m³ civarındadır. Bu durum bölgede yer altı ve yer üstü su kaynaklarının azalmasına sebep olmakta ve sürdürülebilir bir tarımsal üretim açısından risk oluşturmaktadır [3].

Bitkisel üretimde Türkiye'de önemli bir konumda olan n Konya havzası özellikle büyükbaş hayvan sayısı açısından da ön plana çıkmaktadır. Havzada hayvan besleme için gerekli olan kaba yem genel olarak sulu tarım alanlarından tedarik edilmekte, meraların ot kapasitesinin de yeterli olmaması ve su kaynaklarının durumu sürdürülebilir bir hayvansal üretim açısından risk taşımaktadır. Bütün bu hususlar dikkate alındığında bölgede sürdürülebilir bir hayvancılık için su tüketimi daha az olan ve marjinal alanlarda yetişebilen yeni kaba yem kaynağı olabilecek bitkilerin adaptasyonu ve yaygınlaştırılması önemli bir konudur.

Bu kapsamda çok yıllık bir sıcak iklim bitki olan ve Türkiye'de 2008' li yıllardan bugüne kadar adaptasyon ve su stresi başta olmak üzere birçok konuda çalışmaları tamamlanan dallı darı bölge için alternatif bir bitki olma potansiyelindedir. Kuzey Amerika kökenli olan, etkin su kullanımı, toprak organik madde içeriğini artırması ve kuru şartlarda biyokütle üretme yeteneğinde olan [4] dallı darı yoğun kök yapısıyla erozyonu önleyebilen ve daha az maliyetlerle yetiştirilmesinin yanında kuru ot ve silaj olarak kullanılabilenkte ayrıca, mera alanlarının iyileştirilmesi, yapay çayır mera tesisinde ve biyoetanol üretiminde kullanılabilen iki ekotipi (lowland ve upland) bulunan bir bitkidir [5].

Bir bölgede yeni bitki türlerinin adaptasyonu ve yetiştirilmesinde en yaygın ve güvenli olarak kullanılan yöntemlerin başında bitki büyüme gün derece değeri (GDD) gelmekte olup, maksimum ve minimum sıcaklık değerleri ve ilgili bitkiye ait temel sıcaklık değeri ile GDD hesaplanabilmektedir [6].

Tahıllarda gelişme dönemleri için gerekli olan sıcaklık toplamalarının belirlenmesinde çokça kullanılan GDD bir bölgeye uygun çeşitlerin ve ekim zamanlarının

belirlenmesi, tarımsal uygulamaların programlanmasında kullanılabilir [8, 9]. Dalli darı ile ilgili çalışmalarda temel sıcaklık 10 °C olarak kabul edilmiş ve [10, 11, 12, 13] önceki araştırmacılar GDD yöntemini kullanarak dallı darı büyümesinin tahmin edilebileceğini bildirmişlerdir [10]. Dalli darı çeşitlerinde çiçeklenme zamanı ve GDD değeri ile biyokütle verimi arasında pozitif bir ilişki mevcut olup [14, 15,16], Madakadze ve ark. [17] dallı darı çeşitlerinin GDD açısından farklı değerlere sahip olduğunu geç olgunlaşan çeşitlerin daha fazla GDD' ye ihtiyaç duyduğunu bildirmiştir.

Konya Karapınar şartlarında dallı darı bitkisinin optimum değerler verdiği 4. yılda (2018) verilerin alınıp değerlendirildiği çalışmada iklim değişikliğine uyum çalışmaları kapsamında su tüketimi az olan ve marjinal alanlarda yetiştirilebilen dallı darı çeşitlerinin farklı su stresi şartlarında biyokütle verimi ile bu bölge ve benzer alanlarda yetişebilme durumlarına ışık tutulması ve bazı gelişme dönemleri için gerekli olan gün ve GDD değerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Çalışma farklı sulama seviyelerinde olmak üzere Konya-Karapınar ekolojik koşullarında (370 41' 10.88" K ve 330 30' 13.07" D) 2018 yılında yürütülmüştür. Deneme alanı Türkiye' en az yağış alan ve karasal bir iklim kuşağında olan bir bölgede olup, uzun yıllara ait yağış ortalaması 291.2 mm ve deneme yılında ise 286.7 mm olarak gerçekleşmiştir.

Çalışmada bitkinin gelişme dönemi olan Nisan- Ağustos ayları arasındaki toplam yağış uzun yıllar için 108.7 mm, 2018 yılında ise 86.4 mm olarak gerçekleşmiştir. Uzun yıllar değerlerine göre en düşük ve en yüksek sıcaklık değerleri sırasıyla -15.9 °C (Şubat) ve 35.2 °C (Ağustos aylarında gerçekleşirken, deneme yılında ise-19.2 °C (Ocak) ve 35.6 °C (Ağustos) olarak ölçülmüştür. Çalışma alanının uzun yıllar ortalama sıcaklığı 11 °C olurken bu değer 2018 yılında ise 12.2 °C olmuştur.

Deneme alanı toprağı düşük organik madde içeriğine (% 0.7-1.3), yüksek kireç (% 29.4- 35.7) ve pH (7.8-8.2) değerine sahip olup, tuz sorunu olmayan 0-30 cm toprak katmanı kumlu daha alt katmanlar ise killi yapıdadır. Çok yıllık bir tür olan dallı darıda 2015 yılında ekimi yapılan ve çakılı olarak tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre yürütülen çalışmada ikisi lowland ekotipinde (Alamo, Kanlow) dördü upland ekotipinde (Trailblazer, Shelter, Shawnee ve Cave in rock) olmak üzere toplam altı dallı darı çeşidi kullanılmıştır.

Çeşitlerin tohumları tarla hazırlığından sonra 15 cm sırası olacak şekilde metrekarede 400 tohum hesabıyla tohumların biyolojik değerleri ve dormansi durumu dikkate alınarak 1Temmuz 2015 yılında 1 cm ekim derinliğine elle ekim yapılmıştır. Parsel genişliğinin 1.5 m (10 sıra) ve parsel uzunluğunun 5 metre olarak tasarlandığı toplam 7.5 m²'lik parsel alanı hasatta kenar tesirleri atıldıktan sonra 2.7 m² olmuştur. Ekimle birlikte dekara 10 kg P₂O₅ ve 3 kg N verilmiştir. Çalışma yılında

da (2018) mayıs ayında dekara 15 kg azot olacak şekilde üre formunda gübreleme yapılmıştır. Çalışmada sulama dallı darının etkili kök derinliği olan 0-90 cm toprak derinliğindeki nemi takip edilerek gravimetrik yöntemle göre eksilen nemin tarla kapasitesine getirilmesi şeklinde damla sulama ile yapılmıştır. Çalışmada ana konu olarak 3 sulama uygulaması yapılmış olup (S₁: Eksilen nemin tarla kapasitesine getirilecek şekilde tam sulama- su stresi yok; S₂: S₁ konusunun %75 i kadar sulama- hafif su stresi; S₃: S₁ konusunun %50'si kadar sulama-şiddetli su stresi), S₁ konusuna 465 mm, S₂ konusuna 349 mm ve S₃ konusuna 233 mm sulama suyu uygulanmıştır.

Çalışma 3 su konusu x 6 çeşit ve 3 tekerrür olmak üzere 54 parselden oluşmakta olup, çalışmada hasat çiçeklenmeden bir hafta sonra, [18] yerden 15 cm yükseklikten motorlu tırpan ile yapılarak yeşil biyokütle verimi belirlenmiştir. Kuru madde oranı ve kuru biyokütle verimini belirlemek için yeşil biyokütlerden 500 g numune alınmış, alınan numune tartılmış ve aynı numune etüvde 70 °C' de 48 saat kurutularak kuru madde oranı ve kuru biyokütle verimi belirlenmiştir [19].

Tablo 1. Araştırmanın yürütüldüğü Karapınar ilçesine ait günlük sıcaklık değerleri °C (Mayıs-Eylül) 2018 yılı

Gün	Mayıs		Haziran		Temmuz		Ağustos		Eylül	
	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
1	27.8	6.9	23.2	12.3	31.1	13.6	32.8	13.8	32.4	17.9
2	27.3	8.6	25	12.9	32.4	19	33	16.7	33.2	17.1
3	25.4	5.4	26.8	9.7	32.2	20.5	31.9	17	32	16.8
4	27.9	9.1	28.2	8.3	31.5	19.8	30.7	16.2	33.3	12.7
5	27.9	13.2	29.7	7.7	30.3	16.8	32.1	16.7	34.2	13.6
6	23.1	8.3	29	14.8	31	17.7	32.2	16.1	28.3	12.9
7	23	5.3	31.5	11	31.6	16.5	31.3	14.2	25.9	12.6
8	21	8.1	31.1	13.9	33.9	12.3	30.5	15.2	26.6	15.1
9	20	9	32.9	12.7	34.4	14	29.7	14.5	21.6	13.6
10	23.1	10.1	34	12.5	34	14.4	28	18.1	25.5	12.2
11	19.5	7.1	30.5	17.2	35.4	15.2	26.8	14.5	25	9.4
12	17.9	8.2	29	15.6	34	20.9	28.5	11.5	27.9	8.8
13	20.3	9.2	30.5	14.4	32.3	20.2	28.3	16.5	30.2	17.4
14	23.6	7.1	32.7	9.4	31.6	20.5	29.4	14.7	27.1	8.5
15	26.2	6.9	29.2	11.6	29.4	19.1	31.1	13.7	24.6	9.9
16	27.8	9.1	25.5	12.3	30.7	17.2	33.6	11.6	25.8	11.2
17	29.4	11.3	27	9.5	30.8	14.4	34.8	12.1	25.7	14.5
18	30	12	25	13.8	34	12.3	33.3	14.6	25.2	13.3
19	29.1	12.1	27.6	10.1	30.7	17	29.9	19.1	26.1	12.5
20	28	11.4	28.4	11.1	29	16.5	30	16.9	27.9	13.1
21	28	9.5	28.1	11.5	30.2	17.8	32.7	11.5	28.5	10.1
22	28.5	12.1	28.1	10.3	30.9	19.1	32.4	14.5	29.7	7.9
23	27.5	10.4	29.3	14	32.6	16.8	31.5	17.5	30.5	8.9
24	28	13.1	28.4	12.6	34.5	13.4	34.1	13.8	31.1	8.1
25	27	11.4	31.4	15.4	31.9	11.9	34.7	12.5	29.6	9.4
26	24.5	11.3	31.7	13.9	31.8	14.8	34.7	13.1	17.2	10.7
27	26.7	9.4	34.1	12.6	32.1	14	35.6	14.6	20.8	9.8
28	28	8.3	33.1	14.5	31.6	14.2	33.9	13.2	25.1	9
29	26.1	12.1	30.2	11.4	33	18.3	32	14.4	29.3	7.8
30	26.3	9.7	31.2	12.1	34.7	16.8	32	12.5	27	10.1
31	23	12	30.4	11.6	35.1	19.8	32.9	20.4	26.1	9.9

Çalışmada deneme yılına ait mayıs- eylül ayı arası günlük en düşük ve en yüksek sıcaklık değerleri Tablo 1' de verilmiş olup, çiçeklenme ve hasat için GDD değeri Price [12] ve Çiçek [20] 'in bildirdiği formül ve eşik değerlere göre aşağıdaki 1 nolu eşitliğe göre hesaplanmıştır. Bu araştırmacılar göre dallı darıda 10/30 eşik değerleri kullanılmıştır.

$$GDD: \sum [[(T_{max} + T_{min}) / 2] - T_{eşik}] \quad (1)$$

Eşitlikte; T max: Güne ait en yüksek sıcaklık değeri (Maximum sıcaklık 30 °C' nin üzerinde olursa formüle 30 °C yazılmıştır).

T min: Güne ait en düşük sıcaklık değeri (Minimum sıcaklık 10 °C'nin altında olursa formülde 10 °C olarak yazılmıştır). T eşik değeri: Dallı darı için eşik sıcaklık değeri 10 °C'dir [12, 20, 13], ifade etmektedir.

Çiçeklenme gün sayısı olarak bitkilerin uyanmaya başladığı tarih ile %50 çiçeklenme zamanı arasındaki gün sayısı hesap edilmiş [20] olup, biyokütle verimi çiçeklenme ve hasada ait GDD değerleri tesadüf blokları deneme desenine göre JMP 11.2.1 paket programı ile analizleri yapılmış, fark olan konular ve gruplandırmalar %1 önem seviyesine göre LSD testine tabi tutulmuştur.

3. BULGULAR

2018 yılında Konya Karapınar şartlarında altı adet dallı darı çeşidinin farklı sulama seviyeleri şartlarında, kuru biyokütle verimi, çiçeklenme ve hasat için gerekli olan gün ve GDD değerlerinin belirlenmesi amacı ile yapılan çalışmaya ait varyans analiz tablosu Tablo 2' de verilmiş olup, kuru biyokütle verimi, çiçeklenme ve hasat GDD değerleri için su uygulaması, çeşit ve su x çeşit etkileşimini arasındaki farklar %1 önem seviyesine göre önemli çıkmıştır.

Tablo 2. Farklı sulama seviyelerinde altı darı çeşidine ait varyans analizi

	S.D	Kareler ortalaması				
		BV	ÇGS	ÇGDD	HGS	HGDD
Tekerrür	2	24359	0.07	2.72	0.1	13.2
Su Uyg. (A)	2	5052926**	716**	111009**	749**	122394**
Çeşit (B)	5	2409485**	1760**	278744**	1740.1**	267768**
AxB int.	10	223602**	14.5**	1916**	12.8**	2161**
Hata	34	34004	0.58	95	0.6	93.5
CV (%)		7.3	1.1	1.0	0.7	0.8

BV: Biyokütle verimi; ÇGS: Çiçeklenme gün sayısı; HGS: Hasat gün sayısı; ÇGDD: Çiçeklenme için gerekli GDD değeri; HGDD: Hasat için gerekli GDD değeri

3.1. Kuru Biyokütle Verimi

Çalışmada ortalama biyokütle verimi 2488 kg da⁻¹ olurken, sulama uygulamaları açısından ortalama verimler sırasıyla S₁ konusunda 3090 kg da⁻¹, S₂ konusunda 2432 kg da⁻¹ ve S₃ konusunda ise 2042 kg da⁻¹ olarak belirlenmiştir (Tablo 3). Sulama suyu miktarının azalması ile birlikte kuru biyokütle veriminde azalma görülmüş olup, daha önceki çalışma [21, 22] bulguları ile benzerlik göstermektedir.

Tablo 3. Farklı sulama seviyelerinde altı darı çeşidine ait kuru biyokütle verimi (kg da⁻¹)

Çeşitler (B)	Sulama uygulamaları (A)			
	S ₁	S ₂	S ₃	Çeşit ort.
Alamo	3869 ^b	2696 ^{de}	2019 ^g	2861 ^b
Kanlow	4271 ^a	3114 ^c	2827 ^{cd}	3404 ^a
Shelter	2667 ^{de}	2167 ^{fg}	2031 ^g	2288 ^c
Shawnee	2643 ^{de}	2073 ^g	1670 ^h	2129 ^c
Cave in rock	2402 ^{ef}	2074 ^g	1684 ^h	2053 ^c
Trailblazer	2687 ^{de}	2466 ^{ef}	2018 ^g	2390 ^{bc}
Sulama ort.	3090 ^a	2432 ^b	2042 ^c	2488

LSD (0.01) A.:351; LSD (0.01) B.:497; LSD (0.01) AxB:306

S₁: Tarla kapasitesine tamamlayacak şekilde sulama, S₂: S₁'in % 75' i kadar sulama, S₃: S₁' nin % 50' si sulama

Çalışmada farklı su biyokütle verimi açısından en yüksek verimler lowland ekotipindeki streslerinde Kanlow ve Alamo çeşitlerinden elde edilirken en düşük değer ise Cave in rock çeşidinden elde edilmiştir. Su x çeşit etkileşimini açısından Kanlow ve Alamo çeşitleri tüm su stresli konularında en yüksek değeri vermiş olup, daha önce yürütülen çalışmalarda da [23,21, 24] bu çeşitler su stresli şartlarında en iyi biyokütle verimine sahip olmuşturlardır.

3.2. Çiçeklenme Gün Sayısı ve GDD

Çalışmada dallı darı bitkisinde su stresli çiçeklenme için gerekli gün sayısı ve GDD değerini artırmıştır. S₁ konusunda çiçeklenme gün sayısı 100 gün, GDD değeri 1011 °C, S₂ konusunda çiçeklenme gün sayısı 105 gün, GDD değeri 1072 °C ve S₃ konusunda ise çiçeklenme gün sayısı 113 gün ve GDD değeri 1166 °C olmuştur (Tablo 4). Birçok sıcak iklim tahılında su stresli geç çiçeklenmeyi geciktirmekte [25] bu çalışmada da %25 oranındaki bir su stresinde (S₂) S₁'e göre 5 günlük, %50 su stresli oranında (S₃) ise 13 günlük bir gecikme olmuştur. (Tablo 3). Çalışma sonuçlarını destekler mahiyette Soylu ve ark. [18] dallı darıda su stresli ile birlikte çiçeklenmenin geciktiğini bildirmişlerdir.

Çeşitler açısından çiçeklenme ve GDD değerlerine bakıldığında upland çeşitlerin daha erken çiçeklendiği ve daha düşük GDD değerine sahip oldukları görülmüş olup en düşük ve en yüksek çiçeklenme ve GDD değerleri sırasıyla Shelter (96 gün ve 892 °C GDD)- Alamo (117 gün ve 1227 °C GDD) çeşitlerinden elde edilmiştir (Tablo 4). Çalışma sonuçlarını destekler şekilde birçok araştırmacı [18, 26] lowland ekotipindeki çeşitlerin upland çeşitlere göre daha geç çiçeklenme gösterdiğini bildirmiş olup, Esbroeck ve ark. [27] GDD değeri ile ilgili 5 dallı darı çeşidinde yürüttükleri çalışmada en erken çiçeklenen çeşit Cave in rock olmuş ve bu dönem için 634 °C GDD değerine sahip olurken, en geç çiçeklenen ise çeşit Alamo çeşidi olmuş ve 1777 °C GDD değerine sahip olmuştur. Yine başka bir çalışmada Çiçek [20] Konya şartlarında upland çeşitlerin daha erken çiçeklendiğini ve daha düşük GDD değerine sahip olduğunu ve GDD değerlerinin 833- 1304 °C arasında olduğunu bildirmiştir.

Tablo 4. Çalışmada %50 çiçeklenme dönemi için elde edilen gün ve GDD değerleri Sulama uygulamaları(A)

Çeşitler (B)	S ₁		S ₂		S ₃		Ortalama	
	Gün	GDD	Gün	GDD	Gün	GDD	Gün	GDD
Alamo	117 ^d	1227 ^d	127 ^b	1346 ^b	137 ^a	1465 ^a	127 ^a	1346 ^a
Kanlow	114 ^e	1190 ^e	120 ^c	1260 ^c	127 ^b	1346 ^b	120 ^b	1265 ^b
Shelter	91 ¹	892 ¹	96 ^k	956 ^j	102 ^g	1033 ^g	96,3 ^d	960 ^d
Shawnee	92 ¹	906 ¹	95 ^k	943 ^k	102 ^g	1033 ^g	96,3 ^d	961 ^d
Cave in rock	92 ¹	906 ¹	95 ^k	943 ^k	100 ^h	1009 ^h	95,7 ^d	953 ^d
Trailblazer	95 ^k	943 ^k	98 ¹	984 ¹	108 ^f	1111 ^f	100 ^c	1013 ^c
Ort.	100 ^c	1011 ^c	105 ^b	1072 ^b	113 ^a	1166 ^a	106	1083

Çiçeklenme gün sayısı: LSD (0.01)_A:2.8; LSD (0.01)_B:3.7; LSD (0.01)_{AxB}:1.3

Çiçeklenme GDD: LSD (0.01)_A:32.5; LSD (0.01)_B:46; LSD (0.01)_{AxB}:16.1

3.3. Hasat Gün Sayısı ve GDD

Çalışmada su stresi dallı darı çeşitlerinde çiçeklenmede olduğu gibi hasat zamanını da geciktirmiş ve GDD miktarı daha yüksek olmuştur. Hasat gün sayısı ve GDD değeri sırasıyla tam sulama yapılan konuda (S₁) 107 gün

ve 1099 °C, S₂ konusunda 112 gün ve 1160 °C, S₃ konusunda ise 120 gün ve 1264 °C olmuştur (Tablo 5).

Tablo 5. Çalışmada hasat için elde edilen gün ve GDD değerleri sulama uygulamaları(A)

Çeşitler(B)	S ₁		S ₂		S ₃		Ortalama	
	HGS	HGDD	HGS	HGDD	HGS	HGDD	HGS	HGDD
Alamo	124 ^d	1306 ^d	134 ^b	1430 ^b	144 ^a	1564 ^a	134 ^a	1433 ^a
Kanlow	121 ^e	1272 ^e	127 ^c	1346 ^c	134 ^b	1430 ^b	127 ^b	1349 ^b
Shelter	98 ¹	981 ^m	104 ^j	1045 ^j	110 ^g	1138 ^g	104 ^{cd}	1055 ^{cd}
Shawnee	99 ¹	998 ¹	102 ^k	1033 ^k	110 ^g	1138 ^g	104 ^{cd}	1055 ^{cd}
Cave in rock	99 ¹	998 ¹	102 ^k	1033 ^k	107 ^h	1111 ^h	103 ^d	1047 ^d
Trailblazer	102 ^k	1033 ^k	105 ¹	1071 ¹	115 ^f	1202 ^f	107 ^c	1102 ^c
Ort.	107 ^c	1099 ^c	112 ^b	1160 ^b	120 ^a	1264 ^a	113	1174

Hasat gün sayısı: LSD (0.01)_A:2.7; LSD (0.01)_B:3.8; LSD (0.01)_{AxB}:1.3

Hasat GDD: LSD (0.01)_A:34.5; LSD (0.01)_B:48.8; LSD (0.01)_{AxB}:16

S₁: Tarla kapasitesine tamamlayacak şekilde sulama, S₂: S₁'nin % 75' i kadar sulama, S₃: S₁'in % 50' si sulama

HGS: Hasat gün sayısı, HGDD: Hasat için gerekli GDD değeri

Çeşitler açısından en düşük hasat gün sayısı ve GDD değeri Cave in rock çeşidinden (103 gün ve 1047 °C GDD) elde edilirken, en yüksek değer ise Alamo çeşidinden (134 gün ve 1433 °C GDD) elde edilmiştir (Tablo 5). Su x çeşit interaksyonu açısından bakıldığında lowland ekotipindeki çeşitlerin (Alamo ve Kanlow) upland çeşitlere göre (Cave in rock, Shelter, Trailblazer ve Shawnee) daha yüksek hasat gün sayısı ve GDD değerine sahip oldukları görülmüştür (Tablo 5).

Çalışma sonuçlarına benzer şekilde çiçeklenme zamanında olduğu gibi su stresinin hasat zamanını da geciktirdiği birçok araştırmacı tarafından bildirilmiş olup, Çiçek [20] hasat için GDD değerini 1076-1497 °C aralığında belirlemiş ve lowland ekotipindeki çeşitlerin daha geç çiçeklendiği ve geç hasat edildiğini ve sonuç olarak GDD değerlerinin daha yüksek olduğunu bildirmiştir.

4. SONUÇ

Çalışma sonucu genel olarak değerlendirildiğinde su stresinin birçok sıcak iklim tahlında olduğu gibi, dallı darıda da çiçeklenme ve hasat tarihini geciktirdiği ve daha yüksek GDD değerine sahip olduğu ve aynı zamanda biyokütle veriminde düşüğe neden olduğu görülmüştür. Çeşitler açısından ise lowland ekotipindeki (Alamo ve Kanlow) çeşitlerin hem tam sulama hem de su stresi konularında en geç çiçeklenen ve hasat edilen ve aynı zamanda en yüksek biyokütle verimine sahip çeşitler oldukları ve dallı darıda çiçeklenme gün sayısı ve GDD değeri ile biyokütle verimi arasında pozitif bir ilişkinin olduğu görülmüştür.

Türkiye ve bölge için yeni bir bitki olan dallı darının GDD isteklerine bakıldığında her iki ekotipteki (lowland ve upland) çeşitlerin Konya ve benzer bölgeler için uygun olduğu, vejetasyon süresi daha kısa olan bölgelerde ise upland çeşitlerin daha uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Giannakopoulos C, Bindi M, Moriondo M, Tin T. Climate change impacts in the mediterranean resulting form a 2 °c global temperature rise. A Report for WWF.2005.
- [2] Yürekli K, Anlı AS. Standartlaştırılmış yağış indeksi ile Karaman İli kuraklığının analizi. Konya Kapalı Havzası yer altı suyu ve kuraklık konferansı. 2008; p.246.
- [3] Anonymous. Problems of Konya closed basin groundwater and solutions. Konya Chamber of Geological Engineers publications (News bulletin p: 78-81). 2009; (Accessed 01.10.2019).
- [4] David K, Ragauskas AJ. Switchgrass as an energy crop for biofuel production: a review of its ligno-cellulosic chemical properties. *Energy & Environmental Science*. 2010; 3 (9), 1182-1190.
- [5] Ma Z, Wood CW, Bransby DI. Soil management impacts on soil carbon sequestration by switchgrass. *Biomass and Bioenergy*. 2000; 18 (6): 469-477.
- [6] Choelho DT, Dale RF. An energy crop growth variable and temperature function for predicting corn growth and development: planting to silking. *Agronomy Journal*. 1980; 72:503-510.
- [7] Vincent CD. Recent advances in modeling crop response to temperature. *Outlook on Agriculture*. 1989; 18: 54-57.
- [8] Young JA, Vance GF, Zhang R. Climatic patterns in the Big Horn Basin, Wyoming. University of Wyoming.2000. Available at www.uwyo.edu/ces/PUBS/B-1089.pdf 05/03/2004
- [9] Soler CMT, Sentelhas PC, Hgoogenboom G. Thermal time for phenological development of four maize hybrids grown off-season in a subtropical environment. *Journal of Agricultural Science*. 2005;143: 69–182.
- [10] Sanderson MA, Wolf DD. Morphological development of switchgrass in diverse environments. *Agronomy Journal*. 1995; 87(5): 908-915.
- [11] Heaton E, Voigt T, Long SP. A quantitative review comparing the yields of two candidate C4 perennial biomass crops in relation to nitrogen, temperature and water. *Biomass and Bioenergy*. 2004; 27 :21-30
- [12] Price DL. Genetic improvement of biomass yield in upland switchgrass (*Panicum virgatum* L.) using secondary plant morphological traits. Thesis of doctora. Page 17. University of Wisconsin. 2013.
- [13] Sena KL, Goff B, Davis D, Smith SR. Switchgrass growth and forage quality trends provide insight for management. *Crop Forage Turfgrass Manage*.2018; 4: 4
- [14] Bhandari HS, Saha MC, Fasoula VA, Bouton JH. Estimation of genetic parameters for biomass yield in lowland switchgrass (*Panicum virgatum* L.). *Crop Sci*. 2011; 51:1525-1533.
- [15] Sripathi R. Genotypic variations and genotype x environment (g x e) interactions among new switchgrass (*Panicum virgatum* L.) populations in Oklahoma. Oklahoma State University. Master Thesis. 2011; p.33-39.
- [16] Cortese, LM, Bonos SA. Bioenergy traits of ten switchgrass populations grown in the northeastern/Mid-Atlantic USA. *Bioenerg. Res*. 2013; 6:580–590.
- [17] Madakadze IC, Coulman BE, Peterson P, Stewart KA, Samson R, Smith, DL. Leaf area development, light interception, and yield among switchgrass populations in a short-season area. *Crop Science*. 1998; 38 (3): 827-834.
- [18] Soylu S, Sade B, Ögüt H, Akınerdem F, Babaoğlu M, Ada R, Eryılmaz T, Öztürk Ö, Oğuz H. Investigation of agronomic potential of switchgrass as an alternative biofuel and biomass crop for Turkey. 18th European Biomass Conference. 2010. Lyon Fransa.
- [19] Muir JP, Sanderson MA, Ocumpaugh W, Jones RM, Reed RL. Biomass production of alamo' switchgrass in response to nitrogen, phosphorus, and row spacing. *Agronomy Journal*. 2001; 93 (4): 896-901.
- [20] Çiçek F.. Dallı darı çeşitlerinin farklı gelişme dönemleri için g.d.d isteklerinin tespiti ve farklı biçim sıklıklarına tepkisinin belirlenmesi üzerine araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Ün.v. 2017.
- [21] Barney JN, Mann JJ, Kayser GB, Blumwald E, Deynze AV, Ditomaso JM. Tolerance of switchgrass to extreme soil moisture stress: ecological implications. *Plant Science*. 2009; 177: 24–732.
- [22] Vamvuka D, Topouzi V, Sfakiotakis S. Evaluation of production yield and thermal processing of switchgrass as a bio-energy crop for the Mediterranean region. *Fuel Processing Technology*. 2010; 91 (9): 988- 996.
- [23] Aimar D, Calafat M, Andrade AM, Carassay L, Bouteau F, Abdala G, Molas ML. Drought effects on the early development stages of *Panicum virgatum* L.: cultivar differences. *Biomass and Bioenergy*. 2014; 66: 49-59.
- [24] Liu Y, Zhang X, Tran H, Shan L, Kim J, Childs K, Ervin EH, Frazier T, Zhao B. Assessment of drought tolerance of 49 switchgrass genotypes using physiological and morphological parameters. *Biotechnology for Biofuels*. 2015; 8 (1): 152.
- [25] Gönülal E, Soylu S. Mısır (*Zea mays* L.) bitkisinde farklı fenolojik dönemlerdeki su kısıntılarının bazı tarımsal özellikler üzerine etkileri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*. 2019; 6(4): 753–758.
- [26] Şeflek A. Dallı darı (*Panicum virgatum* L.) çeşitlerinin verim, bazı morfolojik, fenolojik ve fizyolojik özelliklerinin tespiti. Selçuk Ün.v. Yüksek Lisans Tezi.2010; p.26-52.
- [27] Esbroeck GA, Hussey MA, Sanderson MA. Leaf appearance rate and final leaf number of switchgrass cultivars. *Crop Sci*. 1997; 37:864-870



Dağılımlı Zaman Gecikmeli Bir SIS Salgın Modelinin Kararlılığına İlişkin Bazı Sonuçlar

Sümeyye ÇAKAN^{1*}

¹ İnönü Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, Malatya, Türkiye
 Sümeyye ÇAKAN ORCID No: 0000-0001-8761-8564

*Sorumlu yazar: sumeyye.tay@inonu.edu.tr

(Alınış: 21.10.2020, Kabul: 15.09.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Anahtar Kelimeler
 Matematiksel
 model,
 Asimptotik
 kararlılık,
 Hastalıktan
 bağımsız denge
 noktası,
 Hastalıkla ilişkili
 denge noktası,
 İkincil enfeksiyon
 sayısı (Temel çoğalma
 sayısı)

Öz: Bu çalışmada salgın hastalıkların yayılması konusunda literatürde mevcut olan diğer *SIS* matematiksel salgın modellerinden farklı olarak, bireylere göre değişen latent periyodunun hastalığın yayılmasına ilişkin süreçteki etkisi dikkate alınarak lineer olmayan dağılımlı gecikmeli bir integro-diferensiyel denklem sistemi yardımıyla matematiksel bir model sunulmuştur. Lineer olmayan bu sistemin hastalıktan bağımsız ve hastalıkla ilişkili denge noktaları elde edilerek, modele ilişkin ikincil enfeksiyon sayısı (temel çoğalma sayısı) bulunmuştur. Ardından salgının seyirinde kritik bir parametre olan ikincil enfeksiyon sayısının 1'den küçük olup olmayışına göre denge noktalarının ve dolayısıyla sistemin kararlılığına dair bazı sonuçlar elde edilmiştir.

Some Results Related to Stabilities of an SIS Epidemic Model with Distributed Time Delay

Keywords
 Mathematical model,
 Asymptotic stability,
 Disease-free
 equilibrium point,
 Endemic Equilibrium
 Point,
 The Number of
 Secondary Infections
 (Basic Reproduction
 Number)

Abstract: In this study, as differently from other *SIS* mathematical epidemic models which there exist in the literature on the spread of epidemic diseases, a mathematical epidemic model has been presented by means of the system of nonlinear distributed delay integro-differential equations, taking into account that the effect of latent period which varies according to individuals on the spread of the disease. The disease-free and endemic equilibrium points of this nonlinear system have been obtained, also the number of secondary infections (basic reproduction number) related to the model has been found. Then some results about the stability of the equilibrium points and so the stability of the system have been obtained according to whether the number of secondary infections, which is a crucial parameter on the spread of diseases, is less than 1 or not.

1. GİRİŞ

Tarih boyunca salgın hastalıkların insanlığın yaşamı üzerinde büyük etkilerinin olduğu açık ve acı bir gerçektir. Dünya nüfusunun, kentleşmenin ve sanayileşmenin artmasının da bir sonucu olarak, insanlık için doğal tehditler arasında yer alan salgın hastalıklarla mücadele her alanda devam etmektedir. Salgına sebep olan hastalığın yayılmasını önlemek ve böylece salgını kontrol altına almak için salgın dinamiklerinin incelenmesi oldukça önemlidir. Salgın hastalıkları inceleyen bir bilim dalı olan epidemiyolojide matematiksel modelleme tekniği, hastalığın seyrinin

davranış dinamiklerinin incelenmesi ve kararlılık analizlerinin yapılması açısından etkin rol oynamaktadır. Başka bir deyişle, epidemiyolojide etkin bir şekilde kullanılan matematiksel modelleme, hastalığın yayılmasını etkileyen dinamiklerin, model kurma ve modeli analiz etme ile anlaşılmasını ve açıklanmasını sağlayarak hastalığın yayılmasının kontrolü için bazı sonuçlar önerebilmektedir.

Bir salgın hastalığın yayılması matematiksel modelleme ile izah edilirken, bir bölgedeki nüfus genellikle farklı kompartımanlara ayrılır. Bu şekilde kompartımanlar arasındaki ilişkileri (geçişleri) formüle eden modeller, literatürde “kompartımental modeller” olarak bilinir.

Literatürde, salgın bir hastalığın bir popülasyonda yayılmasını inceleyen pek çok kompartmantal model çeşitli formlarda oluşturulmuştur.

Kermack ve McKendrick [1] 1927 yılında yaptıkları çalışma ile matematiksel epidemiyolojide yaygın olarak kullanılan kompartmantal matematiksel modellere öncülük etmişlerdir. Kermack ve McKendrick tarafından önerilen modelde, bulaşıcı bir hastalığa maruz kalan popülasyon üç gruba ayrılmıştır. Birinci grubu, hastalığa henüz yakalanmamış, ancak hastalığa karşı bağışıklığı olmadığı için hastalığa yakalanma ihtimali mevcut olan bu nedenle hastalığa karşı duyarlı bireyler (**S**usceptible Individual) oluşturmaktadır. İkinci grupta ise hastalık yapıcı patojene maruz kalarak enfekte olmuş, hastalık yapıcı patojeni taşıyan ve hastalığı duyarlı bireylere bulaştırabilen bulaştırıcı bireyler (**I**nfectious Individual) yer almaktadır. Üçüncü grup ise iyileşmiş ve hastalığa karşı bağışıklık kazanmış bireylerden (**R**emoved Individual) oluşmaktadır. Modelde yer alan grupların ilk harflerinden hareketle popülasyonun üç temel sınıfa ayrıldığı bu model “*SIR Model*” olarak adlandırılmaktadır.

SIR modelin literatüre kazandırılmasının ardından, birçok yazar bu modeli daha da ileriye taşımak için gerçeğe yakın yaklaşımlarla pek çok ayrıntıyı barındıran çeşitli modeller üzerinde çalışmıştır. Kompartmantal modellerde düşünülen çeşitli detaylar, salgınlardaki daha karmaşık olguları daha doğru bir şekilde açıklamak ve böylece daha gerçekçi yaklaşımlar elde etmek için düşünülmektedir.

Kermack ve McKendrick tarafından önerilen *SIR* modelde üçüncü kompartman olan R sınıfı, hastalığa karşı bağışıklık kazanarak iyileşen, tekrar enfekte olma olasılığı olmayan veya enfeksiyonu yayma olasılığı olmayan bireylerden oluşmaktadır. Ancak bilindiği gibi bazı salgınlarda, zamanla veya uygulanan tedaviler neticesinde bireyler iyileşmesine rağmen bağışıklık oluşmaz ve iyileşen bireyler patojene tekrar maruz kalması halinde enfekte duruma geçebilir. Böylece iyileşmiş bireylerin hastalığa karşı duyarlılığı devam eder. Bu durumdaki bireyler enfeksiyon sonrasında tekrar duyarlılar (**S**usceptibles) sınıfına dahil olurlar. Bu şekilde bir döngüyü açıklamak üzere kullanılan kompartmantal model *SIS* (*S*usceptible-*I*nfectious-*S*usceptible) tipi modeldir.

SIS kompartmantal modellerine ilişkin farklı içerik ve niteliklerde bazı çalışmalara [2-13] referans numaralı kaynaklarından ulaşılabilir.

Mevsimsel grip (influenza), menenjit, veba, verem (tüberküloz), sıtma, uyku hastalığı, cinsel yolla bulaşan bel soğukluğu ve frengi gibi hastalıkların *SIS* tipi modelleme ile kompartmanlar arası geçişleri tasavvur edilerek, modele ait geçiş diyagramı diferensiyel denklem sistemi ile ifade edilir ve hastalıkların bir popülasyondaki seyrinin matematiksel bir modeli oluşturulabilir.

SIS model ile *SIR* modeli birbirinden ayıran en önemli fark, *SIR* modelin oluşturulmasında bireyin hastalık bitiminde kalıcı olarak bağışıklık kazandığı varsayımdır. *SIS* modelde ise bireylerde bağışıklık kazanma durumu söz konusu değildir.

2. MATERYAL VE METOT

t bağımsız zaman değişkeni, $N(t)$ t anındaki toplam nüfusu, $S(t)$ popülasyondaki duyarlı bireylerin sayısı ve $I(t)$ hasta bireylerin sayısı olmak üzere, her t anında $N(t) = S(t) + I(t)$ eşitliğinin sağlandığı, popülasyonun dışarıdan göç almadığı, dışarıya göç vermediği, doğum ve ölüm ile popülasyona girişin ve popülasyondan ayrılışın yaşanmadığı, doğuştan gelen bir bağışıklığın olmadığı, ayrıca; yaş, cinsiyet, meslek vb. gibi faktörlerin hastalığa yakalanmada etkili olmadığı, popülasyonun homojen ve popülasyondaki her bir hasta bireyin hastalığı bulaştırma olasılığının eşit olduğu kabulleri altında en basit haliyle bir *SIS* matematiksel epidemik model,

$$\frac{dS(t)}{dt} = -\beta S(t)I(t) + \gamma I(t) \quad (1)$$

$$\frac{dI(t)}{dt} = \beta S(t)I(t) - \gamma I(t)$$

şeklindeki bir diferensiyel denklem sistemi ile ifade edilmektedir.

Modelde enfeksiyon taşıyanların (enfektiflerin) karantinada tutulmadığı ve diğer bireylerle normal etkileşimde oldukları varsayılmaktadır. Bu nedenle enfekte bireylerin hastalığa duyarlı bireylerle etkin teması sonucunda, duyarlı bireyler hastalık etkenine (patojene) maruz kalarak belirli oranda I sınıfına geçerler. Modeldeki β enfeksiyonu bulaştırma oranını (etkin temas oranını) ve γ hastaların iyileşme oranını göstermektedir.

t zaman parametresinin değişimine göre salgının zaman içerisindeki kompartmanlar bazındaki değişimini açıklayan bu tip epidemik modeller genel olarak lineer olmayan (non-linear) denklem sistemleri ile oluşturulur.

Bu çalışma t zaman parametresine bağlı olan S ve I şeklinde bilinmeyen iki fonksiyondan oluşan diferensiyel denklem sistemi ile ilgilendiğinden, aşağıda verilen tanım ve teoremler, daha genel halleriyle verilen karmaşık formlardan süzülerek, basitleştirilmiş şekilde özel olarak \mathbb{R}^2 için verilmiştir.

x ve y bilinmeyen, f ve g bilinen fonksiyonlar olmak üzere

$$\frac{dx}{dt} = f(x, y) \quad (2)$$

$$\frac{dy}{dt} = g(x, y)$$

şeklindeki birinci mertebeden otonom bir diferensiyel denklem sistemi verilsin. Burada $f(x, y)$ ($g(x, y)$) ile

$f(x(t), y(t))$ ($g(x(t), y(t))$) kastedilmektedir. \bar{x} ve \bar{y} sabit fonksiyonlar olmak üzere $f(\bar{x}, \bar{y}) = 0$ ve $g(\bar{x}, \bar{y}) = 0$ eşitliklerini sağlayan (\bar{x}, \bar{y}) noktası (2) sistemi için bir denge noktasıdır.

f ve g fonksiyonları (\bar{x}, \bar{y}) noktasını içeren açık bir kümede ikinci mertebeden kısmi türevlere sahip, $u = x - \bar{x}$ ve $v = y - \bar{y}$ olsun. Bu durumda $f_x(\bar{x}, \bar{y}) = \frac{\partial f(\bar{x}, \bar{y})}{\partial x}$ olmak üzere f ve g fonksiyonlarının (\bar{x}, \bar{y}) denge noktası civarındaki Taylor serisi açılımı,

$$\frac{du}{dt} = f(\bar{x}, \bar{y}) + f_x(\bar{x}, \bar{y})u + f_y(\bar{x}, \bar{y})v + f_{xx}(\bar{x}, \bar{y})\frac{u^2}{2} + f_{xy}(\bar{x}, \bar{y})uv + f_{yy}(\bar{x}, \bar{y})\frac{v^2}{2} + \dots$$

$$\frac{dv}{dt} = g(\bar{x}, \bar{y}) + g_x(\bar{x}, \bar{y})u + g_y(\bar{x}, \bar{y})v + g_{xx}(\bar{x}, \bar{y})\frac{u^2}{2} + g_{xy}(\bar{x}, \bar{y})uv + g_{yy}(\bar{x}, \bar{y})\frac{v^2}{2} + \dots$$

şeklinde dir. $Z = (u, v)^T$ ve $J = \begin{bmatrix} f_x(x, y) & f_y(x, y) \\ g_x(x, y) & g_y(x, y) \end{bmatrix}$ olmak üzere (2) sisteminin (\bar{x}, \bar{y}) denge noktası civarındaki lineerleştirilmiş formu

$$\frac{dZ}{dt} = JZ \quad (3)$$

ile ifade edilir. J matrisinin karakteristik denklemi

$$\lambda^2 - Tr(J) + det(J) = 0$$

olmak üzere (3) lineer sisteminin çözümlerinin denge noktasına yaklaşması için gerek ve yeter şart öz değerlerin negatif reel kısımlara sahip olmasıdır. Öz değerlerin negatif reel kısımlara sahip olması için gerek ve yeter şart ise $Tr(J) < 0$ ve $det(J) > 0$ olmasıdır, [14].

Lineer olmayan bir sistemin denge noktalarının kararlılığı, sistemin denge noktası civarındaki lineerleştirilmiş formu üzerinden değerlendirilebilir.

Teorem 1: (2) sisteminin (\bar{x}, \bar{y}) denge noktasının lokal asimptotik kararlı olması için gerek ve yeter şart, J denge noktasındaki Jakobiyen matrisi olmak üzere $Tr(J) < 0$ ve $det(J) > 0$ olmasıdır. Ayrıca $Tr(J) > 0$ ve $det(J) < 0$ olması durumunda denge noktası kararsızdır, [14].

Sistemin global kararlılığını araştırmak zorlayıcı olsa da; sistem için uygun Lyapunov fonksiyonu bulma yöntemi ve uygun fonksiyonun oluşturulmasının ardından Krasovskii-LaSalle Prensibi en çok kullanılan tekniklerdendir. Aşağıda Lyapunov fonksiyonunun tanımı ve bu tanım için gerekli ön tanım verilmiştir.

İlerleyen kısımlarda (0,0) ile denge noktası temsil edilmektedir. Zira (0,0) 'dan (orijinden) farklı herhangi bir (\bar{x}, \bar{y}) denge noktası, uygun değişken değişimleri ile

(0,0) noktasına kaydırılabilir. Gerçekten de $(\bar{x}, \bar{y}) \neq (0,0)$ için $(x_1, y_1) = (x - \bar{x}, y - \bar{y})$ olmak üzere

$$\begin{aligned} (x_1', y_1') &= (f(x, y), g(x, y)) \\ &= (f(x_1 + \bar{x}, y_1 + \bar{y}), g(x_1 + \bar{x}, y_1 + \bar{y})) \\ &= (f^*(x_1, y_1), g^*(x_1, y_1)) \end{aligned}$$

alınırsa

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= f^*(x_1, y_1) \\ \frac{dy_1}{dt} &= g^*(x_1, y_1) \end{aligned}$$

sistemi için (0,0) bir denge noktasıdır ve bu sistem (2) sistemine denktir. Dolayısıyla, genelliği bozmayacağından (0,0) için verilecek sonuçların herhangi bir denge noktası için de geçerli olacağına dikkat edilmelidir.

Tanım 1: $L(x, y)$ fonksiyonu (0,0) noktasını içeren bir U bölgesinde birinci mertebeden kısmi türevlenebilen bir fonksiyon olsun. Eğer $L(0,0) = 0$ ve U bölgesinde (0,0) dışındaki her (x, y) için;

- i) $L(0,0) > 0$ ise, L fonksiyonu U bölgesinde pozitif tanımlıdır,
- ii) $L(0,0) \geq 0$ ise, L fonksiyonu U bölgesinde yarı pozitif tanımlıdır,
- iii) $L(0,0) < 0$ ise, L fonksiyonu U bölgesinde negatif tanımlıdır,
- iv) $L(0,0) \leq 0$ ise, L fonksiyonu U bölgesinde yarı negatif tanımlıdır denir, [14].

Tanım 2: (0,0) noktası (2) sisteminin denge noktası olmak üzere, (0,0) noktasını içeren bir U bölgesinde her (x, y) için L fonksiyonu pozitif tanımlı ve L' türev fonksiyonu yarı negatif tanımlı ise L fonksiyonuna (2) sistemi için bir Lyapunov fonksiyonudur denir, [14].

Literatürde Lyapunov'un Direkt Metodu veya Lyapunov'un Kararlılık Teoremi olarak bilinen aşağıdaki kabul ve bu kabulün sonucunda verilen hüküm, (2) sisteminin (\bar{x}, \bar{y}) denge noktasının global asimptotik kararlılığını araştırmada kullanılan Krasovskii-LaSalle Prensibi için gerekli bir metottur.

Teorem 2: (0,0) noktası (2) sisteminin denge noktası olmak üzere, (0,0) noktasını içeren \mathbb{R}^2 'nin açık bir U alt kümesi verilsin. $L: U \rightarrow \mathbb{R}$ pozitif tanımlı ve C^1 sınıftan bir fonksiyon olsun. Yani $L(0,0) = 0$ ve $(x, y) \neq (0,0)$ olan her (x, y) için $L(x, y) > 0$ sağlansın. Bu durumda,

- i) Eğer her $(x, y) \in U \setminus \{(0,0)\}$ için $L'(x, y) \leq 0$ ise, (0,0) denge noktası kararlıdır,
- ii) Eğer her $(x, y) \in U \setminus \{(0,0)\}$ için $L'(x, y) < 0$ ise, (0,0) denge noktası asimptotik kararlıdır,
- iii) Eğer her $(x, y) \in U \setminus \{(0,0)\}$ için $L'(x, y) > 0$ ise, (0,0) denge noktası kararsızdır, [14].

Sistemlerin global asimptotik kararlılığına ilişkin sonuç veren aşağıdaki teorem, Krasovskii-LaSalle Prensibini, özelde, \mathbb{R}^2 'nin açık bir U alt kümesi üzerinde tanımlı bir $L: U \rightarrow \mathbb{R}$ fonksiyonu için ifade eder.

Teorem 3: $(0,0)$ noktası (2) sisteminin denge noktası olmak üzere, $(0,0)$ noktasını içeren \mathbb{R}^2 'nin açık bir U alt kümesi verilsin. $L: U \rightarrow \mathbb{R}$ fonksiyonu için; $L(0,0) = L'(0,0) = 0$, $(x,y) \neq (0,0)$ olan her (x,y) için $L(x,y) > 0$ (L fonksiyonu pozitif tanımlı), $L'(x,y) \leq 0$ (L' türev fonksiyonu yarı negatif tanımlı) ve $\|(x,y)\| \rightarrow \infty$ iken $L(x,y) \rightarrow \infty$ koşullarını sağlayan $L \in C^1(U)$ reel değerli fonksiyonu mevcut olsun. ∇ kümesi de $\{(x,y): L'(x,y) = 0\}$ kümesinde tamamen içerilen çözüm eğrilerinin birleşimi olsun. Bu durumda ∇ herhangi bir çözüm eğrisinin yığılma noktasını ihtiva eder. Özel olarak, ∇ kümesi $t \geq 0$ için $(x(t), y(t)) = (0,0)$ haricinde herhangi bir çözüm eğrisi içermiyorsa, $(0,0)$ noktası global asimptotik kararlıdır, [15].

Tanım 3: (2) sistemi için $(x(0), y(0)) \in \nabla$ olması, her $t > 0$ için $(x(t), y(t)) \in \nabla$ olmasını gerektirecek şekilde bir ∇ kümesi mevcut ise, ∇ kümesine (2) sistemi için pozitif invariant küme denir.

Ayrıca çalışmanın detaylarında kullanılan, literatürde "Standard Comparison Theorem" olarak bilinen teoremin ve "Next Generation Matrix Method" olarak bilinen yöntemin detaylarına sırasıyla [16], [17] ve [18] numaralı kaynaklardan ulaşılabilir.

3. BULGULAR

Bu çalışmada, klasik SIS tipi modellerin farklı bir genelleştirmesi olarak S kompartımanından I kompartımanına geçişlerin dağılımlı zaman gecikmeli olduğu düşüncesiyle çalışılmıştır.

(1) ile verilen modelin terim ve parametrelerine ek olarak bu modelde, b doğum ya da içe göç ile popülasyona yeni katılan birey sayısını, μ S ve I kompartımanlarındaki doğal ölüm oranını ve δ hastalığa bağlı ölüm oranını göstermektedir. Hastalanmış bir birey iyileştikten sonra bağışıklık kazanmadığı için tekrar hastalığa duyarlı sınıfa geçecektir. I sınıfından S sınıfına olan bu geçiş γ ile temsil edilmektedir.

Popülasyona yeni katılan bireylerin tümünün hastalığa karşı duyarlı oldukları varsayımı ile, modelde popülasyona tüm girişlerin S sınıfına olduğu düşünülmüştür.

Hastalıkların doğasında, enfeksiyon yapıcı etkenin (enfeksiyon ajanı veya patojenin) duyarlı kişiye tesir etmesi ile kişinin bulaştırıcı (infectious) olmasına kadar geçen bir süre vardır. Bu süre latent periyodu olarak adlandırılır ve bulaşıcı hastalıklar için bu süre genelde sonlu bir süredir. Bu sürenin tamamlanması durumunda ancak hasta bir birey duyarlı bir bireyle etkin teması sonucunda hastalığı bulaştırabilir. Bu süre bireyin hastalığa karşı gösterdiği dirence göre, bireyden bireye değişiklik gösterebilir. Bu çalışmanın temelini oluşturan aşağıdaki modelde kullanılan ve bireylere göre

değişkenlik gösteren hastalık yayabilme potansiyeline ulaşma diyebileceğimiz bu latent sürecinin doğurduğu gecikme sürelerinin ifade edilişi $[0,1]$ aralığında değerler alan sürekli bir f çekirdek (kernel) fonksiyonu yardımı ile sağlanmaktadır. $0 < h < \infty$ olmak üzere, h maksimum latent periyodunu ve $0 \leq \tau \leq h$ olmak üzere, τ her bir bireyin latent periyodunu göstermektedir. $f: [0, h] \rightarrow [0,1]$ olmak üzere $f(\tau)$ latent periyodu τ olan bireylerin yoğunluğunu, $f(\tau)I(t-\tau)e^{-\mu\tau}$ ifadesi, $t-\tau$ anında hastalık yapıcı etkene maruz kalmış, latent periyodu τ kadar olan ve halen hayatta olan bireylerin sayısını; ve $\int_{\tau=0}^h f(\tau)I(t-\tau)e^{-\mu\tau}d\tau$ ifadesi ise t anında bulaştırıcı özelliği olan toplam birey sayısını göstermektedir. Böylece $\beta S(t) \int_{\tau=0}^h f(\tau)I(t-\tau)e^{-\mu\tau}d\tau$ ifadesi de latent periyodunu tamamlamış hasta bireylerin duyarlı bireylerle etkili bir teması sonucunda, duyarlı bireyler arasından enfeksiyon ajanına maruz kalarak I sınıfına giren bireylerin geçişini yansıtan terimdir.

Bu parametreler ve ifadeler ışığında, bireylere göre değişen latent periyodunun hastalığın yayılmasında bir gecikme terimi oluşturduğu ve bu latent periyodunun hastalığın yayılmasına ilişkin süreçte etkili olduğu varsayılarak oluşturulan bu modelin formülasyonu aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned} \frac{dS}{dt} &= b - \beta S(t) \int_{\tau=0}^h f(\tau)I(t-\tau)e^{-\mu\tau}d\tau \\ &\quad + \gamma I(t) - \mu S(t) \\ \frac{dI}{dt} &= \beta S(t) \int_{\tau=0}^h f(\tau)I(t-\tau)e^{-\mu\tau}d\tau \\ &\quad - (\gamma + \mu + \delta) I(t) \\ S(t) &= i_1(t) \\ I(t) &= i_2(t) \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} t \in [0, \infty) \\ (4) \\ t \in [-\tau, 0] \end{array} \right\} \quad 21$$

Burada $i = (i_1, i_2)$ başlangıç fonksiyonunu temsil etmekte olup $i \in C\left([-\tau, 0], \left[0, \frac{b}{\mu}\right]^2\right)$ dir. $x = (x_1, x_2) = (S, I)$ olmak üzere (4) sisteminin çözümünün araştırılması

$$x'(t) = g(x^t), \quad t \geq 0$$

$$x_0(t) = i(t), \quad -\tau \leq t \leq 0$$

başlangıç değer probleminin çözümünün araştırılmasına denktir. Burada $\Omega \subset C\left([-\tau, 0], \left[0, \frac{b}{\mu}\right]^2\right)$ olmak üzere,

$$g: \Omega \rightarrow \left[0, \frac{b}{\mu}\right]^2,$$

$$x^t(s) = x(t+s)$$

ve

$$x \in C\left([-\tau, \infty), \left[0, \frac{b}{\mu}\right]^2\right)$$

dir. Ayrıca $g = (g_1, g_2)$ olmak üzere g fonksiyonu ise

$$g_1(x) = b - \beta x_1(0) \int_{\tau=0}^h f(\tau) x_2(-\tau) e^{-\mu\tau} d\tau \\ + \gamma x_2(0) - \mu x_1(0)$$

ve

$$g_2(x) = \beta x_1(0) \int_{\tau=0}^h f(\tau) x_2(-\tau) e^{-\mu\tau} d\tau \\ - (\gamma + \mu + \delta) x_2(0)$$

şeklinde tanımlıdır.

Bu çalışmada $C([- \tau, 0], \mathbb{R}^2)$ kümesinin

$$\|\theta\| = \sup\{|\theta_1(t)| + |\theta_2(t)| : -\tau \leq t \leq 0\}$$

normu ile birlikte bir Banach uzayı olduğu gerçeği de göz önüne alınmaktadır.

Teorem 4: Her $t \in [-\tau, 0]$ için (4) sisteminin bir tek çözümü vardır.

İspat: Yukarıda tanımlanan g fonksiyonunun Ω 'nın her kompakt Ψ alt kümesinde Lipschitz eşitsizliğini sağladığını göstermek ispat için yeterlidir. Her $x, y \in \Psi$ için

$$\|g(x) - g(y)\| \\ = |g_1(x) - g_1(y)| + |g_2(x) - g_2(y)| \\ \leq \left| \beta y_1(0) \int_{\tau=0}^h f(\tau) y_2(-\tau) e^{-\mu\tau} d\tau \right. \\ \left. - \beta x_1(0) \int_{\tau=0}^h f(\tau) x_2(-\tau) e^{-\mu\tau} d\tau \right| \\ + |\gamma x_2(0) - \gamma y_2(0)| + |\mu y_1(0) - \mu x_1(0)| \\ + \left| \beta x_1(0) \int_{\tau=0}^h f(\tau) x_2(-\tau) e^{-\mu\tau} d\tau \right. \\ \left. - \beta y_1(0) \int_{\tau=0}^h f(\tau) y_2(-\tau) e^{-\mu\tau} d\tau \right| \\ + |(\gamma + \mu + \delta) x_2(0) - (\gamma + \mu + \delta) y_2(0)| \\ \leq \beta |y_1(0)| \left| \int_{\tau=0}^h f(\tau) [y_2(-\tau) - x_2(-\tau)] e^{-\mu\tau} d\tau \right| \\ + \beta |y_1(0) - x_1(0)| \left| \int_{\tau=0}^h f(\tau) x_2(-\tau) e^{-\mu\tau} d\tau \right| \\ + (\gamma + \mu) \|x - y\| \\ + \beta |x_1(0)| \left| \int_{\tau=0}^h f(\tau) [x_2(-\tau) - y_2(-\tau)] e^{-\mu\tau} d\tau \right|$$

$$+ \beta |x_1(0) - y_1(0)| \left| \int_{\tau=0}^h f(\tau) y_2(-\tau) e^{-\mu\tau} d\tau \right| \\ + (\gamma + \mu + \delta) \|x - y\| \\ \leq \left(\frac{4\beta b}{\mu} \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau + 2(\gamma + \mu) + \delta \right) \|x - y\|$$

elde edilir. Böylece

$$w \geq \frac{4\beta b}{\mu} \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau + 2(\gamma + \mu) + \delta$$

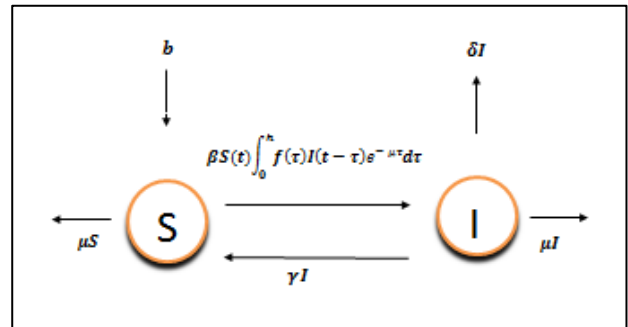
olmak üzere her $x, y \in \Psi$ için

$$\|g(x) - g(y)\| \leq w \|x - y\|$$

sağlanır. Sonuç olarak g Ω 'nın her kompakt Ψ alt kümesinde Lipschitz eşitsizliğini sağladığından (4) sisteminin bir tek çözümünün mevcut olduğu sonucuna ulaşırlar. \square

Modelde zamana bağlı nüfusu temsil ettiklerinden dolayı doğal olarak S ve I fonksiyonlarının sürekli oldukları varsayılmaktadır.

Modeli oluşturan S ve I kompartımanları arasındaki geçişleri gösteren diyagram Şekil 1'deki gibidir.



Şekil 1. Model Akış Diyagramı

Bireylerin toplam sayısı toplam popülasyona eşit olduğundan

$$N(t) = S(t) + I(t)$$

ve

$$\frac{dN(t)}{dt} = \frac{dS(t)}{dt} + \frac{dI(t)}{dt} \neq 0$$

olduğundan, toplam popülasyonun zamana bağlı olarak değişmektedir.

(4) sisteminin analizi için matematiksel olarak çalışmaya yetecek kadarıyla sınırlandırılmış biyolojik bölge aşağıda ispatına da yer verilerek elde edilmiştir.

Teorem 5:

$\nabla = \{S \in C([0, \infty), \mathbb{R}_+), I \in C([-h, \infty), \mathbb{R}_+) \text{ ve } S(t) + I(t) \leq \frac{b}{\mu}\}$ kümesi, (4) sistemi için pozitif invaryant bölgedir.

İspat: N toplam popülasyonu göstermek üzere,

$$\begin{aligned} \frac{dN(t)}{dt} &= \frac{dS(t)}{dt} + \frac{dI(t)}{dt} \\ &= b + \gamma I(t) - \mu S(t) - (\gamma + \mu + \delta) I(t) \\ &= b - \mu N(t) - \delta I(t) \\ &\leq b - \mu N(t) \end{aligned} \quad (5)$$

elde edilir. Böylece

$$\frac{dN(t)}{dt} + \mu N(t) \leq b$$

eşitsizliğinden hareketle

$$\frac{dN(t)}{dt} + \mu N(t) = b \quad (6)$$

denklemi göz önüne alınırsa, (6) diferensiyel denklemi tam diferensiyel denklem yapacak şekildeki ξ fonksiyonu

$$\xi(t) = e^{\int \mu dt} = e^{\mu t}$$

olup, (6) denkleminin her iki yanını $e^{\mu t}$ integral çarpanı ile çarpıldığında

$$\underbrace{(\mu N - b) e^{\mu t} dt}_{P(N,t)} + \underbrace{e^{\mu t} dN}_{Q(N,t)} = 0$$

ve buradan

$$e^{\mu t} \frac{dN(t)}{dt} + e^{\mu t} \mu N(t) = e^{\mu t} b$$

denklemi elde edilir. Bu denklemin sol tarafı bağımlı değişken ($N(t)$) ile integral çarpanının ($e^{\mu t}$) çarpımının bağımsız değişkene (t) göre türevidir. Böylece

$$\frac{d}{dt}(N(t)e^{\mu t}) = e^{\mu t} b$$

denklemi elde edilir. Bu eşitliğin her iki tarafının t 'ye göre integrali alınır,

$$\begin{aligned} N(t)e^{\mu t} &= \int e^{\mu t} b dt \\ &= \frac{1}{\mu} e^{\mu t} b + c \end{aligned}$$

ve buradan

$$N(t) = e^{-\mu t} \left(\frac{1}{\mu} e^{\mu t} b + c e^{-\mu t} \right) = \frac{b}{\mu} + c e^{-\mu t}$$

çözümüne ulaşılır. Son eşitlikte $t = 0$ başlangıç değeri için

$$N(0) = \frac{b}{\mu} + c$$

ve buradan c değeri elde edilip çözümde yerine yazılırsa

$$\begin{aligned} N(t) &= \left(N(0) - \frac{b}{\mu} \right) e^{-\mu t} + \frac{b}{\mu} \\ &= N(0) e^{-\mu t} + \frac{b}{\mu} (1 - e^{-\mu t}) \end{aligned}$$

elde edilir. Böylece (6) diferensiyel denkleminin çözümü elde edilir. "Standard Comparison Theorem" gereğince bu çözüm (5) eşitsizliğinin maksimal çözümü olup

$$N(t) \leq N(0) e^{-\mu t} + \frac{b}{\mu} (1 - e^{-\mu t}) \quad (7)$$

yazılır. Böylece $N(0) \leq \frac{b}{\mu}$ iken gerekli düzenlemelerden sonra her $t \geq 0$ için $N(t) \leq \frac{b}{\mu}$ olduğu görülür. Dolayısıyla ∇ bölgesi (4) sistemi için pozitif invaryanttır.

Ayrıca (7) 'de $t \rightarrow \infty$ için $\limsup_{t \rightarrow \infty} N(t) \leq \frac{b}{\mu}$ olur. Böylece (4) sisteminin tüm çözümleri ∇ bölgesinde düzgün sınırlıdır. \square

(4) sistemi, hastalıktan bağımsız (disease-free equilibrium) ve hastalıkla ilişkili (endemic equilibrium) olmak üzere iki denge noktasına sahiptir. Denge noktaları $\frac{dS(t)}{dt} = 0$ ve $\frac{dI(t)}{dt} = 0$ eşitliklerini sağlayacağından; $\varepsilon_* = (S^*, I^*)$, (4) sisteminin hastalıktan bağımsız denge noktasını göstermek üzere,

$$\begin{aligned} &\beta S^* I^* \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu \tau} d\tau - (\gamma + \mu + \delta) I^* \\ &= I^* \left(\beta S^* \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu \tau} d\tau - (\gamma + \mu + \delta) \right) \\ &= 0 \end{aligned} \quad (8)$$

denkleminde, $I^* = 0$ veya $\beta S^* \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu \tau} d\tau = (\gamma + \mu + \delta)$ elde edilir.

$I^* = 0$ ise, (4) sisteminin ilk denkleminde

$$b - \beta S^* I^* \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu \tau} d\tau + \gamma I^* - \mu S^* = 0$$

ve

$$b - \mu S^* = 0$$

olup, hastalıktan bağımsız denge noktası,

$$\varepsilon_* = (S^*, I^*) = \left(\frac{b}{\mu}, 0 \right)$$

olarak elde edilir.

Matematiksel epidemiyolojide etkin kullanılan kompartmantal modelleme tekniğinde, modelin oluşturulmasından ve hastalıktan bağımsız denge noktasının tespitinden sonra, önemli diğer bir adım ise temel çoğalma oranı veya ikincil enfeksiyon sayısı olarak isimlendirilen \mathcal{R}_0 değerinin tespit edilmesidir.

Temel çoğalma oranı hasta bir bireyin duyarlı bir popülasyonda üretebileceği yeni (ikincil) vakaların ortalama sayısıdır. Bir başka ifadeyle \mathcal{R}_0 , latent periyodunu tamamlamış bir enfekte bireyin hastalığa karşı duyarlı popülasyon içerisinde doğrudan sebep olduğu yeni enfeksiyonların ortalama sayısını ve dolayısıyla popülasyonda hastalığın yayılabilme potansiyelini temsil eder. Salgının seyriyle ilgili yorum yapabilmeye olanak sağladığından, bir popülasyonda belirli bir hastalık için oluşturulan salgın modeline ilişkin \mathcal{R}_0 değerinin bilinmesi oldukça önemlidir.

Matematiksel epidemiyolojide, salgını oluşturan hastalığın popülasyon içerisindeki seyri, temel çoğalma oranının 1'den büyük olup olmaması ile doğrudan ilişkilidir.

$\mathcal{R}_0 < 1$ olması durumunda salgın hızında bir azalış söz konusu olur, hastalık popülasyonda minimum seviyeye iner ve zamanla sönümlenir. $\mathcal{R}_0 > 1$ durumunda ise salgının popülasyonda yayılımı artarak devam eder. Ayrıca, bu artış hızı \mathcal{R}_0 değerinin büyümesiyle doğru orantılıdır.

(4) modeline ait temel çoğalma katsayısı "Next Generation Matrix" metodu kullanılarak araştırılacak olup bu metoda ilişkin daha detaylı bilgiler için, [17] ve [18] numaralı kaynaklar incelenebilir.

(4) sistemi; $X = [I, S]^T$ olarak ifade edilirse,

$$P(X) = \begin{bmatrix} \beta S(t) \int_{\tau=0}^h f(\tau) I(t-\tau) e^{-\mu\tau} d\tau \\ 0 \end{bmatrix}$$

ve

$$V(X) = \begin{bmatrix} (\gamma + \mu + \delta) I(t) \\ \beta S(t) \int_{\tau=0}^h f(\tau) I(t-\tau) e^{-\mu\tau} d\tau + \mu S(t) - \gamma I(t) - b \end{bmatrix}$$

olmak üzere

$$\frac{dX(t)}{dt} = \begin{bmatrix} I \\ S \end{bmatrix} = P(X) - V(X)$$

şeklinde yeniden yazılabilir. $P(X)$ ve $V(X)$ 'in sırasıyla I ve S 'ye göre türevlerine bakılarak $\varepsilon_* = (S^*, I^*)$ hastalıktan bağımsız denge noktasındaki Jakobiyen matrisleri,

$$\begin{bmatrix} \beta S^* \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau & \beta I^* \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

ve

$$\begin{bmatrix} \gamma + \mu + \delta & 0 \\ \beta S^* \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau - \gamma & \beta I^* \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau + \mu \end{bmatrix}$$

şeklinde elde edilir. Burada sadece enfeksiyonun olduğu I sınıfı dikkate alınırsa P ve V matrislerinden elde edilen 1×1 tipindeki matrisler

$$\check{P} = \left[\beta S^* \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau \right]$$

ve

$$\check{V} = [\gamma + \mu + \delta]$$

olmak üzere,

$$\begin{aligned} \check{P}\check{V}^{-1} &= \left[\beta S^* \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau \right] \left[\frac{1}{\gamma + \mu + \delta} \right] \\ &= \left[\frac{\beta S^* \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau}{\gamma + \mu + \delta} \right] \end{aligned}$$

olarak bulunur.

$\check{P}\check{V}^{-1}$ matrisinin karakteristik polinomu

$$p(\lambda) = \lambda - \frac{\beta S^* \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau}{\gamma + \mu + \delta}$$

olup bu polinomun kökü Next Generation Matrisi'nin spektral yarıçapını verir ki bu \mathcal{R}_0 değeridir. Böylelikle (4) sistemi için ikincil enfeksiyon sayısı

$$\mathcal{R}_0 = \frac{\beta S^* \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau}{\gamma + \mu + \delta} \quad (9)$$

şeklinde elde edilir.

Diğer taraftan (8) eşitliğinde

$$\beta S^* \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau = (\gamma + \mu + \delta)$$

olması durumunda $\varepsilon_{**} = (S^{**}, I^{**})$ ile gösterilecek olan hastalıkla ilişkili denge noktası için $\frac{dS}{dt} = 0$ ve $\frac{dI}{dt} = 0$ eşitlikleri sağlanacağından, (4) sisteminin ikinci denkleminde

$$S^{**} = \frac{(\gamma + \mu + \delta)}{\beta \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau}$$

olarak bulunur. Bu ifade (4) sisteminin ilk denkleminde yerine yazılırsa

$$b - \beta \frac{(\gamma + \mu + \delta)}{\int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau} I^{**} \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau + \gamma I^{**} - \mu \frac{(\gamma + \mu + \delta)}{\beta \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau} = 0$$

ve gerekli düzenlemelerden sonra

$$I^{**} = \frac{1}{(\mu + \delta)} \left(b - \frac{\mu(\gamma + \mu + \delta)}{\beta \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau} \right)$$

elde edilir. Böylece modele ilişkin hastalıkla ilişkili denge noktası

$$\varepsilon_{**} = (S^{**}, I^{**})$$

$$= \left(\frac{(\gamma + \mu + \delta)}{\beta \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau}, \frac{1}{(\mu + \delta)} \left(b - \frac{\mu(\gamma + \mu + \delta)}{\beta \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau} \right) \right)$$

şekindedir.

(9) eşitliği ile elde edilen \mathcal{R}_0 değeri göz önünde bulundurularak S^{**} ve I^{**} , \mathcal{R}_0 cinsinden

$$\varepsilon_{**} = (S^{**}, I^{**}) = \left(\frac{b}{\mu \mathcal{R}_0}, \frac{b(\mathcal{R}_0 - 1)}{(\mu + \delta) \mathcal{R}_0} \right)$$

şeklinde yeniden yazılabilir. Buradan açıkça görülebileceği gibi (4) sistemi için ε_* denge noktası koşulsuz olarak mevcut iken, ε_{**} denge noktası ancak $\mathcal{R}_0 > 1$ durumunda mevcuttur.

Kompartmantal modellerdeki çeşitli detaylar, hastalıkların yayılma sürecinin matematiksel ifadesinde daha karmaşık olguları daha doğru bir şekilde açıklamak ve böylece daha gerçekçi yaklaşımlar elde etmek için düşünülmektedir. Karmaşık problemlerin ifadesinin zorluğu genellikle lineer olmayan denklemlerle uğraşmayı gerektirir. Lineer olmayan diferensiyel denklem sistemlerinin genelde zor bir arayış olan tam çözümlerini bulmak yerine, sistemin çözümünü elde

etmeden, çözümlerin davranışı ve dolayısıyla sistemin kararlılığı hakkında bilgi verebilmek de oldukça önemlidir.

Kararlılık, kompartmantal modeller gibi dinamik sistemlerin analizinde araştırılan en temel kavramlardan biridir. Bir olgu diferensiyel denklem sistemi yardımı ile matematiksel bir model kurularak ifade edilirken, oluşturulan dinamik sistemin kararlı olup olmadığı özel bir önem arz etmektedir. Sistemlerin kararlı bir davranış sergilemesi arzu edilen bir durumdur. Zira matematiksel epidemiyolojide, salgının yayılma sürecini ve seyrini, popülasyonu kompartmanlara ayırarak anlatan bir dinamik sistemin kararsız olması, sistemin faydasız olabileceğinin yanısıra, öngörülemez durumları barındırdığı anlamına da gelir. Ayrıca, popülasyona ait salgın dinamikleri incelenirken, sistemin kararlı olup olmaması, popülasyonda \mathcal{R}_0 değerine bağlı olarak salgının nasıl bir duruma evrileceği (kontrol altında olduğu veya kontrolden çıktığı yani salgına ilişkin riskin etkin olduğu) konusunda belirleyici özellik taşır.

Ayrıca, sistemin kararsız olması durumunda salgının seyri hakkında öngörülebilir bulunmak zorlaşabilir. Zira kararsızlık durumunda, sistemin birbirinden ayrışan (t zaman parametresinin çok büyük değerleri için birbirinden uzaklaşan) çözümleri olabilir. Ancak kararlılık çeşidine göre değişmekle birlikte, kararlı bir sistemin bütün çözümleri veya bir bölgede kalan çözümleri aynı asimptota sahiptir (asimptotik kararlılık). Bu ise salgının hangi noktada dengeleneceği hakkında öngörülebilir bulunma imkanı sağlar ki; bu durum salgının kontrol edilmesinde son derece önemli bir araçtır.

Bu bağlamda matematiksel epidemiyolojide, salgın algoritmasını yansıtacak kurgusal zincirin, diferensiyel denklem sistemi ile matematiksel olarak ifadesinin ardından, oluşturulan sistemin kararlı olup olmadığı problemi araştırılır.

Modeli açıklayan sistemin lineer olup olmamasına göre çok farklı formlarda kararlılık tanımları verilmektedir.

Lineer sistemlerde kararlılığın incelenmesi için birçok yöntem olmasına rağmen lineer olmayan sistemlerin kararlılığının incelenmesi zorlayıcı olabilmektedir. Bu durum lineer olmayan sistemlerin lineer sistemlere göre farklı davranış dinamikleri sergilemesinden, özellikle kalitatif analizinde farklı detaylarla karşılaşılmışlarından ileri gelmektedir.

Lineer olmayan sistemlerin dinamik analizleri genellikle sistemin lokal kararlılığına bakılarak yapılmaktadır. Lineer olmayan sistemlerin lokal kararlılığı, sistemin herhangi bir denge noktası civarındaki lineerleştirilmiş eşdeğerinden faydalanılarak araştırılabilir. Böylece sistemin dinamiği hakkında bir sonuca varılabilmektedir.

Aşağıdaki kısımda, (4) ile verilen sistemin kararlı bir davranış sergilediğine dair elde edilen sonuçlara yer verilmiştir.

Theorem 6: $\mathcal{R}_0 < 1$ ise hastalıktan bağımsız denge noktası ε_* , ∇ bölgesinde lokal asimptotik kararlıdır.

İspat: (4) sisteminden $F(S, I) = \frac{dS}{dt}$ ve $G(S, I) = \frac{dI}{dt}$ alınırsa, (4) sistemi için Jakobiyen matris

$$J = \begin{bmatrix} \frac{dF}{dS} & \frac{dF}{dI} \\ \frac{dG}{dS} & \frac{dG}{dI} \end{bmatrix}$$

olup, bu matrisin hastalıktan bağımsız denge noktası ε_* 'daki karşılığı

$$J_{11}(\varepsilon_*) = -\beta I^* \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau - \mu$$

$$J_{12}(\varepsilon_*) = -\beta S^* \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau + \gamma$$

$$J_{21}(\varepsilon_*) = \beta I^* \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau$$

$$J_{22}(\varepsilon_*) = \beta S^* \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau - (\gamma + \mu + \delta)$$

olmak üzere

$$J(\varepsilon_*) = \begin{bmatrix} J_{11}(\varepsilon_*) & J_{12}(\varepsilon_*) \\ J_{21}(\varepsilon_*) & J_{22}(\varepsilon_*) \end{bmatrix}$$

şeklindedir. $\varepsilon_* = (S^*, I^*) = \left(\frac{b}{\mu}, 0\right)$ değeri matriste yerine yazılırsa,

$$J(\varepsilon_*) = \begin{bmatrix} -\mu & -\frac{b\beta}{\mu} \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau + \gamma \\ 0 & \frac{b\beta}{\mu} \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau - (\gamma + \mu + \delta) \end{bmatrix}$$

elde edilir. I_2 birim matris olmak üzere $\det(J(\varepsilon_*) - \lambda I_2) = 0$ eşitliği kullanılırsa bu matrisin karakteristik denklemi;

$$-(\mu + \lambda) \left(\frac{b\beta}{\mu} \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau - (\gamma + \mu + \delta) - \lambda \right)$$

= 0

şeklinde olup bu denklemin kökleri λ_1 ve λ_2 olmak üzere,

$$\lambda_1 = -\mu$$

ve

$$\begin{aligned} \lambda_2 &= \frac{b\beta \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau - \mu(\gamma + \mu + \delta)}{\mu} \\ &= \frac{\mu(\gamma + \mu + \delta) \left(\frac{b\beta \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau}{\mu(\gamma + \mu + \delta)} - 1 \right)}{\mu} \\ &= (\gamma + \mu + \delta)(\mathcal{R}_0 - 1) \end{aligned}$$

olarak elde edilir. Böylece,

$\mathcal{R}_0 < 1$ iken, her iki reel kök de negatif olduğundan, hastalıktan bağımsız denge noktası ε_* ve dolayısıyla (4) sistemi lokal asimptotik kararlıdır.

$\mathcal{R}_0 > 1$ iken, $\lambda_2 > 0$ olup, en az bir kök pozitif olduğundan, hastalıktan bağımsız denge noktası ε_* ve dolayısıyla (4) sistemi kararsızdır. \square

Theorem 7: $\mathcal{R}_0 < 1$ ise hastalıktan bağımsız denge noktası ε_* , ∇ bölgesinde global asimptotik kararlıdır.

İspat: (4) sistemi için özel olarak oluşturulan ve $L(S(t), I(t))$ yerine kısaca $L(t)$ gösteriminin kullanılacağı $L: [0, \infty) \rightarrow [0, \infty)$ fonksiyonu

$$L(t) = I(t) + \frac{b\beta}{\mu} \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} \left(\int_{t-\tau}^t I(z) dz \right) d\tau$$

şeklinde tanımlansın. L 'nin negatif olmadığı açıktır. Ayrıca ε_* noktasında $L(t) = 0$ olup, $S(t) \leq b/\mu$ olduğu da dikkate alınırsa, L fonksiyonunun zamana göre türevi,

$$\begin{aligned} L'(t) &= I'(t) + \frac{b\beta}{\mu} \int_{\tau=0}^h f(\tau) [I(t) - I(t - \tau)] e^{-\mu\tau} d\tau \\ &= \beta S(t) \int_{\tau=0}^h f(\tau) I(t - \tau) e^{-\mu\tau} d\tau - (\gamma + \mu + \delta) I(t) \\ &\quad + \frac{b\beta}{\mu} \int_{\tau=0}^h f(\tau) I(t) e^{-\mu\tau} d\tau \\ &\quad - \frac{b\beta}{\mu} \int_{\tau=0}^h f(\tau) I(t - \tau) e^{-\mu\tau} d\tau \\ &\leq \frac{b\beta}{\mu} \int_{\tau=0}^h f(\tau) I(t - \tau) e^{-\mu\tau} d\tau - (\gamma + \mu + \delta) I(t) \\ &\quad + \frac{b\beta}{\mu} \int_{\tau=0}^h f(\tau) I(t) e^{-\mu\tau} d\tau \\ &\quad - \frac{b\beta}{\mu} \int_{\tau=0}^h f(\tau) I(t - \tau) e^{-\mu\tau} d\tau \\ &= \frac{b\beta}{\mu} I(t) \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau - (\gamma + \mu + \delta) I(t) \end{aligned}$$

$$= I(t)(\gamma + \mu + \delta) \left(\frac{b\beta \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau}{\mu(\gamma + \mu + \delta)} - 1 \right)$$

$$= I(t)(\gamma + \mu + \delta)(\mathcal{R}_0 - 1)$$

şeklinde elde edilir. $\mathcal{R}_0 < 1$ olduğunda $L'(t) < 0$ olup, L fonksiyonu (4) sistemi için Lyapunov fonksiyonudur. Böylece Lyapunov'un asimptotik kararlılıkla ilgili direkt metodu gereğince [14], (4) sistemi ∇ pozitif invaryant bölgesinde global asimptotik kararlıdır. \square

Teorem 8: $\mathcal{R}_0 > 1$ ise (4) sisteminin ε_{**} hastalıkla ilişkili denge noktası, ∇ bölgesinde lokal asimptotik kararlıdır.

İspat: ε_{**} 'ın lokal asimptotik kararlı olduğunu gösterebilmek için (4) sisteminin

$$\varepsilon_{**} = (S^{**}, I^{**}) = \left(\frac{b}{\mu\mathcal{R}_0}, \frac{b(\mathcal{R}_0 - 1)}{(\mu + \delta)\mathcal{R}_0} \right)$$

hastalıktan bağımsız denge noktasındaki Jakobiyen matrisine bakılır. J matrisi Teorem 6'nın ispatında olduğu gibi alınmak üzere,

$$J_{11}(\varepsilon_{**}) = -\beta I^{**} \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau - \mu$$

$$J_{12}(\varepsilon_{**}) = -\beta S^{**} \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau + \gamma$$

$$J_{21}(\varepsilon_{**}) = \beta I^{**} \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau$$

$$J_{22}(\varepsilon_{**}) = \beta S^{**} \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau - (\gamma + \mu + \delta)$$

olmak üzere

$$J(\varepsilon_{**}) = \begin{bmatrix} J_{11}(\varepsilon_{**}) & J_{12}(\varepsilon_{**}) \\ J_{21}(\varepsilon_{**}) & J_{22}(\varepsilon_{**}) \end{bmatrix}$$

şeklinde dir. Ayrıca $\varepsilon_{**} = (S^{**}, I^{**})$ denge noktasının (4) sistemini sağlayacağı bilgisi kullanılırsa

$$\gamma + \mu + \delta = \beta S^{**} \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau$$

ve

$$\gamma = \beta S^{**} \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau - (\mu + \delta)$$

elde edilir. Bu son iki eşitlik $J(\varepsilon_{**})$ Jakobiyen matrisinde kullanılırsa,

$$J(\varepsilon_{**}) = \begin{bmatrix} -\beta I^{**} \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau - \mu & -(\mu + \delta) \\ \beta I^{**} \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau & 0 \end{bmatrix}$$

olarak bulur. Böylece ε_{**} denge noktasındaki bu Jakobiyen matrisin karakteristik denklemi

$$\det(J(\varepsilon_{**}) - \lambda I_2)$$

$$= \lambda^2 + \left(\mu + \beta I^{**} \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau \right) \lambda$$

$$+ (\mu + \delta) \beta I^{**} \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau = 0$$

şeklinde elde edilir. Bu denklem için,

$$\text{Tr}(J(\varepsilon_{**})) = -\mu - \beta I^{**} \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau$$

$$= -\mu - \beta \frac{b(\mathcal{R}_0 - 1)}{(\mu + \delta)\mathcal{R}_0} \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau$$

olup $\mathcal{R}_0 > 1$ iken $\text{Tr}(J(\varepsilon_{**})) < 0$ elde edilir.

Diğer taraftan

$$\det(J(\varepsilon_{**})) = (\mu + \delta) \beta \frac{b(\mathcal{R}_0 - 1)}{(\mu + \delta)\mathcal{R}_0} \int_{\tau=0}^h f(\tau) e^{-\mu\tau} d\tau$$

olup $\mathcal{R}_0 > 1$ iken $\det(J(\varepsilon_{**})) > 0$ olduğu açıktır. Elde edilen bu iki sonuç, Teorem 1 gereğince $J(\varepsilon_{**})$ Jakobiyen matrisinin öz değerlerinin her ikisinin de negatif reel kısımlara sahip olduğunu gösterir. Böylece $\mathcal{R}_0 > 1$ olduğunda hastalıkla ilişkili (endemik) denge noktası ε_{**} lokal asimptotik kararlıdır. \square

4. SONUÇ

Tarih boyunca insanoğlunun karşılaştığı pek çok salgın sonucunda verilen can kayıpları ve bunun dışındaki kaynak kayıpları düşünüldüğünde, bulaşıcı hastalıkların dinamiklerinin analiz edilmeye çalışılması dikkate değer bir çabadır. Matematiksel epidemiyoloji de bu kapsamda başlı başına bir araştırma alanı olup; bu alanda araştırma yapacakların faydalanabileceği bir çalışma niteliğinde, kompartmantal modellere ilişkin temel bazı hususları özet bir şekilde ele alan ve *SIS* tipi kompartmantal modellere yeni bir bakış açısı ortaya koymayı hedefleyen bu çalışmada, öncelikle salgının yayılımına ilişkin kurgu, matematiksel model oluşturma tekniği ile dağılımlı gecikmeli bir integro-diferensiyel denklem sistemine aktarılmıştır. Ardından, sistemin hastalıktan bağımsız ve hastalıkla ilişkili denge noktaları bulunmuş ve ikincil enfeksiyon sayısı \mathcal{R}_0 elde edilmiştir. Sonrasında $\mathcal{R}_0 < 1$ iken mevcut olan hastalıktan bağımsız denge noktasının kararlılığına dair sonuçlar ispatları ile birlikte verilmiş ve yalnızca $\mathcal{R}_0 > 1$ durumunda mevcut olan hastalıkla ilişkili denge noktasının lokal kararlı olduğu

ispatlanmıştır. Sistemin denge noktalarına ait yapılan kararlılık ispatları, aynı zamanda sistemin kararlılığı anlamına da gelmektedir.

Matematiksel epidemiyolojide, salgını oluşturan hastalığın popülasyon içerisindeki yayılma hızı, $\mathcal{R}_0 < 1$ olması durumunda bir azalış gösterirken, $\mathcal{R}_0 > 1$ durumunda ise artış göstererek salgının kontrolden çıktığını ve hasta birey sayısının popülasyonda üstel bir şekilde arttığını gösterir.

Bir popülasyonda görülen bir salgının tamamen yok edilmesinin kısa bir zaman zarfı içinde gerçekleşmesinin zor olduğu ve hastalığın beraberinde getirdiği yaşanan olumsuz durumlar dikkate alındığında, hastalığın yayılımının azaltılmasına yönelik çalışmalar büyük öneme sahiptir. Bu bağlamda, uygulanacak çeşitli kontrol önlemleri ile \mathcal{R}_0 değeri düşürülebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Kermack WO, McKendrick AG. A contributions to the mathematical theory of epidemics. Proc. Roy. Soc. A. 1927;115:700-721.
- [2] Vargas-De-León C. Stability analysis of a SIS epidemic model with standart incidence. Foro-Red-Mat: Revista Electronica de Contenido Matematico. 2011;28(4):1-11.
- [3] Uzunoğlu B. SIS salgın hastalıkların matematiksel modeli ve kararlılık analizi [Yüksek Lisans Tezi]. Kayseri: Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü; 2013.
- [4] Agaba GO, Kyrychko YN, Blyuss KB. Time-delayed SIS epidemic model with population awareness. Ecological Complexity. 2017;31:50-56.
- [5] Cui J, Tao X, Zhu H. An SIS infection model incorporating media coverage. Rocky Mountain Journal of Mathematics. 2008;38:1323-1334.
- [6] Hethcote HW, Driessche P. van den. Two SIS epidemiologic models with delays. J. Math. Bio. 2000;40:3-26.
- [7] Hethcote HW, Driessche P. van den. An SIS epidemic model with variable population size and a delay. J. Math. Biol. 1995;34:177-194.
- [8] Li Y, Cui J. The effect of constant and pulse vaccination on SIS epidemic models incorporating media coverage. Commun. Nonlinear Sci. Numer. Simul. 2009;14:2353-2365.
- [9] Liu J, Zhang T. Bifurcation analysis of an SIS epidemic model with nonlinear birth rate. Chaos, Solitons & Fractals. 2009;40:1091-1099.
- [10] Nakata Y, Röst G. Global stability of an SIS epidemic model with a finite infectious period. Differential and Integral Equations. 2018;31(3-4):161-172.
- [11] Thirthar AA, Naji RK. The dynamics of an SIS epidemic model with two delays. Jour of Adv Research in Dynamical & Control Systems. 2018;10:1917-1933.
- [12] Uçakan Y. SIRS matematik modelinin incelenmesi ve kararlılık analizi [Yüksek Lisans Tezi]. Kayseri: Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü; 2014.
- [13] Weia J, Zou X. Bifurcation analysis of a population model and the resulting SIS epidemic model with delay. J. Comput. Appl. Math. 2006;197(1):169-187.
- [14] Allen LJS. An Introduction to mathematical biology. Upper Saddle River, New Jersey; 2007.
- [15] LaSalle JP. Some extensions of Liapunov's second method. IRE Trans. Circs. Th. 1960;7:520-527.
- [16] Lakshmikantham V, Leela S, Martynuk AA. Stability analysis of nonlinear systems. Marcel Dekker, Inc. New York; 1989.
- [17] Diekmann O, Heesterbeek JAP, Metz JAJ. On the definition and the computation of the basic reproduction ratio \mathcal{R}_0 in models for infectious diseases in heterogeneous populations. J. Math. Biol. 1990;28(4):365-382.
- [18] Driessche PVD, Watmough J. Reproduction numbers and sub-threshold endemic equilibria for compartmental models of disease transmission. Math. Biosci. 2002;180:29-48.



Farklı LED Spektrumlarının Patlıcan Anterlerinde Haploid Bitki Oluşumuna Etkileri

Gülsün Elif VURAL^{1*}, Gamze ÇAKIRER SEYREK², Emine KIRBAY³, Sinan ZENGİN¹,
 Ş. Şebnem ELLİALTIOĞLU⁴, Köksal DEMİR²

¹ Antalya Tarım Üretim Danışmanlık ve Pazarlama A.Ş., Antalya, Türkiye

² Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Ankara, Türkiye

³ Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Atatürk Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Ali Çetinkaya Kampüsü, Merkez, Afyonkarahisar, Türkiye

⁴ Ankara Üniversitesi Teknokent, Ellialtıoğlu Tarım Teknolojileri Şti., Ankara, Türkiye

Gülsün Elif VURAL ORCID No: 0000-0002-0128-1460

Gamze ÇAKIRER SEYREK ORCID No: 0000-0002-6225-9208

Emine KIRBAY ORCID No: 0000-0002-0343-0629

Sinan ZENGİN ORCID No: 0000-0002-1687-1906

Ş. Şebnem ELLİALTIOĞLU ORCID No: 0000-0002-3851-466X

Köksal DEMİR ORCID No: 0000-0001-6120-7249

*Sorumlu yazar: elif.vural@antalyatarim.com.tr

(Alınış: 23.12.2020, Kabul: 25.05.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Anahtar Kelimeler

Solanum melongena,
 Androgenesis,
 Işıklandırma,
in vitro,
 Spektrum

Öz: Bitki doku kültürleri, yapay besin ortamlarında ve yapay ışıklandırma koşullarında bitkisel dokuların yetiştirilmesi işlemidir. Floresan veya gün ışığı lambalarının kullanımı yaygın olan bu alanda LED lambalarla aydınlatma giderek yaygınlaşmaktadır. Bu çalışmada patlıcan anter kültüründe farklı LED spektrumlarına sahip aydınlatma koşullarının embriyo oluşumu üzerine olan etkileri incelenmiştir. Isı yalıtımlı bitki büyütme kabini içerisinde bulunan raflarda farklı ışık reçetelerini içeren, farklı dalga boylarında ve spektrumda üretilen özel LED lambalar kullanılmıştır. LED modüllerin PPFD değerleri LICOR 250A-Quantum sensör (400-700 nm) kullanılarak belirlenmiştir. Ölçülen değerler PPFD ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) cinsinden kaydedilmiştir. DDV besin ortamında Karakullukçu [14]'ya göre kültüre alınan patlıcan anterleri floresan aydınlatmalı kontrol ortamında ve 8 farklı LED spektrumunda inkübasyona alınmıştır. Deneme süresince yapılan uygulamalar; 1. Beyaz LED, 2. Kırmızı LED (K), 3. Mavi LED (M), 4. Kırmızı ötesi LED (FR), 5. Kırmızı + Kırmızı ötesi LED (K + FR), 6. Mavi + Kırmızı ötesi LED (M + FR), 7. Kırmızı + Mavi LED (K + M), 8. Mavi + Kırmızı + Kırmızı ötesi LED (K + M + FR). Kontrol (1500 lux floresan lamba) koşullarında 28 embriyo/100 anter elde edilmiş, uygulamalar arasında ise sadece 7 numaralı ışıklandırma ortamında 6 embriyo/100 anter oluşmuştur. Diğer koşullardaki anterlerde ya yoğun kallus dokusu meydana gelmiş veya anterin iç kısmından embriyoid benzeri oluşumlar düzeyinde gelişmeler olmuştur. Işıklandırmanın etkisi belirgin şekilde gözlenmiştir. Işık yoğunluğunun bitki yetiştirme seviyesinden aşağı çekilerek azaltılması ile denemelerin yapılması, daha ümitvar sonuçların oluşmasına katkı sağlayabilecektir.

Effects of Different LED Spectra on Haploid Plant Formation in Eggplant Anthers

Keywords

Solanum melongena,
 Androgenesis,
 Illumination,
in vitro,
 Spectrum

Abstract: In plant tissue culture area, where fluorescent or daylight lamps are used, lighting with LED lamps is becoming more common. In this study, the effects of lighting conditions with different LED spectra on eggplant anther culture were investigated. The shelves in the plant growth cabinets are equipped with special LED lamps containing different light prescriptions and produced in different wavelengths and spectra. The PPFD values of the LED modules were determined using the LICOR 250A-Quantum sensor.

According to Karakullukçu [14] eggplant anthers cultured in DDV nutrient medium were incubated in fluorescent illuminated control medium and 8 different LED spectra. Applications during the trial; 1. White LED, 2. Red LED (K), 3. Blue LED (M), 4. Far-red LED (FR), 5. Red + Far-red LED (K + FR), 6. Blue + Far-red LED (M + FR), 7. Red + Blue LED (K + M), 8. Blue + Red +

Far-red LED (K + M + FR).

Under control (1500 lux fluorescent lamp) conditions, 28 embryos / 100 anther were obtained, and between applications only 6 embryos / 100 anther were formed in lighting medium 7. In other illumination conditions, dense callus tissues were formed on the anthers cutting points or there were some embryoid-like formations from the inner part of the anther. The effect of illumination was clearly observed. Experiments by reducing the light intensity by lowering to the plant growth level may contribute to the formation of more promising results.

1. GİRİŞ

F₁ hibrit çeşit ıslahında doku kültürü laboratu-varlarında farklı tekniklerle elde edilen %100 saf hatların (Doubled Haploid= DH) değeri ve önemi son yıllarda daha iyi anlaşılma başlanmıştır. Islah hatlarının saflaştırılma süresi kendileme ile türden türe değişmekle birlikte genellikle 5-12 generasyon sürmektedir. Sadece bir generasyon süresi içerisinde %100 saf hatlara ulaşabilme imkânı sunan haploidi teknikleri, çeşit ıslahı için gerekli süreyi önemli ölçüde kısaltmakta ve yeni çeşitlerin geliştirilmesinin hız kazanmasını sağlamaktadır.

Eşeyli üreme ile türünü devam ettiren bireylerin somatik hücreleri belirli kromozom sayısına sahiptir ve bu kromozom sayıları bitki türlerine göre farklılık göstermektedir. Bir bitkide eşeyli üremenin gerçekleşebilmesi için mayoz bölünme ile kromozom sayısı yarıya inmekte ve daha sonra döllenme ile kromozom sayısı tekrar ikiye katlanarak ana bitkinin kromozom sayısına çıkmaktadır. Mayoz bölünme diploid bir bitkide gerçekleşirse eşey hücreler ana bitkinin yarı kromozomuna 'n' kromozomuna sahip olur bu bitkilere haploid veya monohaploid bitkiler denilir. Ama tetraploid bir bitkinin eşey hücrelerinde döllenme olmadan elde edilen bitki de dihaploid olarak adlandırılmaktadır [1, 2]. Ait oldukları bitki türünün kromozom sayısının yarısına sahip olan haploid bitkilerin bazı kimyasal maddeler uygulanarak katlanması sonucu, türün normal kromozom sayısına (2n, 4n, 8n vb. gibi) yeniden çıkartılması ve mutlak homozigot (%100 saf) bitkilerin elde edilmesi işleme dihaploidizasyon adı verilmektedir [3].

Patlıcanda en yaygın kullanılan haploidi tekniği anter kültürüdür. Anter kültürünün esası; normal şartlarda polen hücrelerini meydana getirecek olan mikrosporların tam olgunlaşma aşamasından önce (türe göre belirlenen uygun aşamalarda) alınarak mikrospor gelişimini yavaşlatarak veya durdurarak farklı ön uygulamalarla önce embriyoyu, daha sonra da embriyodan tam bitki oluşumunu teşvik etmek için uygulanan bütün işlemleri içine alan bir süreci kapsamaktadır. Patlıcanda anter kültürü yoluyla ülkemizde başarıyla DH hatlar elde edilebilmektedir. Başarıyı etkileyen birincil faktör genotip olmakla birlikte anterlere uygulanan sıcaklık şokları, besin ortamının yapısı ve uygun tomurcuk gelişme döneminin belirlenmesi önem taşımaktadır [4].

Kültüre alınan anterlerin inkübasyon süresince içinde bulunduğu koşullar da mikrospordan embriyoya dönüşümün sağlanmasında önemli rol oynamaktadır. Kültür koşullarında iki önemli değişken bulunmaktadır; bunlar sıcaklık ve ışıktır. Işık şiddeti *in vitro* koşullarda

kültüre alınacak bitkinin türüne, kullanılan eksplantın tipine ve besin ortamına göre 300-10.000 lux arasında ayarlanabilmektedir [5]. Anter kültürleri için ışık intensitesinin düşük olması hatta kültürün ilk günlerinin karanlıkta bekletilmesi tavsiye edilmektedir. Anterler kültürün ilk döneminde genellikle karanlıkta kültüre alınmakta, anterlerden oluşan embriyolar 300-1000 lux ışık yoğunluğunda rejenere edilmekte ve gelişen *in vitro* bitkicikler ise 3.000-10.000 lux ışıklandırma özelliğine sahip dış ortama aktarılmaktadır [3].

Patlıcan anter kültürleri için uygun olan inkübasyon koşulları; kültürlerin öncelikle DDV-C ortamında 35 °C ve karanlıkta 8 gün süreyle tutularak sıcaklık şoku altında bırakılması ve bundan sonra aynı besin ortamında 25 °C'de 16/8 saat aydınlık/karanlıktan oluşan fotoperiyodik düzende 4 gün daha bekletilmesidir. İlk 12 günün sonunda anterler DDV-R ortamına aktarılarak 25 °C'de 16/8 saat aydınlık/karanlık şartlarda 300-1.000-2.000 lux ışık yoğunluğunda bırakılmaktadır. Anterlerden embriyo çıkışları 35-50. günler arasında olmakta, ancak kültürler embriyo çıkışı devam ettiği sürece inkübasyon koşullarında tutulmaktadır [6].

Son yıllarda LED aydınlatmalar tarımsal amaçlı olarak yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Patlıcan anter kültüründe önceki çalışmalarımızdan birinde inkübasyon aşamasında flouresan aydınlatma ve LED aydınlatma koşulları karşılaştırılmıştır. İki ışıklandırma arasında, kullanılan 4 genotipten 3'ünde androgenetik embriyo oluşturma oranı bakımından farklılık olmadığı halde; Anamur çeşidinde flouresans ışıkta tutulan anterlerden elde edilen embriyo sayısı LED ışığa göre 4 kat fazla olmuştur [6].

Farklı ışık spektrumlarının bitkilerde gelişme ve biyokimyasal içerikler üzerinde etkili olduğu bilinmektedir. Kırmızı ışık bitkilerde fotosentez, büyüme, çiçeklenme, besin içeriğine etki etmekte; mavi ışık ise fotosentez, büyüme ve besin içeriğine olduğu gibi gövde uzaması ve gide gelişimi, stoma kontrolü ve fototropizm gibi olaylar üzerinde etkili olmaktadır [7, 8]. Anter kültüründe inkübasyon aşamasında ışık spektrumlarının etkisi üzerinde bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bununla birlikte ışık spektrumlarının fide ve bitkilerde büyüme ve fitokimyasal içerikleri bakımından değişiklik oluşturması konusunda çalışmalar bulunmaktadır. Engelen-Eigles vd. [9] su teresinde (*Nasturtium officinale*) farklı büyüme rejimi uygulamalarının gluconasturtiin konsantrasyonuna etkili olduğunu belirlemiştir. Bitkiler farklı gece ve gündüz sıcaklığına, uzun (16 h) ve kısa (8 h) gün koşullarına, kırmızı (R) ve far-red (FR) ışığa maruz bırakıldığında; en yüksek gluconasturtiin miktarı düşük sıcaklık (10-15 °C), uzun gün ve kırmızı ışığa maruz bırakılan

bitkilerden elde edilmiştir. Li ve Kubota [10] tarafından yapılan bir çalışmada UV-A, mavi (B), yeşil (G), kırmızı (R) ve far-red (FR) LED'ler kullanılarak, yetiştirme odalarında ana ışık kaynağı beyaz floresan lamba olan ve yüksek ekim yoğunluğunda yetiştirilen 'Red Cross' bebek yapraklı marulda (*Lactuca sativa* L.) farklı ek aydınlatmaların büyüme ve fitokimyasallar üzerine etkisi araştırılmıştır. Marul bitkilerinin büyümesi ve fitokimyasal konsantrasyonu ışık uygulamalarından önemli ölçüde etkilenmiştir. Karotenoidler mavi ışıkta %12 artarken, fenolik bileşikler kırmızı ışıkta %6 oranında artmıştır. FR uygulaması ise beyaz ışık kontrol grubu ile kıyaslandığında antosiyanin, karotenoid ve klorofil konsantrasyonunda sırasıyla %40, %11 ve %14 oranında bir azalışa neden olmuştur. Taze ağırlık, gövde uzunluğu, yaprak uzunluğu ve yaprak genişliği FR ışık uygulamasında kontrol grubu ile kıyaslandığında %14, %44 ve %15 artış göstermiştir. Sase vd. [11]'nin yaptıkları çalışmada marul, krizantem, Çin hardalı ve Welsh soğanında gece ek aydınlatmada farklı spektral nitelikteki LED'lerin (mavi, yeşil, kırmızı ve far-red) etkileri araştırılmıştır. Spektral dağılımlar ise mavi, yeşil, kırmızı ve far-red LED'ler için sırasıyla 466, 527, 661 ve 738 nm olarak pik vermiştir. Ek aydınlatma yapılmayan kontrol bitkileri ile kıyaslandığında, mavi ve kırmızı ışık altındaki marul bitkilerinde taze sürgün ağırlığı %22 ve %38 daha yüksek bulunmuştur. Krizantemde de taze sürgün ağırlığı açısından mavi ve kırmızı ışık uygulaması benzer etki yapmıştır. Her iki bitkide de mavi ışık, gövde ve yaprak uzamasını teşvik etmiştir.

Patlıcan anter kültüründe inkübasyon koşullarının ve özellikle de ışıklandırma parametrelerinin incelendiği çalışmalar yok denecek kadar az sayıdadır. Bu çalışmadaki amaç, androgenesis'e olumlu cevap veren iki patlıcan çeşidinde anter kültüründen elde edilen embriyo sayısı üzerine inkübasyon aşamasında farklı ışık spektrumlarının etkisini incelemektir.

2. MATERYAL VE METOT

Bu araştırma 2018 ilkbahar döneminde Antalya Tarım Üretim ve Pazarlama A.Ş. Gaziler İstasyonunda bulunan Donör Ebeveyn Yetiştirme Ünitelerinde ve Bitki Doku Kültürü Laboratuvarında yürütülmüştür. Farklı ışık spektrumlarında inkübasyon aşaması Ankara Üniversitesi Bahçe Bitkileri Bölümü'nde gerçekleştirilmiştir. Bitkisel materyal olarak iklim kontrollü cam serada yetiştirilen Anamur F₁ çeşidi donör bitkileri ve bunlardan alınan anterler kullanılmıştır (Şekil 1).

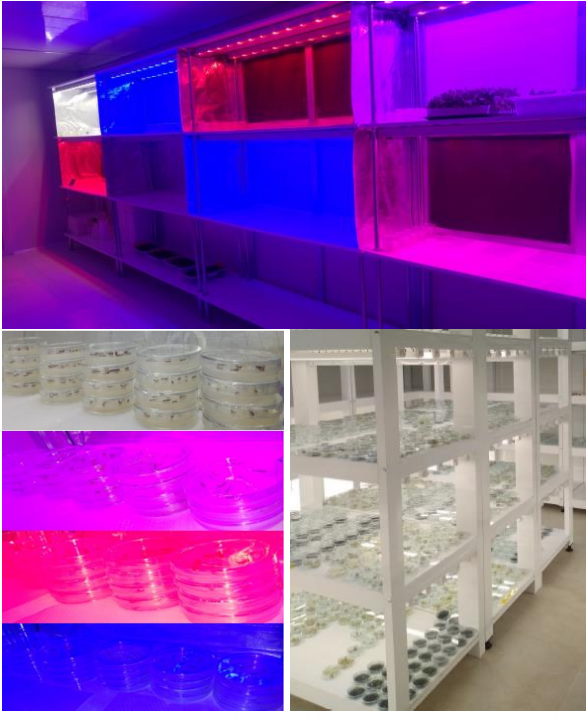


Şekil 1. Anamur F₁ çeşidi bitkileri ve bunlardan alınan uygun dönemdeki anterleri bulunduran tomurcuklar

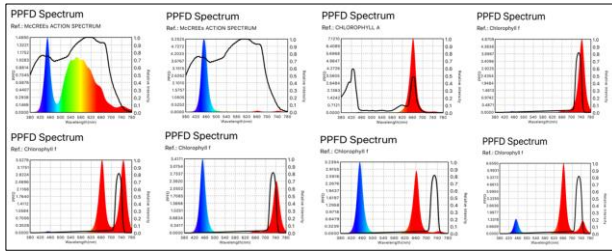
Dumas de Vaulx ve Chambonnet [12], Chambonnet [13], Karakullukçu [14], Doksöz [15] ve Özdemir-Çelik [16]'in çalışmaları göz önünde bulundurularak C ortamında kültüre alınan anterlere ön sıcaklık şoku uygulanmış ve ardından R ortamına aktarılan kültürler farklı ışıklandırma rejimlerinde inkübe edilmişlerdir. 25°C'de 16 saat aydınlık 8 saat karanlık fotoperiyodik düzende 1000 Lux yoğunluktaki floresan lambaların altında büyüme odasında tutulan kontrol uygulamalarından başka; 3x7 m ölçülerinde, ısı yalıtımlı bitki büyüme kabini içinde 8 farklı ışıklandırma koşulu daha denenmiştir. Kabin içerisinde bulunan raflarda farklı ışık reçetelerini içeren, farklı dalga boylarında ve spektrumda üretilen özel LED lambalar kullanılmıştır (Şekil 2).

LED modüllerin PFD değerleri LICOR 250A-Quantum sensör (400-700 nm) kullanılarak belirlenmiştir. Kırmızı ötesi ışığın spektrum aralığı 700 nm üzerinde olduğu için ASENSETEK Spektrometre ile ölçüm yapılarak PFD ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) cinsinden kaydedilmiştir. Ayrıca spektrum ölçümlerine göre raflar arasındaki ışık kaçakları da alüminyum perde örtüleri ile tamamen kapatılmıştır. Işık uygulaması 12 saat aydınlık / 12 saat karanlık olacak şekilde yapılmıştır. PFD değeri $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 'dir. Deneme süresince yapılan uygulamalar şunlardır: 1. Beyaz LED (B), 2. Kırmızı LED (656 nm) (K), 3. Mavi LED (450 nm) (M), 4. Kırmızı ötesi LED (736 nm) (FR), 5. Kırmızı + Kırmızı ötesi LED (K + FR), 6. Mavi + Kırmızı ötesi LED (M + FR), 7. Kırmızı + Mavi LED (K + M), 8. Mavi + Kırmızı + Kırmızı ötesi LED (K + M + FR) (Şekil 3).

Kültüre almayı takiben 60 gün boyunca inkübasyon işleminin ardından anterlerde embriyo çıkışları kaydedilmiş, kallus oluşumu gözlemleri alınmıştır. Elde edilen embriyolar, hormonsuz MS ortamında bitkiye dönüştürülmüş ve Karakullukçu [14] tarafından açıklanan şekilde dış koşullara alıştırılarak seraya transfer edilmişlerdir.



Şekil 2. Denemenin yapıldığı iki iklim odası ve farklı ışık spektrumları altındaki patlıcan anter kültürleri



Şekil 3. Farklı LED (elektronik ışıklı diyotlar) lambaların PPFD spektrumları; üstte soldan sağa: Beyaz, Mavi, Kırmızı, Kırmızı ötesi lamba spektrumları; altta soldan sağa: Kırmızı + Kırmızı ötesi, Mavi + Kırmızı ötesi, Mavi + Kırmızı + Kırmızı ötesi LED lambalara ait görünüm ve spektrumları

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Anter kültürüne olumlu yanıt veren bir patlıcan çeşidi olan Anamur F₁ anterlerinin iki farklı iklim odasında, farklı ışıklandırma koşullarında inkübe edilmesinin ardından embriyo ve anter gelişimi özellikleri belirlenmiştir.

Antalya Tarım büyütme odasında 25°C'de 16 saat aydınlık 8 saat karanlık fotoperiyodik düzende 1500 Lux yoğunluktaki floresan lambaların altında tutulan petri kutularındaki anterlerden 100 anter başına 28 adet embriyo elde edilmiştir. Ankara Üniversitesi Bahçe Bitkileri Bölümündeki büyütme odasında ise sadece "Kırmızı + Mavi LED (K + M)," ışık altında 6 embriyo/100 anter elde edilmiştir. Beyaz LED ışığın yoğunluğu 1500 lux'ten çok fazla olması (yaklaşık 9000 lux) nedeniyle embriyo oluşumunu inhibe ettiği düşünülmektedir.

1 no'lu Beyaz LED ışıkta oluşan yoğun kırılmalı, dağılımlı kallus dokusunda klorofil oluşumu belirgindir. 2 no'lu kırmızı ışıkta krem renkli yumuşak kallus oluşmuş, 3 no'lu mavi LED'de yoğun kallus

oluşumu meydana gelmemiş anterlerin içinden dışarı doğru hafifçe morfogenez gözlenmiştir. Mavi ışığın hücre bölünmesini ve aşırı büyümeyi sınırladığı bir etkisi olabileceği düşünülmüştür. Nitekim fidelerde aşırı boy uzamasını önlemek için mavi ışığın faydalı olabileceği bildirilmektedir [17]. Soya fasulyesinde de gövde ve boğum uzunluğu mavi ışık sayesinde kontrol altına alınmıştır [18]. 4 no'lu kırmızı ötesi LED ışık altındaki anterlerin bir kısmında büyük kallus dokusu oluşurken, bazı anterlerin içinden haploid olduğu düşünülen kallogenesis oluşmuştur. Benzer durum 5 no'lu ortamda elde edilmiştir. 6 no'lu ortamda kallus oluşumu daha az meydana gelmiş, anterlerin içinden hafifçe morfogenez sağlanmıştır. 7 no'lu mavi + kırmızı LED lambaların yer aldığı ışıklandırmada aşırı kallus oluşumu görülmemiş ve anterlerden embriyo meydana gelmiştir. 8 no'lu ışıklandırmada en sert dokulu bir miktar yeşil ve en iri kallus oluşumu ortaya çıkmıştır. Denemede anterler ve oluşumları ile ilgili görüntülere Şekil 4'te yer verilmiştir.



Şekil 4. Farklı spektrumlara sahip 8 adet LED ışıklandırma altında inkübe edilen anter kültürlerindeki gelişimlere ait görüntüler. 1. Beyaz, 2. Kırmızı, 3. Mavi, 4. Kırmızı ötesi, 5. Kırmızı + Kırmızı ötesi, 6. Mavi + Kırmızı ötesi, 7. Kırmızı + Mavi, 8. Mavi + Kırmızı + Kırmızı ötesi LED aydınlatma uygulamaları



Şekil 5. Anter kültüründen elde edilen bitkiciklerin büyütülmesi ve dış koşullara aktarılmış görüntüleri

Kontrol uygulaması olarak denemede yer alan ve 1500 lux floresan lamba altında, 16/8 saat aydınlık/karanlık koşullarda tutulan anterlerden elde edilen embriyo ve bitkiciklere ait görüntüler ise Şekil 5'te verilmiştir. Elde edilen tüm bitkicikler hormonsuz MS ortamına aktararak büyütülmüş ve dış koşullara aktarılmıştır.

LED lambaların homojen bir ışınım oluşturması, önemli derecede enerji tasarrufu sağlaması, daha az ısı üretmeleri nedeniyle iklim odalarında aşırı ısınmaya neden olmaması, ışık reçeteleri ile bitki büyüme ihtiyaçlarının tam olarak karşılanması [19] gibi avantajları nedeniyle doku kültürü laboratuvarlarında inkübasyon aşamasında kullanımları fayda sağlayabilir. Ancak bu konuda çalışmalar çok az sayıdadır. Optimum ışık rejimi ve spektrumu kullanılarak androgenesis yanıtı artırılabilir. Bu konuda çalışmaların detaylandırılarak sürdürülmesi faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Hatipoğlu R. Bitki Biyoteknolojisi, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Genel Yayın, Adana, 178s; 1999.
- [2] Gürel A, Hayta Ş, Nartop P, Bayraktar M, Fedakar SO. Bitki Hücre, Doku ve Organ Kültürü Uygulamaları. Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Ders Kitabı, İzmir, 221s; 2013.
- [3] Ellialtıoğlu Ş, Sarı N, Abak K. Haploid Bitki Üretimi. in: Bitki Biyoteknolojisi-I, Doku Kültürü ve Uygulamaları. Babaoğlu M, Gürel E, Özcan S (Eds.). Selçuk Üniversitesi Vakfı Yayınları, Konya, s:137-189; 2000.
- [4] Vural GE, Ari E, Zengin S, Ellialtıoğlu ŞŞ. Development of androgenesis studies on eggplant in Turkey from past to present [Online First], IntechOpen, doi: 10.5772/intechopen. 88299; 2019.
- [5] Gönülşen N. Bitki doku kültürleri yöntemleri ve uygulama alanları. Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, 78s; 1987.
- [6] Ellialtıoğlu ŞŞ, Sönmez K, Geboloğlu N, Boyacı HF. Recent advances in anther culture of eggplants in the contexts of cytological observations and incubation conditions. The Eurasian Agriculture and Natural Sciences Congress, 20-23 September, Bışkek/Kırgızistan; 2017.
- [7] Massa GD, Kim HH, Wheeler RM, Mitchell CA. Plant productivity in response to LED Lighting. HortScience 2008; 43: 1951-1956.
- [8] Kopsell DA, Sams CE, Morrow RC. Blue wavelengths from LED lighting increase nutritionally important metabolites in speciality crops. HortScience 2015; 50: 1285-1288;
- [9] Engelen-Eigles G, Holden G, Cohen JD, Gardner G. The effect of temperature, photoperiod, and light quality on gluconasturtiin concentration in watercress (*Nasturtium officinale* R. Br.). Journal of Agricultural and Food Chemistry 2006; 54: 328-334.
- [10] Li Q, Kubota C. Effects of supplemental light quality on growth and phytochemicals of baby leaf lettuce. Environmental and Experimental Botany 2009; 67: 59-64.
- [11] Sase S, Mito C, Okushima L, Fukuda N, Kanesaka N, Sekiguchi K, Odawara N. Effect of overnight supplemental lighting with different spectral LEDs on the growth of some leafy vegetables. Acta Horticulturae 2012; 956: 327-334.
- [12] Dumas de Vault R, Chambonnet D. Culture in vitro d'antheres d'aubergine (*S. melongena* L.); Stimulation de la production de plantes qu moyen de traitements á +35°C associes a de faibles teneurs en substances de croissance. Agronomie 1982; 2: 983-988.
- [13] Chambonnet D. Culture D'antheres *in vitro* chez trois Solanaceae maraicheres: le piment (*Capsicum annum* L.), l'aubergine (*Solanum melongena* L.), la tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) et obtention de plantes haploides. Academie de Montpellier, Doktora Tezi, 90s, France;1985.
- [14] Karakullukçu Ş. Değişik patlıcan genotiplerinde *in vitro* androgenesis ve haploid bitki oluşumunu uyarıcı bazı etmenler üzerinde araştırmalar. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 148s, Ankara; 1991.
- [15] Doksöz S. *In vitro* androgenesis yöntemi ile farklı patlıcan genotiplerinde dihaploid hatların elde edilmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 49s, Tokat; 2015.
- [16] Özdemir-Çelik B. Farklı uygulamaların patlıcan (*Solanum melongena* L.)'da mikrospor kültürü ile haploid embriyo ve bitki elde etme üzerine etkileri. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 86s, Antalya; 2018.
- [17] Özkök A, Çakırer G, Demir K. Sera ve LED aydınlatma. Tarım Gündem 2016; 31: 32-34.
- [18] Snowden MC. Effects of blue and green light on plant growth and development at low and high photosynthetic photon flux. Utah State University, Master of Science in Plant Science, 57p, Utah; 2015.
- [19] Çakırer G. Bitkilerde aydınlatma ve mavi LED. Tarım Gündem 2017; 41: 36-51.



Bingöl İli Merkez İlçe Köylerinde Uygulanan Arazi Toplulaştırma Projesinin Kırsal Alan Planlaması Yönüyle Değerlendirilmesi

Hüsamettin DÖNER¹, Sebahattin KAYA^{2*}

¹ Bingöl İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Arazi Toplulaştırma ve Tarımsal Altyapı Şube Müdürlüğü, Bingöl, Türkiye

² Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bingöl, Türkiye

Hüsamettin DÖNER ORCID No: 0000-0002-8857-3748

Sebahattin KAYA ORCID No: 0000-0003-3007-4177

*Sorumlu Yazar: skaya@bingol.edu.tr

(Alınış: 11.12.2020, Kabul: 26.11.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Anahtar

Kelimeler

Arazi toplulaştırma, Bingöl Ovası, Toplulaştırma oranı, Parsel azalım indeksi, Parsel şekli, Yol ağı yoğunluğu

Öz: Ülkemizde tarım arazileri; tarımın işletmelerce ekonomik olarak yapılmasını engelleyecek derecede bozuk şekilli, yol ağundan faydalanamayan, sulama ve drenaj sisteminin uygulanmasını güçleştirici bir durumdadır. Bütünlükten uzak çok parseli arazilerde üretimin kârlı olması oldukça zordur. Belirli bir düzenden ve kullanılabilirlikten yoksun arazilerin üretim, mekanizasyon, işçilik masrafları ve tarla içi geliştirme hizmetlerinden faydalanma oranı üzerinde olumsuz etkileri vardır. Bu sorunun çözülmesi ise, kırsal alanda geniş kapsamlı bir arazi düzenlemesine gidilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu araştırmada, Bingöl İli Merkez İlçeye bağlı Ekinyolu, Sarıçiçek, Yeniköy, Dik, Gözeler, İncesu, Çeltiksuyu, Büyükkören, Garip, Kumgeçit, Güveçli, Ormanardı, Çayağzı, Kılçadır, Gümüşlü ve Erdemli köylerinde uygulanmış olan arazi toplulaştırma projesi sonrası oluşan yol ve parsel durumları, proje öncesi durumla kıyaslanmıştır. Kıyaslamalarda; parsel sayısı, parsel şekli, ortalama parsel büyüklüğü, tarla içi yol uzunlukları dikkate alınmış ve proje başarısını belirlemek için toplulaştırma oranı ve parsel azalım indeksi değerleri belirlenmiştir. Proje sonrasında, proje öncesine göre parsel sayısı %1,22, tarla içi yol uzunlukları %382,1 oranında, yol ağı yoğunluğu ise %398,2 oranında artmıştır. Toplulaştırma öncesi %30,43 olan dikdörtgen ve yamuk şekilli parsel oranı toplulaştırma sonrasında %58,05 olmuştur. Toplulaştırma öncesi %69,57 olan şekilsiz ve üçgen şekilli parsel oranı ise toplulaştırma sonrasında %41,95 olmuştur. Toplulaştırma sonrasında ortalama parsel büyüklüğü proje öncesine göre %5,55 oranında azalmıştır. Toplulaştırma oranı %1,22 ve parsel azalım indeksi 0,99 olarak belirlenmiştir.

Evaluation of the Land Consolidation Project Implemented in the Villages of the Central District of Bingöl Province in Terms of Rural Area Planning

Keywords

Land consolidation, Bingöl Plain, Consolidation rate, Parcel decline index, Parcel shape, Road network density

Abstract: Agricultural lands in our country have a situation that is irregularly shaped to a degree that prevents agriculture from being done economically by enterprises, cannot benefit from the road network, and makes the application of the irrigation and drainage system difficult. It is very difficult for production to be profitable in multi-parcel lands that are far from integrity. Lands that lack a certain order and availability have negative effects on production, mechanization, labor costs and the rate of benefiting from on-farm development services. Elimination of this problem requires a comprehensive land arrangement in rural areas. In this research, the road and parcels situations formed after the land consolidation project implemented in Ekinyolu, Sarıçiçek, Yeniköy, Dik, Gözeler, İncesu, Çeltiksuyu, Büyükkören, Garip, Kumgeçit, Güveçli, Ormanardı, Çayağzı, Kılçadır, Gümüşlü and Erdemli villages of the Central District of Bingöl Province has been compared with the pre-project situation. In the comparisons; the number of parcels, parcel shape, average parcel size, in-field road lengths were taken into consideration, and the consolidation ratio and parcel decline index values were determined to determine the project success. After consolidation, the number of parcels increased by 1.22%, in-field road lengths by 382.1%, and road network density by 398.2% compared to before consolidation. The ratio of rectangular and trapezoid shaped parcels, which was 30.43% before consolidation, became 58.05% after consolidation. The rate of irregular and triangular shaped parcels, which was 69.57% before consolidation, became 41.95% after consolidation. After the project, the average parcel size decreased by 5.55% compared to before the project. The consolidation ratio was determined as (-1.22) % and the parcel decline index were 0.99.

1. GİRİŞ

Tarımsal faaliyetler, insanın yaşamını sürdürebilmesi için gerekli olan başlıca ekonomik faaliyet koludur. Hızlı nüfus artışına karşın, tarım alanlarının genişletilememesi dünyanın temel sorunlarının başında gelmektedir. Bu sorun ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkelerde daha ciddi boyutlardadır. Yapılan çeşitli çalışmalara rağmen, tarıma açılan arazilerin nüfus artışına paralel olarak arttırılamaması ve bu bağlamda; gıda maddelerine olan talebin tam olarak karşılanamaması nedeniyle, bu sınırlı arazilerden daha fazla verim alabilme yollarının aranması gerekmektedir [1]. Ayrıca, birçok ülkede tarım arazisi niteliğindeki arazilerin tamamen kullanıldığı veya bu arazilerde sona yaklaşıldığı için yukarıda belirtilen temel sorun, araştırmacıları birim alanda verim artışı ile gıda eksikliğinin giderilmesine yöneltmiştir [2]. Kırsal alanda yapılan yatırımlardan beklenen faydanın sağlanması ve tarımsal yeniliklerin tarlaların içerisine kadar götürülebilmesi için, öncelikle tarımsal yapı bozukluğunun düzeltilmesi gereklidir [3]. İşletmelerin büyüklüğü ve parsel sayıları, arazilerin tarımsal alt yapı hizmetlerinden faydalanma durumu tarımsal yapıyı oluşturan önemli unsurlardır [4]. İşletme büyüklüklerinin istenen değerlerin altına düşmesi nedeniyle, ekonomik tarım yapılması imkânsız olmakta ve konumları, büyüklükleri, nitelikleri ve şekilleri birbirinden farklı arazilerde sağlıklı bir tarım yapılamamakta ve çok parçalı arazilerin, işletme maliyetlerinin fazla olmasından dolayı istenilen verim alınamamaktadır [5]. Ülkemizde tarım işletmelerinin yetersiz toprağa sahip olmaları yanında var olan toprakların dağınık, küçük parçalar halinde, etkin bir ulaşım ve sulama ağından yoksun oluşu da sorunu büsbütün arttırmaktadır. Diğer taraftan, tarımsal nüfusun belirli bir hızla artmasına karşın, artan nüfusun başka sektörlere aynı hızla aktarılamaması gözlenmektedir. Aynı zamanda miras yasalarımızdan kaynaklanan aksaklıklar nedeni ile tarım işletmeleri bölünerek sayıları artmakta ve ekonomik işletme büyüklüğünden uzaklaşmaktadır [6]. Parçalanmanın etkileri, tarımsal gelirin yüksek olduğu verimli ve sulu tarım arazilerinde daha yoğun görülmekte ve bu durum makineleşmeyi olumsuz yönde etkilemekte, üretim için daha fazla enerji kullanımına ve zaman kaybına neden olmakta ve üretim maliyetlerini arttırmaktadır [3]. Ayrıca, tarımsal işletmelerde parsellerin yerleşim merkezinden veya işletme avlusundan uzak olması, tarımsal iş başarısını azaltmakta, ulaşım ve taşıma masraflarını arttırmakta ve üretim güçlüklerini ortaya çıkarmaktadır [7, 8]. Takka [9] ve Arıcı ve Demir [10], ülkemizde tarım arazilerinin sahip olduğu bu durumun olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılması için; öncelikle tarım arazilerindeki daha fazla parçalanmayı ve bozulmayı önleyici yasal, hukuksal düzenlemeler yapılmasının, sonrasında da bugüne kadar oluşmuş küçülmelerin, parçalanmaların, düzensizliklerin (şekil bozuklukları gibi) iyileştirilmesi olan arazi toplulaştırmasının gerçekleştirilmesinin gerekli olduğunu belirtmişlerdir [11].

Esasında arazi toplulaştırmanın ana konusu, parçalanmış, dağılmış arazilerin bir araya getirilmesi ve bozuk şekilli arazilerin şekillerinin düzenlenmesidir. Ancak, bu

hizmetlerin yanında, tarımsal işletmeciliği daha da kolaylaştırmak için tarla içi yolların yapılması, sulama hizmetlerinin getirilmesi, drenaj, tarla tesviye, toprağın korunması, köy imar planlarının yapılması, köy geliştirme alanlarının kurulması ve tarımsal üretimin sürdürülebilir bir şekilde yapılması için çeşitli önlemler alınması arazi toplulaştırması kapsamında yapılan hizmetlerdendir [12]. Böylece, arazi toplulaştırma çalışmaları tarımsal faaliyetler açısından olduğu kadar kırsal alanın sosyo-ekonomik sorunlarına çözüm getirmesi bakımından da büyük önem taşımaktadır. Arazi toplulaştırma çalışmalarıyla tarımsal verim artmakta ve ürün çeşitliliği sağlanmaktadır. Arazi toplulaştırma çalışmalarında planlanan, önemli olgulardan birisi de, tarım arazileri içerisinde altyapısı tamamlanmış yolların yapılarak, ulaşımın ekonomik ve kolay hale getirilmesi işlemleridir. Arazi toplulaştırma uygulamaları sonrasında parsellerin şekilleri genel olarak dikdörtgenlerden oluşmaktadır. Şekilleri düzgün olan tarlalarda insan ve makinelerin veriminde önemli artışlar sağlanmaktadır [3].

Arazi toplulaştırma projelerinin çok amaçlı projeler haline dönüştürülmesi sonucunda; yukarıda belirtilen üretim artırıcı etkileri yanında; kentsel gelişmeye, kırsal alanlar arası trafiğin ve eğlence alanlarının düzenlenmesi gibi üretim dışı faktörlere de katkı sağlanmaktadır [1]. Ayrıca, arazi toplulaştırma çalışmaları günümüzde bütünsel bir kırsal alan planlamasına yönelik çok yönlü kırsal gelişim aracı olmuştur ve son yıllarda toplum politikaları ve tarımsal yapıdaki gelişmeler, çevre ve doğanın algılanışı; arazi toplulaştırmayı sürdürebilir kalkınma çerçevesinde doğa ve çevre korumaya yönlendirmiştir [8].

Her türlü yenilikte olduğu gibi, arazi toplulaştırması projelerinde de projenin başarısı ve daha geniş alanlarda uygulanması kendinden beklenen işlevleri yerine getirmesine bağlıdır. Bu nedenle, toplulaştırma projeleri, proje öncesi durum baz alınarak, çeşitli yönlerden değerlendirilmekte ve bu değerlendirmelere göre projelerin başarı düzeyleri belirlenmektedir. Bu kriterler arasında toplulaştırma oranı, ortalama parsel büyüklüğü, ortalama parsel sayısı, ortalama işletme-parcel uzaklığı en bilinenlerdir [13]. Ayrıca, arazi toplulaştırma projelerinin değerlendirilmesinde parsellerin şekil ve sayısı ile ilgili kriterleri içeren endeksler de kullanılmaktadır. Bu endeksler; parsellerin büyüklüğü ve yoğunluğu ile ilgili endeksler ve kenar ve şekil oranına ilişkin endeksler olmak üzere iki ana başlık altında sınıflandırılmıştır [14].

Bu çalışmada; Bingöl ili Merkez İlçesine bağlı Ekinyolu, Sarıçiçek, Yeniköy, Dik, Gözeler (ve İncesu), Çeltiksuyu. Büyükçekören, Garip, Kumgeçit, Güveçli, Ormanardı, Çayağzı, Kılçadır, Gümüşlü ve Erdemli köylerinde uygulanmış olan arazi toplulaştırma projesi sonucu oluşan parsel şekil ve sayıları ve tarla içi yol uzunlukları, proje öncesi durumla kıyaslanarak değerlendirilmiş ve meydana gelen değişimler tartışılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

Araştırma alanı olarak seçilen arazi toplulaştırma projesinin uygulanmış olduğu Ekinyolu, Sarıççek, Yeniköy, Dik, Gözeler (ve İncesu), Çeltiksuyu. Büyüktökren, Garip, Kumgeçit, Güveçli, Ormanardı, Çayağzı, Kılçadır, Gümüşlü ve Erdemli köyleri Bingöl ili Merkez ilçe sınırları içerisinde yer alan Bingöl Ovası'nda yer almaktadır. Bingöl ili, Doğu Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Fırat bölümünde WGS 84 ZON 37 koordinat sistemine göre 580000-700000 x değerleri ile 4260000-4380000 y değerleri arasında yer almaktadır.

Tablo 1. Bingöl ili'ne ait çok yıllık bazı iklim değerleri (1961-2018)

Aylar	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Yıllık
Ort. Sic.(°C)	2,4	-1,2	4,1	10,7	16,1	21,9	26,6	26,4	21,2	14,2	6,7	0,5	12,1
Ort.En Yük. Sic. (°C)	2,2	3,7	9,4	16,6	22,8	29,3	34,5	34,7	29,7	21,4	12,5	5,0	18,5
Ort.En Düş.Sic. (°C)	-6,0	-5,0	-0,2	5,7	10,1	14,7	19,0	18,6	13,6	8,2	2,2	-2,9	6,5
Ort.Güneşl. Süresi (saat)	3,3	4,3	4,9	5,6	7,1	9,2	9,5	9,0	8,2	6,0	4,4	3,1	74,6
Ort.Yağışlı Günler	12,8	12,4	13,8	14,9	14,0	5,5	1,7	1,3	2,6	8,5	9,3	12,8	109,6
Ort.Yağış Mik.(kg m ⁻²)	138,4	131,9	127,5	116,5	75,9	21,3	5,6	3,1	11,5	66,7	107,3	137,6	943,3

Araştırma alanının da içerisinde yer aldığı Bingöl Ovası'ndaki taban araziler allüviyal materyalden oluşmuş derin, az kireçli, az taşlı ve kil bünyeye sahip, yamaç araziler ise kollüviyal materyalden oluşmuş, orta derecede taşlı, sığ derinlikli, kireçsiz, kumlu-killi-tın bünyeye sahip arazilerdir [17].

Araştırma alanında yer alan köylerin geçim kaynağı tarım ve hayvancılığa dayanmaktadır. Çoğunlukla buğday, tütün ve bazı sebze çeşitleri yetiştirilmektedir. Hayvancılığın ana geçim kaynağı olduğu köylerde yonca yetiştiriciliği de yoğun olarak yapılmaktadır. Ayrıca, arıcılıkta bir diğer geçim kaynağı olarak gösterilebilir. Bunlarla beraber hayvan yetiştiriciliğine bağlı olarak et, süt ve süt ürünleri üretimi de önemli geçim kaynaklarındandır.

Bingöl ili genel olarak göç veren bir il olduğundan bu durum toplulaştırma yapılan köylere de yansımıştır. Sosyo-ekonomik koşullar nedeniyle kırsalda yaşayan insanlar şehir merkezine veya başka şehirlere göç etmektedir.

2.2. Metot

Proje alanında; 3083 sayılı Sulama Alanlarında Arazi Düzenlenmesine Dair Tarım Reformu Kanunu, Uygulama yönetmeliği ve Arazi Topplulaştırması Teknik Talimatında belirlenen ilkelere göre 2011-2016 yılları arasında arazi toplulaştırma projesi uygulanmıştır.

Araştırma alanındaki arazi toplulaştırma uygulamasının tarımsal alt yapıya olan etkisinin belirlenmesinde; parsellerin şekil ve büyüklükleri, yol ve ulaşım durumları dikkate alınmıştır. Bu amaçla araştırma sahasındaki toplulaştırma öncesi ve sonrası mülkiyet haritaları, parsel büyüklükleri, arazi kullanım haritaları

İlin yüzölçümü 8253 km² olup, merkez ilçe alanı 1790 km²'dir. Bingöl ili, doğuda Muş, kuzeyde Erzincan ve Erzurum, batıda Tunceli ve Elazığ, güneyde ise Diyarbakır ili ile komşudur.

Bingöl ili yağış rejimi karasal yağış rejimini yansıtmaktadır. Ancak yöredeki iklim koşulları bir bütün olarak ele alındığında Akdeniz ve karasal rejim arasında kendine özgü bir özellik taşıdığı görülmektedir [15]. Bingöl Merkez ilçede konuşlu Meteoroloji Genel Müdürlüğü Bingöl Meteoroloji İstasyonu'nda 1961 – 2018 yılları arası gözlemlenmiş olan bazı meteorolojik veriler Tablo 1'de verilmiştir [16].

ve sulama şebekesi haritası incelenmiştir. Araştırma alanında mülga Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarım reformu Genel Müdürlüğü, Arazi Topplulaştırma ve Tarla İçi Geliştirme Hizmetleri Daire Başkanlığı tarafından yürütülmüş olan arazi toplulaştırma projesinin verileri kullanılmıştır. Bingöl ili Merkez ilçesi Tapu Müdürlüğü'nce hazırlanan, Merkez İlçeye bağlı Ekinyolu, Sarıççek, Yeniköy, Dik, Gözeler (ve İncesu), Çeltiksuyu, Büyüktökren, Garip, Kumgeçit, Güveçli, Ormanardı, Çayağzı, Kılçadır, Gümüşlü ve Erdemli köylerinde 1/2000 ölçekli kadastro paftaları, paftalara ait koordinat listesi ve taşınmazlara ait güncel mülkiyet listeleri (elektronik tapu kayıtları) temin edilmiştir. Proje sahasında yer alan İncesu köyü arazileri Gözeler köyü arazileri ile birlikte değerlendirilmiştir. Paftalar, çeşitli bilgisayar programları ve cihazlar vasıtasıyla elektronik ortama aktarılmıştır ve NetCAD paket programında çalışılabilecek uygun formata dönüştürülmüştür. Elektronik paftaların fiziki yüzü ile örtüşebilmesi amacıyla; pafta üzerinde bulunan ve koordinatı bilinen en az dört nokta işaretlenerek paket programa bu noktaların koordinatları girilmiştir. Paftalar, elektronik ortamda proje sahasına ait coğrafik koordinatlara uygun bir şekilde yeniden konumlandırılarak, grafik çizimlerin yapılabilmesi için uygun hale getirilmiştir. Kadastro parsellerinin, su yollarının, sabit tesislerin, dere yataklarının, azmaklar ve benzeri alanların, kadastral yolların sınırlarına bağlı kalmak koşulu ile teker teker çizimleri yapılmıştır. Çizim sonrasında her bir parsel, alan olarak paket programa tanıtılarak, sayısal parsellere gerçek ada ve parsel numaraları verilmiş, parsellerin sayısal yüzölçümleri elde edilmiştir.

Topplulaştırma öncesi mülkiyet durumunu gösteren haritalar bilgisayar ortamında sayısallaştırılmış Nettop ve Netcad bilgisayar programı yardımı ile parselasyon planları hazırlanmış hem eski mülkiyet durumları hem de yeni dağıtım planı aynı paftada gösterilmiştir.

Toplulaştırma öncesi ve sonrası parsellerin şekilleri dörtgen, yamuk, şekilsiz ve üçgen olmak üzere dört kategoride değerlendirilmiştir.

Bingöl ili Merkez ilçeye bağlı 15 köyde uygulanmış olan arazi toplulaştırma projesinin başarısının değerlendirilmesinde; fiziksel etkinliğin ölçütü olarak önerilen ve toplulaştırma öncesi ve sonrası yol uzunluğunu dikkate alan ulaşım etkinliği ve toplulaştırma öncesi ve sonrası parsel sayısı dikkate alınarak parsel azalım indeksi ve toplulaştırma oranı kriterleri kullanılmıştır [14, 18, 19]. Ayrıca, toplulaştırma öncesi ve sonrası parsel şekli, sayısı ve ortalama parsel büyüklüğü belirlenerek karşılaştırma yapılmıştır. Ulaşım etkinliği; toplulaştırma öncesi ve sonrası döneme ilişkin toplam ve birim alan başına düşen yol uzunluğu karşılaştırılarak belirlenmiştir [18].

Toplulaştırma oranı, arazi toplulaştırma projelerinin başarısını gösteren en önemli göstergedir. Toplulaştırma oranının büyüklüğü toplulaştırmanın başarısının bir göstergesidir. Toplulaştırma oranı büyüdükçe işletmeciliğin daha verimli bir şekilde yapıldığı ve arazi toplulaştırmasının etkinliğinin arttığı anlaşılmaktadır. Toplulaştırma çalışmalarında, toplulaştırma oranını ve parsel azalım indeksini belirlemek için ülkemizde yaygın olarak kullanılan ve bu çalışmada da kullanılmış olan (1) ve (2) no'lu eşitlikler aşağıda verilmiştir [14,18].

$$\text{Toplulaştırma oranı} = \frac{(\text{Eski parsel sayısı} - \text{Yeni parsel sayısı}) \cdot 100}{\text{Eski parsel sayısı}} \quad (1)$$

Tablo 2. Araştırma alanında arazi toplulaştırma uygulaması öncesi ve sonrası parsel şekillerinin durumu ve tarla içi yol uzunluğu

Parsel Şekli	Toplulaştırma Öncesi (Adet)	Oranı (%)	Toplulaştırma Sonrası (Adet)	Oranı (%)	Fark (%)
Dörtgen	1157	17,79	3068	46,62	+28,83
Yamuk	822	12,64	752	11,43	-1,21
Şekilsiz	4291	66,00	2663	40,46	-25,54
Üçgen	232	3,57	98	1,49	-2,08
TOPLAM	6502	100.00	6581	100.00	0.00
Tarla içi yol uzunluğu (m)	107788		411864		+282,11
Ortalama parsel alanı (da)	15,60	-	14,78	-	
Toplulaştırma oranı (%)	-	-	-1,22	-	
Parsel azalım indeksi	-	-	0,99	-	
Yol ağı yoğunluğu (m/ha)	10,63	-	42,33	-	

Araştırma sahasında toplulaştırma sonrasında dikdörtgen şekilli parsel sayısı 3068 ve dikdörtgen şekilli parsel oranı %46,62 olmuştur. Araştırma sahasında, toplulaştırma öncesi ve sonrasındaki yamuk şekilli parsel sayısında ve oranlarında önemli bir değişiklik olmamıştır. Toplulaştırma öncesi 822 (%12,64) olan yamuk şekilli parsel sayısı, toplulaştırma sonrasında 752 (%11,43) olmuştur. Çelebi [21], Karaman İli Yuvatepe toplulaştırma sahasında toplulaştırmadan önce %82,9 olan dikdörtgen ve yamuk şekilli parsel sayısının toplulaştırmadan sonra %78,5'e düştüğünü ve bu durumun sulama sahası sınırında bulunan parsellerin şekillerinin bozuk olmasından ve blok şekillerinin bu parsellere göre belirlenme zorunluluğundan kaynaklandığını belirtmiştir. Toplulaştırmadan önce

$$\text{Parsel azalım indeksi} = \frac{\text{Toplulaştırma öncesi parsel sayısı}}{\text{Toplulaştırma sonrası parsel sayısı}} \quad (2)$$

3. BULGULAR

Toplulaştırma projesi uygulanmış olan 15 köyün her birisi ve tüm toplulaştırma alanı için toplulaştırma öncesi ve sonrasındaki parsel şekil ve sayıları, toplam parsel sayısı, farklı şekillerdeki parsel sayılarının toplam parsel sayısına oranı ve toplulaştırma sonrası değişim miktarı, tarla içi yol uzunluğu, ortalama parsel alanı, yol ağı yoğunluğu, toplulaştırma oranı ve parsel azalım indeksi belirlenmiştir. Toplulaştırma alanının tamamı dikkate alınarak belirlenmiş olan bu değerler Tablo 2'de verilmiştir, ancak, her bir köy için elde edilen değerler burada verilmemiştir.

Toplulaştırma öncesi, şekillerine göre parsel sayıları ve oransal dağılımı incelendiğinde, tarımsal yönden en uygun olan dikdörtgen şekilli parsellerin çok yoğun olmadığı (1157 adet ve %17,79) ve şekilsiz parsellerin sayısının ve oranının daha fazla (4291 adet ve %66,00) olduğu anlaşılmaktadır. Bu değerler ülkemizde arazi toplulaştırma projesi uygulanan diğer yörelerdeki değerlere oldukça yakındır. Peker ve Dağdelen [20], Aydın İli'nde toplulaştırma yapılan sahalarda toplulaştırma öncesi toplam parsellerin % 19,83'ünün dikdörtgen şekilli; % 49,58'i ise şekilsiz parsellerden oluştuğunu belirtmişlerdir.

%30,43 olan dikdörtgen ve yamuk şekilli parsel oranları toplulaştırmadan sonra %58,05'e yükselmiştir. Çelebi [21], Karaman İli'nde uygulanan Yuvatepe, Bölük yazı, Hamidiye ve Kılbasan projelerinde düzgün dörtgen ve yamuk şeklindeki parsel oranlarının toplulaştırmadan önce sırasıyla %82,9, %62,2, %79,3, ve %79,5 ve toplulaştırmadan sonra bu oranların sırasıyla %78,5, %81,4, % 91,9 ve %87,7 olduğunu ve toplulaştırma sonrasında düzgün dörtgen ve yamuk şeklindeki parsel oranlarının genel olarak yükseldiğini belirtmiştir. Toplulaştırma sonrasında şekilsiz parsel sayısı ve oranı oldukça azalmıştır (2663 adet, %40,46). Toplulaştırma öncesinde 232 (%3,57) olan üçgen şekilli parsel sayısı, toplulaştırma sonrasında 98 adet (%1,49) olmuştur.

Tablo 2 incelendiğinde, araştırma sahasında toplulaştırmadan önce 107788 m olan tarla içi yol uzunluğunun, toplulaştırmadan sonra 411864 m'ye çıktığı anlaşılmaktadır. Proje sonrasında tarla içi yol uzunluğu proje öncesine göre %382,1 oranında artmıştır. Yerleşim birimleri bazında ise bu artış oranları %159,13-%687,26 arasında gerçekleşmiş ve en yüksek artış Sarıçiçek Köyü'nde olmuştur. Aydın İli toplulaştırma alanlarında tarla içi yol uzunluğundaki artış oranı %265,42 olmuştur. Yerleşim birimleri bazında ise bu artış oranları %163,36 - %801,54 arasında gerçekleşmiştir [20]. Her parselde ulaşımın sağlanması esas alınarak yol planlaması yapıldığından toplulaştırma sonrası yoldan hizmet alan parsel sayısı artmıştır. Araştırma sahası genelinde toplulaştırma öncesi birim alana düşen yol miktarı (yol ağı yoğunluğu) 10,63 m ha⁻¹ iken; toplulaştırma sonrası birim alana düşen yol miktarı 42,33 m ha⁻¹'a yükselmiştir. Bu değerler Aydın İli toplulaştırma alanlarında 19,90 m ha⁻¹ ve 52,84 m ha⁻¹ olarak belirlenmiştir [20]. Toplulaştırma sonrasında yerleşim birimleri bazında en yüksek yol ağı yoğunluğu 72,15 m ha⁻¹ değeriyle Gümüşlü Köyü'nde, en düşük yol ağı yoğunluğu 23,24 m ha⁻¹ değeriyle Büyüktekören Köyü'nde olmuştur. Peker ve Dağdelen [20], Aydın İli toplulaştırma alanlarında, toplulaştırma sonrası en yüksek yol ağı yoğunluğunun 69,84 m ha⁻¹ olduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde, Kır [22], Sinop-Boyabat-Cemalettin Köyünde toplulaştırmadan önce birim alana düşen yol miktarının 12,93 m ha⁻¹ iken toplulaştırma sonrası bu değer 69,34 m ha⁻¹'a yükseldiğini belirtmiştir. Abacı [23], Sinop-Boyabat-Durağan toplulaştırma alanı içerisinde yer alan bazı köylerin toplulaştırma önce ve sonrası birim alana düşen yol miktarının, Aşağı Karacaören Köyü'nde 20,5 m ha⁻¹ iken 44,25 m ha⁻¹'a, Yeşilkent Köyü'nde 8,06 m ha⁻¹ iken 72,20 m ha⁻¹'a, Yanlızkavak Köyü'nde 21,50 m ha⁻¹ iken 79,30 m ha⁻¹'a, ve Kayaboğazı Köyü'nde 23,16 m ha⁻¹ iken 90,12 m ha⁻¹'a yükseldiğini bildirmiştir.

Araştırma alanında toplulaştırma öncesi 6502 olan parsel sayısı, toplulaştırma sonrasında 6581 olmuştur. Ortalama parsel alanı değerleri toplulaştırma öncesi ve sonrası için 15,60 da ve 14,78 da olarak belirlenmiştir. Toplulaştırmadan sonra parsel sayısının artması ve ortalama parsel alanı değerinin düşmesinin nedeni, toplulaştırma öncesi ortak mülkiyetli olan parsellerin toplulaştırma sonrasında ferdi mülkiyete geçirilmesinden ve özellikle de aynı şahıslara ait ortak mülkiyetli parsel sayısının, hissedar sayısından az olmasından kaynaklanmıştır. Ayrıca, bu durum, toplulaştırma öncesinde parça (parsel) sayısı değişmeden toprağın mülkiyetinde hissesi bulunan kişi sayısının artışı biçiminde gizli bir parçalanmanın var olmasından kaynaklanmış olabilir [8, 24]. Yerleşim yerleri baz alındığında toplulaştırma öncesi ve sonrası en düşük parsel alanı değerleri Erdemli Köyü'nde (sırasıyla 4,58 ve 4,10 da), en büyük parsel alanı değerleri ise

Büyüktekören Köyü'nde (sırasıyla 42,83 ve 54,87 da) olmuştur. Bu değerler Ülkemizde uygulanan diğer toplulaştırma alanlarındaki değerlerle kıyaslandığında oldukça yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Abacı [23], Sinop Boyabat Durağan Katılımcı Arazi Toplulaştırma Projesinin tümü incelendiğinde Kayaboğazı, Yabanlı ve Yanlızkavak köylerinin ortalama parsel büyüklüğünün 7 da'ın altında olduğunu ve diğer 14 köy ve ilçe merkezi dikkate alındığında 2 da'dan daha düşük ortalama parsel büyüklüğüne sahip yerler olduğunu belirtmiştir. Kır [22], Sinop Boyabat İlçesi Cemalettin Köyü'nde toplulaştırmadan önce 1,37 da olan ortalama parsel büyüklüğünün toplulaştırma sonrası 5,53 da'a yükseldiğini belirtmiştir. Peker ve Dağdelen [20], Aydın İli toplulaştırma alanlarında toplulaştırma öncesi 5,18 da olan ortalama parsel alanının toplulaştırma sonrası 9,28 da'a yükselmiş olduğunu belirtmişlerdir.

Proje sahası genelinde toplulaştırma oranı % -1,22 olarak belirlenmiştir. Türkiye'de yapılan arazi toplulaştırma projelerinde toplulaştırma oranının %42,4 [18, 25] olduğu dikkate alındığında, bu değer ülkemizde uygulanan toplulaştırma uygulamalarında elde edilen ortalama değerden oldukça düşüktür. Bu durum yukarıda da belirtildiği gibi, toplulaştırma öncesi ortak mülkiyetli olan parsellerin toplulaştırma sonrasında ferdi mülkiyete geçirilmesinden ve özellikle de aynı şahıslara ait ortak mülkiyetli parsel sayısının hissedar sayısından az olmasından kaynaklanmıştır. Yerleşim yerleri baz alındığında en düşük toplulaştırma oranı değeri Garip Köyü'nde %-25,08, en büyük toplulaştırma oranı değeri ise Çayağzı Köyü'nde (%32,57) olmuştur. Toplulaştırma sonrası parsel sayısının azalmış olduğu Büyüktekören, Çayağzı, Çeltiksuyu, Dik, Gözeler, Gümüşlü ve Sarıçiçek Köylerinde (+) değerlikli toplulaştırma oranı değerleri elde edilirken, toplulaştırma sonrası parsel sayısının artmış olduğu Ekinyolu, Erdemli, Garip, Güveçli, Kılçadır, Kumgeçit, Ormanardı ve Yeniköy köylerinde (-) değerlikli toplulaştırma oranı değerleri elde edilmiştir. Örnek olması bakımından, Büyüktekören Köyü'nün toplulaştırma öncesi ve sonrası parsel ve tarla içi yol durumlarına ait görüntüler Şekil 1 ve Şekil 2'de verilmiştir.

Araştırma sahasının tümü için parsel azalım indeksi değeri 0,99 olarak bulunmuştur. Araştırma alanı içerisinde yer alan yerleşim birimleri dikkate alındığında en yüksek parsel azalım indeksi değeri Çayağzı Köyü'nde (1,48), en düşük parsel azalım indeksi değeri ise Garip Köyü'nde (0,80) elde edilmiştir. Akkaya ve ark. [14] parsel azalım indeksinin Marmara Bölgesi Serem ve Beyköy arazi toplulaştırma projelerinde sırasıyla 4,28 ve 1,51 olarak belirlendiğini ifade etmişlerdir.



Şekil 1. Toplulaştırma öncesi Büyüktekören Köyü parsel ve tarla içi yol durumu



Şekil 2. Toplulaştırma sonrası Büyüktekören Köyü parsel ve tarla içi yol durumu

4. SONUÇ

Bingöl İli Merkez İlçeye bağlı 15 köydeki 101401,020 da alanda uygulanan arazi toplulaştırma projesi sonrasında 97288,287 da alan tescil edilmiştir. Parçalı ve dağınık halde bulunan işletmelere ait parsellerin birleştirilmesi ve hisselerin ayrılması ile proje sahasında bulunan toplam parsel sayısı 6502'den 6581 parselle yükselmiştir. Bu verilere göre, toplam parsel sayısının proje öncesine göre %1,2 oranında arttığı görülmektedir. Tarla içi yol uzunluğu 107788 metreden 411864 metreye yükselmiştir. Proje sonrasında oluşan tarla içi yol uzunluğu proje öncesine göre %382,1 oranında artmıştır. Bu sayede, işletme sahipleri arazilerine daha kolay ve ekonomik bir şekilde ulaşabilmesi ve proje sahasında bulunan bütün parsellerin yol ve sulama imkânlarından doğrudan faydalanması sağlanmıştır. Arazi toplulaştırması ile sürüm giderlerinde değişen oranlarda maliyet azalması sağlanmıştır. Yeni yol ağının oluşturulmasıyla, işletme sahiplerinin yolu olmayan parsellerine ulaşmaları sırasında başka işletmelere ait olan tarım alanlarını tahrip etmeleri de engellenmiştir. Böylece mülk sahipleri arasında yaşanan anlaşmazlıklar ve sınır ihtilafları önlenmiş olmaktadır.

Bingöl Merkez İlçe Köyleri Arazi Toplulaştırma ve Tarla İçi Geliştirme Hizmetleri Projesi sonrasında yola cephesi olmayan parsel sayısı ve şekilsiz parsel sayısı azalmıştır. Tarımsal mekanizasyon uygulamaları için istenilen parsel şekli olan dörtgen şeklindeki parsellerin sayısı ve oranı artmıştır. Dörtgen ve yamuk şekilli parsel oranında %27,62 artış, şekilsiz ve üçgen şekilli parsel oranında %27,62'lik bir azalış sağlanmıştır. Uygun şekilli parsellerde tarımsal faaliyetlerin etkinliği, şekli bozuk olan parsellere oranla oldukça yüksek olduğundan dolayı düzgün şekilli, belli boy-en değerlerine sahip parsellerin oluşması toplulaştırma projesinde hedeflenen amaçlar arasındadır. Bu şekilde oluşturulmuş parsellerde mekanizasyon kolaylaşacak ve üretim maliyetleri düşmüş olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] İtir O. Kayseri - Melikgazi - Sarımsaklı Köyü Arazi Toplulaştırma Projesi ve Toplulaştırma Sonrasında Yol - Parsel Durumlarının Analizi [Yüksek Lisans Tezi], Ankara, Ankara Üniversitesi; 2013.
- [2] Şengün MN. Arazi toplulaştırma ve tarla içi geliştirme hizmetleri sulama suyunun tasarruflu kullanımına etkisi ve çalışmaları yürütmesi gereken kurumsal yapıdaki yanlışlıklar.TMMOB Su Politikaları Kongresi, Tebliğler Kitabı, Ankara: 2005.
- [3] Boyraz Z, Üstündağ Ö, Kırsal alanlarda arazi toplulaştırma çalışmalarının önemi. NWSA: Nature Sciences. 2008; 3(3): 563-15.
- [4] Manavbaşı İD. Sivas İli Ulaş İlçesi Karacalar Köyü arazi toplulaştırma çalışması ve uygun yağmurlama sulama sisteminin projelenmesi [Yüksek Lisans Tezi]. Ankara: Ankara Üniversitesi; 2012.
- [5] Küsek G. Arazi toplulaştırma projelerinde bilgisayardan yararlanma olanakları ve Çakırköy

- uygulaması [Doktora Tezi]. Adana: Çukurova Üniversitesi; 1995.
- [6] Çevik B, Tekinel O. Arazi Toplulaştırması. Ç.Ü. Ders Notları. Adana, 1987.
- [7] Parlak Z. Yaşanabilir Bir Kırsal Oluşturmak Arazi Toplulaştırması. 2010. [erişim tarihi: 25.09.2020] http://www.tarimreformu.gov.tr/library/belge/kitap_kirsal_alan_arazi_toplulastirma_ziya_parlak%20.pdf
- [8] Boztoprak T. Arazi toplulaştırma çalışmasının kültürteknik özelliklerinin sürdürülebilir arazi yönetimi açısından irdelenmesi: Kayseri örneği [Yüksek Lisans Tezi]. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi; 2010.
- [9] Takka S. Arazi Toplulaştırması, Kültürteknik Derneği Yayınları No:1, Ankara, 1993.
- [10] Arıcı İ, Demir AO. Tarla içi geliştirme hizmetlerinin kırsal çevreye etkisi. Tarım-Çevre İlişkileri Sempozyumu, 1996, Mersin: 1996. p. 69-11.
- [11] Eminoğlu G, Çakmak B Burdur. Kemer-Elmacık Köyü arazi toplulaştırma etkinliğinin değerlendirilmesi. Gaziosmanpaşa Üniv., Fen Bil. Enstitüsü Bilimsel Araşt Dergisi, 2013; 5: 39-14.
- [12] Akkaya A, Gündoğdu ST, Arıcı İ. Arazi Toplulaştırması Planlama ve Projelemesi Ders Kitabı, Bursa, 2010.
- [13] Ayrancı Y. Parsel yer değiştirme oranının (pyo) arazi toplulaştırması projelerinin değerlendirilmesinde kullanımı. Turkish J Agricult and Forest. 2000; 24: 745-4.
- [14] Akkaya A, Gündoğdu KS, Arıcı İ. Some metric indices for the assessment of land consolidation projects. Pakistan J Biologi Sci. 2007; 10(9): 1390-8.
- [15] Soylu H.. Bingöl'ün coğrafi özellikleri. III. Bingöl Sempozyumu. 2013. Bingöl: 2013. p. 413-23.
- [16] MGM. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. 2019. [Erişim Tarihi: 20.05.2019] <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m>
- [17] Demir Y. Bingöl Ovası'nda farklı fizyografik üniteler üzerinde oluşmuş toprakların sınıflandırılması ve hidrolik özelliklerinin belirlenmesi [Doktora Tezi]. Erzurum: Atatürk Üniversitesi; 2016.
- [18] Arıcı İ. Arazi Toplulaştırması. U.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Notları, No: 60, Bursa, 1994.
- [19] Eser Ö, Uçan K. Arazi Toplulaştırılması Etkinliğinin Belirlenmesi. KSÜ Doğa Biliml Dergisi. 2012; 15(2): 38-8.
- [20] Peker M, Dağdelen N. Aydın bölgesi toplulaştırma sahalarında toplulaştırma öncesi ve sonrası kültürteknik hizmetlerinin irdelenmesi. Adnan Menderes Üniv Ziraat Fak Derg. 2016; 13(1): 25 – 9.
- [21] Çelebi M. Toplulaştırmanın Karaman ilinde sulama ve diğer tarımsal faaliyetlerin verimliliği üzerinde etkileri. Tarım Bil Araşt Derg. 2010; 3(2): 1-6.
- [22] Kır M. Sinop Boyabat Cemalettin Köyü arazi toplulaştırmasının tarımsal altyapı hizmetleri yönünden değerlendirilmesi [Yüksek Lisans Tezi]. Tokat: Gazi Osman Paşa Üniversitesi; 2012.

- [23] Abacı M. Sinop Boyabat Durağan Katılımcı Arazi Toplulaştırma Projesi Yayınlanmamış Değerlendirme Özeti. Tarım Reformu Bölge Müdürlüğü, Samsun, 2009.
- [24] Avcı M. Manisa Yeni Harmanlı Köyü tarım arazilerinin miras yoluyla parçalanma durumu üzerine bir araştırma, E. Ü. Ziraat Fakültesi Derg. 1992;
- [25] Yağanoğlu AV, Okuroğlu M, Hanay A. Arazi Toplulaştırması, Atatürk ÜnivZiraat Fak. Ders Yay. No: 159, Erzurum. 2000.



Evaluation of Antioxidant and Protective Role of Hawthorn Fruit Lyophilized Extract Against Carbon Tetrachloride Toxicity in Rat

Murat ALTINBAŞAK¹, İsmail ÇELİK^{2*}

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Dursun Odabaş Tıp Merkezi, Van, Türkiye

²Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Van, Türkiye

Murat ALTINBAŞAK ORCID No: 0000-0001-9058-1424

İsmail ÇELİK ORCID No: 0000-0003-2199-6348

*Corresponding author: icelik@yyu.edu.tr

(Alınış: 30.12.2020, Kabul: 01.07.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Keywords
Carbon tetrachloride, Hawthorn Fruit, Protective and Antioxidant role

Abstract: This manuscript has aimed to investigate the nephro-hepato protective potential and antioxidant role of lyophilized extract of hawthorn (*Crataegus orientalis* L) fruit (LEH) against carbon tetrachloride (CCl₄) toxicity. The experimental were conducted as; 0.5 ml/kg CCl₄, bw), 100 mg/kg LEH bw, 200 mg/kg LEH bw, CCl₄ 0.5 ml/kg + 100 mg/kg LEH bw and CCl₄ 0.5 ml/kg + 200 mg/kg LEH bw treated with the extract for 3 weeks. At the end of the experimental treatment, the nephro-hepato protective potential and antioxidant capacity of the LEH was evaluated measuring by liver and kidney damage serum biomarkers, antioxidant defense systems constituents (ADSCs) and malondialdehyde (MDA) content in the erythrocyte, brain, kidney and liver tissues of rats. According to results; liver damage serum enzymes activities and MDA content of the tissues were significantly higher in CCl₄ group compared to normal control (NC) whereas; these parameters were significantly lower in extract supplemented groups compared to CCl₄ group. According to the results, the study results suggest that the LEH supplementations diet restored most of the parameters towards the NC values with fluctuations in the ADSCs. Therefore, it is thought that the extract of hawthorn has antioxidant capacity and hepatoprotective effects against in CCl₄-intoxicated rats.

Alıç Meyvesi Liyofilize Ekstraktının Sıçanlarda Karbon Tetraklorür Toksisitesine Karşı Antioksidan ve Koruyucu Rolünün Değerlendirilmesi

Anahtar Kelimeler
Karbon tetraklorür, Alıç meyvesi, Koruyucu ve antioksidan rolü

Öz: Bu makale, karbon tetraklorür (CCl₄) toksisitesine karşı alıç (*Crataegus orientalis* L.) meyve liyofilize ekstrakt (LEH), böbrek ve karaciğer koruyucu potansiyelini ve antioksidan rolünü araştırmayı amaçlamaktadır. Deneysel dizayn; Normal kontrol (NK) CCl₄ grubu (0,5 ml / kg CCl₄, vücut ağırlığı (wb)), LEH1 grubu (100 mg / kg LEH bw), LEH4 grubu (200 mg / kg LEH bw), CCl₄+LEH1 grubu (0,5 ml / kg + 100 mg / kg LEH bw) ve CCl₄+LEH4 grubu (0,5 ml / kg + 200 mg / kg LEH bw) şeklinde 3 haftalık ekstre muamelesi ile yapılmıştır. Deneysel muamelelerin sonunda; LEH'nin böbrek ve karaciğer koruyucu potansiyeli ve antioksidan rolünü, karaciğer ve böbrek hasarı serum biyobelirteçleri, eritrosit, beyin, böbrek ve karaciğerdeki antioksidan savunma sistemleri bileşenleri (ASSB) ile malondialdehit (MDA) içeriği ölçülerek değerlendirildi. Sonuçlara göre; karaciğer hasarı serum enzim aktiviteleri ve dokuların MDA içeriği CCl₄ grubunda NK göre anlamlı olarak daha yüksekti. Bu parametreler, ekstre takviyeli gruplarda CCl₄ grubuna kıyasla önemli ölçüde daha düşüktü. Sonuçlara göre, LEH takviyeli diyetinin ASSB'lerdeki dalgalanmaları NK değerlerine doğru parametrelerin çoğunu geri çektiğini göstermektedir. Bu nedenle, CCl₄ ile toksisite oluşturulan sıçanlarda alıç bitkisi meyve ekstrelerinin antioksidan kapasiteye ve karaciğer koruyucu etkilere sahip olabileceği düşünülmektedir.

1. INTRODUCTION

Many plants components are used in medicinal purpose for along time. Plant flavonoids are natural molecules of polyphenolic compound of plants. Due to varied effective biological activities and theirs low toxicity the healings effects of these polyphenolic compounds have made be subject of many scientific study. Researcher expers that the plant based rich diet has consistently reduced the risk of several chronic diseases. It is reported that the constituents such as fruit, leave and flower of plants, which are responsible for free radical scavenging role, are especially epicatechin, hyperoside and chlorogenic acid. Also, a lot of studies demonstrated that many aromatic and medical herbs constituents synthesize phytochemicals possessing antioxidant capacity and have been used as a natural product of free radical scavenging molecules [1,2]. Also, it has been suggested that many aromatic and medicinal plant spices contain a lot of biological active chemical molecules showing antioxidant role and the properties of herbs are attributed to bioactive phytocompounds as flavonoids, vitamins, phenols, carotenoids, alkaloids, phenolic acids and terpenoids [3]. Many researches support that oxidative damage to proteins DNA and lipids may contribute to the resulting of many illnesses such neurodegenerative, cardiovascular and cancer [4]. So what, it has been declared that the diet based on free radical scavenging role may be important in protection against to much illness [4,5].

Crataegus orientalis is belongs to Rosaceae family and it is estimated that *Crataegus* spp include 150 to 1200 species [6]. It had been reported that *Crataegus* spp. fruit is a rich source of vitamin C, flavanoids, tannin, glycoside, anthocynaidin, saponin and natural antioxidants molecules [7]. Hawthorn fruits are usually eaten fresh by local peoples. Also, the native hawthorn species fruits of are often have been used for the phytotherapy of weak heart disorder, and especially if the illness is accompanied with high blood pressure [8]. Further, it has reported that the essential constituents of hawthorn are organic acids, proanthocyanidins, flavonoids and some amines. Also, it is speculates that some *C. orientalis* may be good antioxidants. They are also among the best anti lipoperoxidants [9-11]. However, it has been reported that the consumption of *C. orientalis* also cause a case of multisystem hypersensitivity reaction and progressive acute renal [12]. In addition, it was reported that *C. orientalis* significantly inhibited carrageenan-induced mice tail thrombosis in vivo [13].

Many plants flavonoids and natural polyphenolic components are currently used in medicinal treatment. Since little is known relatively about the therapeutic of the plant's molecules used in different purpose they have been studied extensively to determinate varied biological activities and their toxicity effect in the last time. The aim of this study was to elevuate healings potential of *C. orientalis* against induced nephrotic and hepatic toxicity with CCl_4 by evaluating protective capacity as liver and

kidney damage serum biomarkers and ADSCs in the brain, kidney and liver tissues of rats.

2. MATERIALS and METHODS

2.1. Chemicals

Technical greate of chemicals used during this study were supplied from Sigma Chemical Co. (St. Louis, MO, USA). Kits for superoxide dismutase (SOD) and glutathione peroxidase (GPx) analysis were supplied by Randox Laboratories Ltd and Paraoxonase (PO1) was supplied from Rel Assay Diagnostics kit.

2.2. Animals

Thirty six *Wistar albino* rats with aged 3-4 months and an average weighing 150-250 g were provided from Van Yüzüncü Yıl University Experimental Animal Research Center. and The rats were placed in standard plastic rat cages and were adapted to the laboratory conditions and kept at 22 ± 2 °C in a 12-hour photoperiod during the experiment. The authors decelerate that they have followed EU standards regulations for the protection of animals during experiment and approved by The Local Ethics Committee of Experimental Animal with 24.03.2016 and 2016/03 protocol number.

2.3. Preparation of lyophilized extract of *C. orientalis* fruit

Briefly, *C. orientalis* fruit was supplied from a local producer in Edremit producing province of Van Turkey. Freshly harvested hawthorn fruit was washed with distilled water, and then the fresh hawthorn fruit were dried at room temperature (26 ± 2 °C). The fruit material was powdered using blender. The aqueous extract of the plant fruit was prepared using the method described by Dalar and Konczak [14]. To obtain the lyophilized plant extract, the fruit aqueous extract was put into falcon tube and freeze-dried under 0.030 mBar a vacuum at -54 °C for 3 days.

2.4. Experimental Design

The rats used in this experimental study were divided into 6 groups which is one containing 6 rats.

2.4.1. Normal control (NC)

Nothing was applied to the group rats. The rats were fed only with standard rat feed and water as *ad libitum*.

2.4.2. 0.5 mL Carbon tetrachloride (CCl_4)

This group rats were received i.p. injection of CCl_4 in olive oil (1:1) at a dose of 0.5 mL /kg CCl_4 and fed with standard rat feed and water as *ad libitum*. The dose of CCl_4 was selected on the basis of a 0.5 mL/kg bw at which caused nephrotic, hepatic toxicity and oxidative stress [15].

2.4.3. 100 mg/kg bw, LEH (LEH1)

This group rats were fed only with standard rat feed and water as *ad libitum* and were received with the extract supplementation (100 mg/kg, bw) by an oral gastric gavage per day during 21 days.

2.4.4. 200 mg/kg bw LEH (LEH2)

This group rats were fed only with standard rat feed and water as *ad libitum* and were treated with the extract supplementation (200 mg/kg, bw) by an oral gastric gavage per day during 21 days.

2.4.5. 0.5 mL CCl₄ /kg bw + 100 mg/kg bw LEH (CCl₄+LEH1)

This group rats were received i.p. injection of CCl₄ in olive oil (1:1) at a dose of 0.5 mL /kg CCl₄ and were treated with the extract supplementation (100 mg/kg, bw) by an oral gastric gavage per day during 21 days.

2.4.6. 0.5 mL CCl₄ /kg bw + 200 mg/kg bw LEH (CCl₄+LEH2)

This group rats were received i.p. injection of CCl₄ in olive oil (1:1) at a dose of 0.5 mL /kg CCl₄ and were treated with the extract supplementation (200 mg/kg, bw) by an oral gastric gavage per day during 21 days.

2.5. Preparation of Tissues Supernatant and Erythrocyte Pellets

The rats knocked out by injection of ketamine (10 mg/100 g, bw) intraperitoneally at the end of the 21 days experiment and sacrificed after the necessary samples are taken. Blood were taken from a cardiac puncture using syringe to determinate of serum biomarkers as serum aspartate aminotransferase (AST), alanine aminotransferase (ALT), lactate dehydrogenase (LDH) enzymes, total cholesterol (TC), total protein (TP) creatinine (CRE) and urea levels. For preparation of erythrocytes packet; 1 mL of blood wit EDTA was taken to another test tube and 2 mL saline (0.9% NaCl) was added. Then they were centrifuged at 3000 rpm at +4 °C in a cooled centrifuge for 15 minutes to separate. After centrifugation, the resulted plasma was discarded from the erythrocytes packet, and each time an equal amount of saline (0.9% NaCl) was added to the remaining volume and this process was repeated three times. GSH level and MDA content was performed immediately in the erythrocyte packet. The remaining erythrocyte pellet was stored in the deep freeze at -80 °C until analysis. Meanwhile, the brain, kidney and liver tissues of rats washing the tissues with physiological saline (0.9% NaCl) were dissected and put in storage falcon tube ant kept at -80°C during the analysis.

For preparation of supernatant extraction of tissues; briefly, 500 mg the tissue sample were weighed and 5 ml cold buffer containing 0.32 mol/L sucrose, 1mmol/L EDTA, 10nm/L Tris HCl (pH 7.4) was added. The tissues were thoroughly crushed with glass baguette and

homogenized for 3 minutes in ultrasonic homogenizer. The homogenate was immediately centrifuged for 30 minutes at 9500 rpm at +4 °C. The clear supernatants from obtained the tissue were used for analysis of ADSCs such as Paraoxonase (PON1) Catalase (CAT) Superoxide dismutase (SOD) Glutathione peroxidase (GPx) Glutathione S-transferase (GST) activities, Reduced glutathione (GSH) level and Malondialdehyde (MDA) content [16-18].

2.6. Biochemical Analysis

MDA contents was determined using the method described by Jain et al [19] based on TBA reactivity. GSH levels were measured using the method described by Beutler et al [20]. GST was assayed as described by Mannervik & Guthenberg [21]. GPx was assayed based on that of the rate of the oxidation of glutathione by cumene hydroperoxide [22]. SOD activity was measured by calculating inhibition percentage of formazan dye formation at 505 nm [23]. CAT activity was measured using the method described by Aebi [24]. PON1 activity was measured by reading the absorbances with a spectrophotometer (Genesys 10 UV Scanning UV/VIS Spectrophotometer; Shimadzu) using kits (Rel Assay Diagnostics kit; Mega T1p) [25]. On the other hands, serum biomarkers relate to liver and kidney damage as AST, ALT, LDH enzyme activities, TC, TP CREA and urea levels were measured by an auto analyzer (BM/HITACHI-911) using the kits.

2.7. Analysis of Data

The statistical analyses were made using the Minitab 13 program for MS Windows. One-way analysis of variance (ANOVA) statistical test was used to determine the differences between means of the experimental groups accepting the significance level at $p \leq 0.05$. All statistical data were expressed as mean \pm standard deviation (SD).

3. RESULTS and DISCUSSION

Following the experimental treatment, nephro-hepato protective capacity and antioxidant activity of the LEH supplemented diet against to the toxicity of CCl₄ were evaluated by liver and kidney damage index of serum biomarkers, ADSCs and MDA content of the rat tissues. According to the obtained data, liver damage index of serum biomarkers such as AST, ALT and LDH levels of CCl₄ group were significantly increased as compared with the control group whereas these biomarkers levels of LEH supplementation groups resulted in a significant decrease (Table I). With regard to ADSCs changes, while CCl₄ caused fluctuations in ADSCs by oxidative stress condition in the rats, the treatment of the extract supplementations restored the CCl₄ induced and fluctuated antioxidant system towards near normal particularly in the tissues of rats. In addition, the imbalance between increased MDA content of tissues due to oxidative stress induced by CCl₄ in the all tissues was found to be decreasing in the tissues the extract treated groups (Table II).

Table I: Effect of CCl₄ and *C. orientalis* fruit aqueous extract supplementations on body weight, food and water intake and serum biomarker

Parameters	GRUPS					
	NC X± SD	CCl ₄ X± SD	LEH1 X± SD	LEH2 X± SD	CCl ₄ + LEH1 X± SD	CCl ₄ + LEH2 X± SD
Body weight (g)						
Beginning	176,0±34	186,2±25,3	195,3±41,4	194,7±31,1	203±30,2	181,7±34,2
Finally	214,3±14,4*	208,7±17	230±37,7	235±17,9*	225,3±24,8	208±18,6
Food and water intake (Day)						
Food intake (g)	19,2±1,9	15,7±2,7*	18,6±1,5	17,8±1,6	13,7±2,8*	14,8±3*
Water intake (mL)	31,4±4,3	23,5±3,5*	33,2±3,4	31,7±3,8	24,3±4,5*	25±4,6*
ALT (U/L)	27,50±2,42	31,50±2,34*	25,33±4,84	28,50±1,87	25,83±2,31 ^b	28,67±4,13
AST (U/L)	143,83±12,29	189,33±3,01 ^a	144,33±3,78	169,17±2,79 ^a	140,50±3,62 ^b	122,17±3,06 ^{ab}
UREA (mg/dL)	53,17±5,19	48,67±4,41	41±2,61 ^a	43,17±2,40 ^a	46±3,16 ^a	45,50±3,73 ^a
CRE (mg/dL)	0,49±0,05	0,50±0,08	0,46±0,05	0,50±0,07	0,43±0,04	0,49±0,04
LDH (U/L)	1288,83±37,92	2508±99,80 ^a	1646,67±54,87 ^a	1521,67±163,58 ^a	2275,83±270,71 ^a	1835±52,44 ^{ab}

*Significantly different from beginning, ^a: Groups are different significantly from control, ^b: Groups are different significantly from CCl₄

Table II. Effect of CCl₄ and *C. orientalis* fruit aqueous extract supplementations on lipid peroxidation and antioxidant defense systems constituents

Tissues	Parameters	GROUPS					
		NC X± SD	CCl ₄ X± SD	LEH1 X± SD	LEH2 X± SD	CCl ₄ + LEH1 X± SD	CCl ₄ + LEH2 X± SD
Erythrocyte	MDA(nmol/ml)	16,73±4,97	31,95±8,16 ^a	15,43±6,62	16,51±3,85	29,76±5,22 ^a	30,34±7,85 ^a
	GSH(mg/ml)	3,92±0,50	3,60±0,08	3,26±0,39 ^a	3,23±0,10 ^a	3,25±0,46 ^a	3,53±0,60
	GST(U/ml)	2,27±0,17	1,90±0,46	1,83±0,52	2,08±0,31	1,99±0,37	1,90±0,18 ^a
	PON1(U/L)	127,67±5,28	112±7,56 ^a	89,50±7,18 ^a	122,50±15,41	125±3,58 ^b	149,83±14,55 ^{ab}
	CAT(U/ml)	163,93±28,70	213,96±8,95 ^a	183,59±13,89	186±7,17	183,86±12,33 ^b	156,79±17,53 ^b
	GPx(U/ml)	1240,90±56,18	568,31±21,35 ^a	1055,87±33,09 ^a	1108,26±53,50 ^a	1181,85±68,91 ^b	639,48±106,68 ^a
	SOD(U/ml)	2286,07±13,72	2279,50±10,09	2282,76±4,36	2293,77±8,53	2292,20±8,95 ^b	2268,66±12,24 ^a
Brain	MDA(nmol/g)	53,64±10,59	75,44±8,33 ^a	43,00±9,20	61,78±7,60	73,83±13,89 ^a	73,18±3,37 ^a
	GSH(mg/g)	21,64±1,62	24,13±4,47	29,81±3,60 ^a	27,17±3,06 ^a	22,16±2	24,24±2,31 ^a
	GST(U/g)	13,62±2,59	20,08±2,24 ^a	20,41±1,76 ^a	22,69±0,33 ^a	15,48±1,87 ^b	19,34±1,94 ^a
	PON1(U/100g)	13,05±1,72	6,03±0,87 ^a	2,55±0,29 ^a	14,93±0,92 ^a	3,45±0,88 ^{ab}	13,97±2,30 ^b
	CAT(U/g)	39,30±8,02	29,92±6,76	18,22±5,57 ^a	53,87±10,86 ^a	49,31±13,41 ^b	22,11±4,85 ^{ab}
	GPx(U/g)	190,68±8,13	133,44±6,96 ^a	180,99±17,49	202,49±17,71	90,74±1,62 ^{ab}	151,61±17,22 ^{ab}
	SOD(U/g)	2203,43±14,80	2155,26±7,62 ^a	2161,84±14,63 ^a	2179,75±17,83 ^a	2148,24±19,16 ^a	2187,82±14,33 ^b
Kidney	MDA(nmol/g)	60,76±11,80	82,24±9,37 ^a	60,48±9,46	60,87±6,39	81,73±19,97 ^a	64,65±10,28 ^b
	GSH(mg/g)	65,14±3,96	70,62±1,13 ^a	68,15±4,98	66,02±3,45	58,88±5,22 ^{ab}	64,54±8,65
	GST(U/g)	6,83±1,79	10,51±1,44 ^a	7,84±1,40	7,81±1,89	6,42±1,54 ^b	5,22±1,06 ^b
	PON1(U/100g)	23,22±1,67	2,63±1,07 ^a	22,93±2,40	24,56±2,69	12,10±1,10 ^{ab}	2,65±0,95 ^a
	CAT(U/g)	84,20±5,58	121,50±12,09 ^a	59,76±10,31 ^a	24,92±3,97 ^a	39,66±5,15 ^{ab}	138,70±4,13 ^{ab}
	GPx(U/g)	1437,14±24,88	1214,55±101,37 ^a	1423,81±56,11	1428,35±77,68	1325,69±86,63 ^a	1356,85±139,36
	SOD(U/g)	2225,95±18,55	2234,60±22,73	2251,96±16,04 ^a	2228,48±29,47	2230,33±19,36	2263,25±7,39 ^{ab}
Liver	MDA(nmol/g)	26,98±3,08	31,73±1,63 ^a	17,09±2,80 ^a	12,69±2,91 ^a	17,74±1,08 ^{ab}	23,63±2,23 ^b
	GSH(mg/g)	95,54±2,30	88,25±9,54	95,85±6,47	89,13±4,23 ^a	87,03±5,18 ^a	88,20±5,95 ^a
	GST(U/g)	85,60±4,17	78,52±8,22	84,85±6,33	86,31±9,62	70,24±8,45 ^{ab}	98,81±6,77 ^{ab}
	PON1(U/100g)	25,93±2,38	20,35±2,87 ^a	15,62±1,75 ^a	23,95±2,19	26,02±0,98 ^b	16,05±2,05 ^{ab}
	CAT(U/g)	151,93±16,31	141,38±5,60	68,34±4,23 ^a	70,22±6,32 ^a	43,15±4,86 ^{ab}	68,79±5,91 ^{ab}
	GPx(U/g)	1115,23±82,92	1163,07±47,54 ^b	1084,03±39,20	1067,98±68,75	1091,30±51,47 ^b	1240,60±51,92 ^{ab}
	SOD(U/g)	2234,39±28,05	2268,65±12,44 ^a	2220,13±14,16	2211,06±16,05	2247,80±23,04	2248,92±22,82

^a: Groups are different significantly from control, ^b: Groups are different significantly from CCl₄

Today, many natural products molecules of plants have been using rather than synthetic drugs as medicinal treatment agents. It is thought that the preventive molecules in plants protect to against harmful physical and chemical environmental affects by via strengthen the body's defense system due to have mainly properties of antitumor, antioxidant and anticancer substances. Therefore, to changing of the synthetic food additives with natural antioxidants is also increasing the recent

efforts towards plant treatments. Also, this situation is resulting from functional foods content through their specific components and therapeutic effect. Hence, as *C. orientalis* prevention role, under the hepatoprotective effects and chemopreventive, can be considered as liver and kidney damage serum biomarkers as serum AST, ALT and LDH enzymes activities, TP, TC, CRE and urea levels. With regard to antioxidant capacity, it can

consider as ADSCs and MDA content of the various tissues samples.

As shown in the Table I, CCl₄ caused significantly an increase in the levels of AST, ALT, and LDH activities as compared with the control rats whereas the plant fruit extract supplementations diets caused a significant decrease in these biomarkers in comparison to CCl₄ group rats. The reasons for such effect of CCl₄ and the plant fruit extract were not certainly understood based on the present data. However, it is known that liver damage biomarkers such as AST, ALT and LDH have been considered as indicators of the hepatic cell dysfunction and degeneration. Further, the increase of LDH, AST and ALT activities in serum is estimate mainly due to the permeate of these enzymes from the hepatocytes cytosol into the blood stream by hepatocellular destruction or necrosis occurred in liver [26]. Therefore, these data indicate that while CCl₄ might have lead to the inducing of the enzymes into plasma because of autolytic breakdown or hepatic necrosis, the plant fruit extract supplementation posses protection against CCl₄ induced liver injury that may result in development of liver damage.

On the other hands, the tissue samples as antioxidant capacity as efficiency indicator can be considered from the antioxidant enzymes GST, PON1, CAT, SOD, GPx, activities and GSH and MDA content. The present study demonstrated that the extract could have antioxidative role in rats. This was resulted from that the obvious of the MDA concentration in the tissues of the hawthorn fruit extract supplemented groups lower than CCl₄ group. According to the obtained results, the MDA content increase in the tissues of CCl₄ was a significant as compared to control group whereas the MDA contents of the plant fruit extract supplementation group significantly decreased in compared to that of CCl₄ group (Table II). The obvious such effect of CCl₄ and the hawthorn extract additions diet are not also exactly understood at the moment. However, it can be say that the increase of MDA content in the CCl₄ group might have a resulting of the increased of reactive oxygen system (ROS) as a result of oxidative stress condition caused by CCl₄ intoxication whereas the hawthorn extract supplementation diet have posses protection the role against CCl₄ induced ROS. Previous studies accordance with our results had been showed that CCl₄ is hepatocellular destruction or necrosis occurred in liver or damage causing in vital organs like liver [27-30]. The protective and antioxidant properties of the plant fruit extract may be attribute to active phytochemicals such as terpenoids, flavonoids, vitamins, simple phenols, carotenoids, lignans, alkaloids and phenolic acids [3]. Also, the excessive production of ROS causing by CCl₄ on liver intoxication might have been provoke a severe increase of MDA content in the tissues. [31]. It have been reported that the serious over production of ROS such as singlet oxygen and H₂O₂ as a resulting liver intoxication of consumption of some xenobiotics can be easily converted to reactive ·OH radical by different mechanism. Furthermore, it is known that severe reactive ·OH radicals can initiate lipid peroxidation in tissues and MDA, which is a major peroxidized product

of polyunsaturated fatty acids [4]. On the other hands, it is known that the increase of MDA level, final product of lipid peroxidation, is an major indicator of lipid peroxidation [32]. With regard to antioxidant capacity of the plant fruit extract, the enzymes activity and GSH level were observed as fluctuate at significant levels in the CCl₄ group whereas the administration of the extract supplementations also restored the the fluctuated ADSCs in the tissues to near normal levels. The such effect of functions of plant fruit extract supplemented diet are not exactly state of putting forward at the now. But, ROS as a result of oxidative stress condition caused by CCl₄ intoxication might have been induced the the ADSCs in the rats tissues during exposure to CCl₄. Further, the fluctuation of ADSCs may reflect an adaptive change against CCl₄ induced ROS toxicity [31]. The increase of ADSCs are known to serve as protective responses to eliminate xenobiotics intoxication too [33]. Therefore, the existence of induce of ADSCs might have been a result of an adaptation of organisms too. Also, the reasons for such effect might have been due to antioxidant capacity of the plant fruit extract supplementations [7,9-11].

4. CONCLUSION

The study showed that the CCl₄ exposure gave rise to a significant increase of serum liver damage biomarkers, lipid peroxidation and fluctuate ADSCs in rat. But, the administration of the supplemented extract diet restored to normal the levels of serum enzymes, the fluctuated ADSCs and the increased MDA content. The data obtained by this survey may be concluded that there is a protective feature, and has antioxidant activity of the plant fruit extract nutrition in the rats. In spite of everything, the results recommends that systematic intake of the functional food may be useful for the prevention of chronic degenerative liver diseases.

Acknowledgements

The authors are thanks to the Scientific Research Projects Coordination Unit of Van Yuzuncu Yil University for the financial support during the research with VYYÜ-BAP-FYL-2017-5755 code number. The authors have declared that there is no conflict of interest. IC was the main moderator of the study. MA performed the biochemical analysis and experimental treatments in this study.

REFERENCES

- [1] Yu LL, Zhou KK, Parry J. Antioxidant properties of cold pressed black caraway, carrot, cranberry, and hemp seed oils. *Food Chem* 2005; 91: 723-729.
- [2] Sacchetti G, Maietti S, Muzzoli M, Scaglianti M, Manfredini S, Radice M. et al. Comparative evaluation of 11 essential oils of different origin as functional antioxidants, antiradicals and antimicrobials in foods. *Food Chem* 2005; 9: 621-632.
- [3] Liu F, Ng TB. Antioxidative and free radical scavenging activities of selected medicinal herbs. *Life Science* 2000; 66: 725-735.

- [4] Halliwell B. Oxidative stress, nutrition and health. Experimental strategies for optimization of nutritional antioxidant intake in humans. *Free Radic Res* 1996; 25: 57-74.
- [5] Vendemiale G, Grattagliano I, Altomare E. An update on the role of free radicals and antioxidant defense in human disease. *Int J Clin Lab Res* 1999; 29: 49-55.
- [6] Christensen KI. Revision of *Crataegus* sect. *Crataegus* and *Nothosect*. *Crataegus guineae* (Rosaceae-Maloideae) in the Old World. *Syst. Bot. Monographs* 1992; 35: 1-199.
- [7] Ljubuncic P, Portnaya I, Cogan U, Azaizeh H, Bomzon A. Antioxidant activity of *Crataegus aronia* aqueous extract used in traditional Arab medicine in Israel. *J Ethnopharmacol* 2005; 101: 153-161.
- [8] Baytop T. Treatment with plants in Turkey. Istanbul University Publication No. 3255, Istanbul; 1984.
- [9] [9] Bahorun T, Trotin F. Antioxidant activities of *Crataegus monogyna* extracts. *Planta Med* 1994; 60: 323-326.
- [10] Bahorun T, Greiser B. Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations. *Arzneimittel-Forsch* 1996; 46: 1086-1089.
- [11] Rakotoarison DA, Greissier B. Antioxidant activities of phenolic extracts from flowers, in vitro callus and cell suspension cultures of *Crataegus monogyna*. *Pharmazie* 1997; 52: 60-4.
- [12] Horoz M, Gok E, Genctoy G, Ozcan T, Olmaz R, Akca M, Kiykim A, Gurses I. *Crataegus orientalis* Associated Multiorgan Hypersensitivity Reaction and Acute Renal Failure. *Internal Medicine* 2008; 47: 2039-2042.
- [13] Arslan R, Bor Z, Bektas N, Meriçli AH, Oztur Y. Antithrombotic effects of ethanol extract of *Crataegus orientalis* in the carrageenan-induced mice tail thrombosis model. *Thromb Res* 2011; 127: 210-213.
- [14] Dalar A, Konczak I. Phenolic contents, antioxidant capacities and inhibitory activities against key metabolic syndrome relevant enzymes of herbal teas from Eastern Anatolia. *Ind Crop Prod* 2013; 44: 383-390.
- [15] Kim SH, Cheon HJ, Yun N, Oh ST, Shin E, Shim KS. et al. Protective effect of a mixture of *Aloe vera* and *Silybum marianum* against carbon tetrachloride-induced acute hepatotoxicity and liver fibrosis. *J Pharmacol Sci* 2009; 109(1): 119-27.
- [16] Celik I, Temur A, Isik I. Hepatoprotective role and antioxidant capacity of pomegranate (*Punica granatum* L.) flowers infusion against trichloroacetic acid-exposed in rats. *Food Chem Toxicol* 2009; 47: 145-149.
- [17] Dogan A, Celik I. Hepatoprotective and antioxidant activities of grape seeds against ethanol-induced oxidative stress in rats. *Br J Nutr* 2011; 107: 45-51.
- [18] Yurt B, Celik I. Hepatoprotective effect and antioxidant role of sun, sulphited-dried apricot (*Prunus armeniaca* L.) and its kernel against ethanol-induced oxidative stress in rats. *Food Chem Toxicol* 2011; 49(2): 508-513.
- [19] Jain SK, McVie R, Duett J, Herbst JJ. Erythrocyte membrane lipid peroxidation and glycolylated hemoglobin in diabetes. *Diabetes* 1989; 38: 1539-1543.
- [20] Beutler E, Dubon O, Kelly M. Improved method for the determination of blood glutathione. *J Lab Clin Med* 1963; 61: 882-888.
- [21] Mannervik B, Guthenberg C. Glutathione S-transferase (Human Placenta). *Method Enzymol* 1981; 77: 231-235.
- [22] Paglia DE, Valentine WN. Studies on quantitative and qualitative characterization of erythrocyte glutathione peroxidase. *J Lab Clin Med* 1967; 70: 158.
- [23] McCord JM, Fridovich I. Superoxide dismutase, An enzymatic function for erythrocyte (hemocuprein). *J Biol Chem* 1969; 244: 6049-6053.
- [24] Aebi H. Catalase, In *Methods of Enzymatic Analysis* (Bergemeyer, H U.,ed) New York, NY, US: Academic Press: 1974. p. 673-684.
- [25] [25] Haagen L, Brock AA. A new automated method for phenotyping arylesterase (E.C. 3.1.1.2) based upon inhibition of enzymatic hydrolysis of 4-nitrophenyl acetate by phenyl acetate. *Eur J Clin Chem Clin Biochem* 1992; 30:391-395.
- [26] Sallie R, Tredger JM, William R. Drugs and the liver. Part I. Testing liver function. *Biopharm Drug Disp* 1991; 112:251-259.
- [27] Recknagel RO. A new direction in the study of carbon tetrachloride hepatotoxicity. *Life Science* 198; 33(5): 401-8.
- [28] Turkdogan MK, Ozbek H, Yener Z, Tuncer I, Uygan I, Ceylan E. The role of *Urtica dioica* and *Nigella sativa* in the prevention of carbon tetrachloride induced hepatotoxicity in rats. *Phytother Res* 2003; 17: 942-946.
- [29] Suzek H, Celik I, Dogan A, Yildirim S. (2016) Protective effect and antioxidant role of sweetgum (*Liquidambar orientalis*) oil against carbon tetrachloride-induced hepatotoxicity and oxidative stress in rats. *Pharm Biol* 54 (3): 451-457.
- [30] Suzek H, Celik I, Dogan A. Nephroprotective Hepatoprotective Potential and Antioxidant Role of Carob Pods (*Cerotonia siliqua* L.) against Carbon Tetrachloride-induced Toxicity in Rats. *Ind J Pharm Edu Res* 2017; 51(2). 312-320.
- [31] Chidambara Murthy KN, Rajesha J, Vanitha A, Swamy MM, Ravishankar GA. Protective effect of *Dunaliella salina*-a marine micro alga, against carbon tetrachloride-induced hepatotoxicity in rats. *Hepatol Rese* 2005; 33(4):313-9.
- [32] Freeman BA, Crapo JD. Hyperoxia increases oxygen radical production in rat lung and lung mitochondria. *J Biol Chem* 1981; 256: 10986-10992.
- [33] Smith GJ, Litwack G. Roles of ligandin and the glutathione S-transferases in binding steroid metabolites, carcinogens and other compounds. *Rev Biochem Toxicol* 1980; 2: 1-47.



Hatay'a Özgü Kırmızı Ölmez Çiçek (*Helichrysum sanguineum* (L.) Kostel ile Sarı Ölmez Çiçeğin (*Helichrysum stoeschas* spp. *barallieri*) Biyo Aktif Özellikler

Hasan ASİL^{1*}, Selim TAŞGIN²

¹ Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Altınözü Tarım Bilimleri MYO, Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Programı, Hatay, Türkiye

² Zeytincilik Araştırma Enstitüsü, Hatay, Türkiye

Hasan ASİL ORCID No: 0000-0002-3690-1789

Selim TAŞGIN ORCID No: 0000-0001-8606-0626

*Sorumlu yazar: hasanasil@mku.edu.tr

(Alınış: 31.12.2020, Kabul: 03.06.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Anahtar Kelimeler

Helichrysum sanguineum,
Helichrysum stoeschas spp.
barallieri,
 Kırmızı ölmez çiçek,
 Sarı ölmez çiçek

Öz: *Helichrysum* türleri genel olarak ölümsüz, ölümsüz çiçek, ölmez çiçeği ve solgun çiçek olarak bilinir ve Anadolu'da çay olarak kullanılmaktadır. Ölmez çiçeğin fenolik bileşikler koroner kalp hastalığı, inme ve bazı kanser türleri gibi hastalıklara karşı koruma sağladığı ve Ölmez çiçeği uçucu yağları antioksidan maddeler, antiviral, antifungal, antimikrobiyal ve anti-enflamatuar özellikler içermektedir. Bu çalışmada, *Helichrysum sanguineum* bitkisi ülkemizde sadece Hatay'ın Altınözü ilçesinde bulunmakta olup bu bitkiye uygulanan ultrasonik ekstraksiyon metoduna göre 37 bileşen kayda değer bulunmuştur. Bulunan bileşenler 11 tanesi biyoaktivite özelliği içerirken, 9 tanesi farmakolojik -biyoaktivite ve 3 tane bileşen ise Drog – farmakolojik – biyoaktivite özelliği içermektedir. *Helichrysum stoeschas* spp *barallieri* bitkisinin ultrasonik ekstraksiyon metoduna göre 19 bileşen kayda değer bulunmuştur. Bulunan bileşenler 2 tanesi biyoaktivite madde içerirken, 5 tanesi farmakolojik ve biyoaktivite madde ve 3 tane bileşen ise Drog – farmakolojik – biyoaktivite özelliği içermektedir.

Bio-Active Properties of Hatay-Specific Red Everlasting (*Helichrysum sanguineum* (L.) Kostel and Yellow Everlasting (*Helichrysum stoeschas* spp. *barallieri*))

Keywords

Helichrysum sanguineum,
Helichrysum stoeschas spp.
barallieri,
 Red everlasting,
 Yellow everlasting

Abstract: Everlasting, phenolic compounds are used for treatment against diseases such as coronary heart disease, stroke, and some types of cancer. Everlasting essential oils contain antioxidants, antiviral, antifungal, antimicrobial and anti-inflammatory properties. According to the ultrasonic extraction method of *Helichrysum sanguineum* 37 components were found to be significant. While 11 of them contained bioactivity, 9 of them contained pharmacological and bioactivity, and 3 of them contained Drog - pharmacological - bioactivity. According to the ultrasonic extraction method of *Helichrysum stoeschas* spp *barallieri*, 19 components were found to be significant. While 2 of them contain bioactivity, 5 of them contain pharmacological and bioactivity agents and 3 of them contain Drog - pharmacological - bioactivity.

1. GİRİŞ

Helichrysum Mill. cinsi genel olarak “ölmez çiçek” olarak tanınsa da Anadolu'nun farklı yörelerinde altın otu, sarı çiçek, güneş çiçeği, arı çiçeği, ölümsüz çiçek, solgun çiçek ve yayla çiçeği terimleri de kullanılmaktadır. Tek bir türe özgü yöresel isim alanları da vardır. Bunlar ise “Püren” (*H. arenarium*), kırmızı guddeme (*H. sanguineum*), beyaz kurna (*H. pamphylicum*) ve yoğurt çiçeği (*H. orientale*) gibi

yöresel isimler almaktadırlar. Avrupa'da ise “everlasting”, “sun gold” (İngiltere), “eternelle”, “immortelle” (Fransa), “cmin” (Rusya), “strombloem”, “strumblume”, “immortelle” (Hollanda), “elicriso”, “solfini”, “fignamica” (İtalya), “evöighedabloomst” (Danimarka), “koçanki” (Polonya), “smil”, “molec”, “neven” (Çek Cumhuriyeti) şeklinde isimlendirilmektedir Aslan, [1]; Eroğlu ve ark. [2]; Şen ve Kalaycı, [3]; Eroğlu, [4].

Ölmez çiçeği (*Helichrysum* Mill.) papatyagiller familyasından olup, 600'e yakın türü vardır. Orijini Akdeniz havzası ve Güney Afrika ile Avusturya'dır Ramazanoğlu ve ark. [5]; Baser, [6]; Goldansaz ve ark. [7]. Bu bitkilerin 245'i Güney Afrika'ya özgü, 16'sı Avrupa ve Akdeniz bölgelerinde bulunmaktadır Giovanelli ve ark., [8]. Türkiye'de ise 20 tür ve 26 taksonu bulunmakta ve 15 tanesi endemiktir Davis ve Kupicha, [8]; Kürkçüoğlu ve ark. [6].

Helichrysum sanguineum (L.) Kostel. bitkisinin yaygın kullanılan isimleri, Kırmızı ölmez çiçek, Mesh'in kanı, Kırmızı şarap çiçeği olarak bulandıkları yörelerde adlandırılmaktadır. Coğrafi köken olarak İsrail, Filistin ve Türkiye'de Hatay'ın Altınözü ilçesinde bulunmaktadır. Botanik özellikleri ise yaprakları basit, dikdörtgen, mızrak şeklinde, doğrusal, girimsi, yoğun, kurt tüyleri ile örtülüdür. Çiçekleri kırmızı renkli çiçeklerle çevrili yuvarlak sarı çiçeklerdir Giovanelli ve ark., [8]; Ocak ve ark. [10]. Antakya'da çok amaçlı şifalı çay olarak kullanılmaktadır Güzel ve Güzelsemme, [11]. *Helichrysum stoechas* ssp. *barelieri*, Sicilya'dan Türkiye'ye geniş bir coğrafyada bulunur ve odunsu, çok yıllık, 10-50 cm boyunda, çam ormanlarının kenarlarında yetişen ve taşlık yamaçlarda doğal olarak yetişmektedir Doussi ve Thanos, [12].

Helichrysum türleri çok yıllık, otsu veya çalı formunda, yaprakları yoğun ve mızrak şeklindedir. Çiçekleri beyaz veya renkli olup çok sayıda çiçekleri vardır. Küçük sarı çiçekleri kurutulduktan sonra bile altın rengini koruduğundan çiçekçilik sektöründe çok tercih edilmektedir. Avrupa kökenli bir bitki olmasına karşın daha çok Anadolu'da halk tarafından şifa amaçlı kullanılmıştır. Ölmez çiçek bitkisinden; ölmez çiçek yağı, çayı gibi ürünler üretilir. Ölmez çiçek, idrarın söktürülmesine, böbreklerden kum ve taşların düşürülmesine, sindirim bozukluklarını düzenlenmesine, bağışıklık sisteminin güçlendirilmesine ve vücudun temizlenmesine gibi rahatsızlıklarının tedavisinde 2000 yıldır halk hekimliğinde kullanılmaktadır Ermişler, [13]. *Helichrysum*'da fenolik bileşikler gibi flavonoidler ve kalkerler, ftalidler, a-piron türevleri, terpenoidler, uçucu yağlar ve yağ asitleri bulunmuştur. Yapılan çalışmalarda fenolik bileşiklerin koroner kalp hastalığı, inme ve bazı kanser türleri gibi hastalıklara karşı koruma sağladığı bildirilmiştir (Eroğlu ve ark. [14]; Goldansaz ve ark. [7]).

Balkanlarda ve Türkiye'de yetişen ölmez çiçek türlerinin uçucu yağ bileşenlerinin ana bileşeni pinenlerdir. Ölmez çiçeğinin uçucu yağı, kanayan yaraların tedavisinde kullanılmaktadır. Cilt üzerinde kullanımı ise bir sabit yağda seyreltilerek uygulanmaktadır. Türkiye ise ölmez çiçeği çiçeklerinden elde edilen çay idrar-safra sökücü ve kum dökücü olarak kullanılmaktadır. Ayrıca yapılan çalışmalarda, bu antioksidan bileşiklerin çoğunun, anti-enflamatuar, anti-aterosklerotik, antitümör, antimutagenik, antikarsinojenik, antibakteriyel ve antiviral aktivitelere sahip olduğunu ve böbrek taşı, ürogenital bozukluklar, mide ağrısı, sarılık, ishal ve astım tedavisinde kullanılmaktadır Aiyegoro ve Okoh, [14].; Eroğlu ve ark. [2]; Boi, [15]; Baser, [6].

Bu çalışmada, kırmızı ölmez çiçek (*Helichrysum sanguineum* (L.) Kostel) ve sarı ölmez çiçek (*Helichrysum stoechas* ssp. *barelieri*) bitkilerinin ultrasonik ekstraksiyon yöntemi kullanarak GS-MS analizleri yapılarak elde edilen uçucu bileşenler incelenerek bu bitkileri tıbbi özellikleri araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal ve Kullanılan Kimyasallar

Bitki materyalleri Hatay ilinin Altınözü ilçesinde 2018 Mayıs ayında tam çiçeklenme döneminde toplanmış ve aynı gün oda sıcaklığında kurutulmuş ve ışık almayan ortamda muhafaza edilmiştir. Kırmızı ölmez çiçek (*Helichrysum sanguineum* (L.) Kostel) bitkisi 452 rakımdan ve sarı ölmez çiçek (*Helichrysum stoechas* ssp. *barelieri*) bitkisi ise 375 rakımda doğal yetiştirme alanlarından toplanmıştır. Bitkilerin ekstraksiyonu için gerekli olan çözücülerden Metanol (Isolab, katalog # 947.043.2500) ve Etil asetat (Tekkim, katalog # TK.050140.02500) ilgili firmalardan satın alınıp, alındıkları şekliyle kullanılmıştır.

2.2. Ekstraksiyon Prosedürü

Ölmez çiçeği ekstraksiyon işlemi ultrasonik banyo kullanılarak ultrasonik-yardımlı çözücü ekstraksiyonu yöntemine göre gerçekleştirilmiştir (input power 180 W, 35 kHz frekansta ve 25 °C'de) (Jalali-Heravi ve ark. [16]; Göktürk ve Asil, [17]). Ölmez çiçeği numunesinin ekstraksiyon işlemi ise şu şekilde yapılmıştır. 1 g ölmez çiçeği herbası toz haline getirilir. Daha sonra toz halindeki ölmez çiçeği herbası tek boyumlu balona aktarılır ve içerisine (18-42 mL) metanol:etilasetat (70:30) çözücü karışımı eklenir. Sonikasyon işlemi başlatılır ve 15 dakika karışım sonikasyona tutulur. Sonikasyondan sonra süzgeç kâğıdında süzülür ve sonra + 4 °C'de buzdolabında ışısız ortamda GC-MS analizi için bekletilir. GC-MS analizi için bu ekstraktın 1 µL'si kullanılır (Jalali-Heravi ve ark. [16]; Göktürk ve Asil, [17]).

2.3. Gaz Kromatografisi-Kütle Spektroskopisi (GC-MS) Analizi

GC-MS analizi Hewlett-Packard 6890 serisi GC-MS analiz cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Cihazın kolonu HP-5MS fused silica column (5% phenyl methyl polysiloxane 30 m 0.25 mm i.d., film thickness 0.25 µm) ve dedektörü Hewlett-Packard mass selective detector 6890'dır. GC-MS analizi literatürde belirtilen prosedüre göre gerçekleştirilmiştir. Fırın 60 °C'ye ısıtılıp bu sıcaklıkta 2 dakika beklenir. Daha sonra sıcaklık dakikada 4 derece arttırılarak 180 °C'ye, oradan dakikada 2 derece arttırılarak 210 °C'ye ve dakikada 5 derece arttırılarak 230 °C'ye yükseltilir ve 1 dakika bekletilir. Son olarak sıcaklık dakikada 1 derece arttırılarak 280 °C'ye yükseltilir Helyum (%99.9999) taşıyıcı gaz olarak ve 1 mL/dakika akış hızında kullanılmıştır. Enjektör sıcaklığı 200 °C'de tutulmuştur. Ayrılma oranı 1:5'dir.

3. BULGULAR

3.1. Kırmızı Ölmez Çiçek (*Helichrysum sanguinem*) ve Sarı Ölmez Çiçek (*Helichrysum stoeches spp barellieri*) Bitkilerinin Uçucu Bileşenlerinin Karakterizasyonu

Ölmez çiçek bitkilerinin ultrasonik ekstraksiyon metoduna göre eldilen uçucu bileşenlerden hangilerinin drog, farmakolojik ve biyoaktivite etkiye sahip olduğu literatür (PubChem, Sigma Aldrich ve Pharmacy Research Databases) taramalarıyla belirlenmiştir. *Anonimus*, [20,21]. Sarı ölmez çiçek (*Helichrysum stoeches spp barellieri*) bitkisinin ultrasonik ekstraksiyon metoduna göre bulunan 19 bileşen Tablo 1’de verilmiştir. Bulunan bileşenler içerisinde en yüksek 11-Octadecenoic acid, methyl ester (%71.58), 12-Octadecenoic acid, methyl ester (%11.48) ve Heptadecanoic acid, 16-methyl-, methyl ester (%6.39) bulunmuştur. Bulunan 19 bileşenin 2 tanesi biyoaktivite madde, 5 tanesi farmakolojik ve biyoaktivite, 3 tane bileşen ise drog-farmakolojik- biyoaktivite özellik göstermektedir (Tablo 1).

Kırmızı ölmez çiçek (*Helichrysum sanguinem*) bitkisinin ultrasonik ekstraksiyon metoduna göre bulunan 37 bileşen Tablo 2’de verilmiştir. Bulunan bileşenler

içerisinde en yüksek orana 2-Pyrrolidinone, 1-methyl- (%17.92), Tetradecene, (E)- (%13.47) ve Butanoic acid, 2-methyl-3-oxo-, methyl ester (%12.05) bulunmuştur. Bulunan 39 bileşenin 11 tanesi sadece fark biyoaktivite madde içerirken, 9 tanesi farmakolojik ve biyoaktivite, 3 tane bileşen ise drog-farmakolojik- biyoaktivite özellik göstermektedir (Tablo 2).

Öztürk ve ark. [22] *Helichrysum plicatum* DC. üzerine yaptıkları çalışmadan Pinene (%58.4), Hexadecanoic acid (%15.4), dodecanoic acid (%9.6) çıkmış bu çalışmada bu kimyasallar düşük çıkmış ancak bu çalışmada 11-Octadecenoic acid, methyl ester (%71.58), 12-Octadecenoic acid, methyl ester (%11.48) ve Heptadecanoic acid, 16-methyl-, methyl ester (%6.39) daha yüksek oranlarda çıkmıştır. Tür ve iklim şartları kimyasal içeriklerin oranlarında değişikliğe neden olmaktadır. Bu bitkilerle ilgili benzer çalışmalar az yapılmış olsa da farklı türünde yapılan bir çalışmada uçucu yağ içeriğine bakılmış ve % 3.8 oranında pinene bulunmuştur Özkan ve Özcan, [23]. Bu çalışmada sarı ölmez çiçek (*Helichrysum stoeches spp barellieri*) bitkisinde de pinene bileşeni bulunmuştur. Ya resim çözünürlükleri minimum 300 dpi olmalıdır.

Tablo 1. *Helichrysum stoeches spp barellieri* bitkisinin ultrasonik ekstraksiyon metoduyla elde edilen kimyasal bileşenler

No	Kimyasal Adı	Kapalı Formül	M _w (g/mol)	tR	%	MF	Kullanım Alanı
1	(1R)-(+)-alpha-Pinene	C ₁₀ H ₁₆	136.238	6.17	0.10	91	Farmakoloji- Biyoaktivite
2	Butanoic acid, 2-methyl-3-oxo-, methyl ester	C ₆ H ₁₀ O ₃	130.143	8.48	0.07	9	Biyoaktivite
3	2-Pyrrolidinone, 1-methyl-	C ₅ H ₉ NO	99.133	9.72	0.28	91	Drog - Farmakoloji- Biyoaktivite
4	L-Fenchone	C ₁₀ H ₁₆ O	152.237	10.91	0.07	64	Biyoaktivite
5	1-Dodecene	C ₁₂ H ₂₄	168.324	14.27	0.19	72	Farmakoloji- Biyoaktivite
6	1-Tridecene	C ₁₃ H ₂₆	182.351	20.86	0.34	91	Biyoaktivite
7	Butylated Hydroxytoluene	C ₁₅ H ₂₄ O	220.356	24.66	0.07	72	Drog - Farmakoloji- Biyoaktivite
8	1-Hexadecanol	C ₁₆ H ₃₄ O	242.447	26.88	0.33	91	Drog - Farmakoloji- Biyoaktivite
9	2-Dodecanol	C ₁₂ H ₂₆ O	186.339	32.33	0.17	80	Biyoaktivite
10	Hexadecanoic acid, methyl ester	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	270.457	36.78	0.20	96	Farmakoloji- Biyoaktivite
11	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester	C ₁₉ H ₃₄ O ₂	294.479	46.16	1.84	98	Farmakoloji- Biyoaktivite
12	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester	C ₁₉ H ₃₄ O ₂	294.479	46.29	1.84	98	Farmakoloji- Biyoaktivite
13	11-Octadecenoic acid, methyl ester	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	296.495	47.04	71.58	99	Bulunamadı
14	12-Octadecenoic acid, methyl ester	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	296.495	47.22	11.48	99	Bulunamadı
15	9-Octadecenoic acid, methyl ester	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	296.495	47.58	4.96	99	Biyoaktivite
16	Methyl isostearate	C ₁₉ H ₃₈ O ₂	298.511	48.73	6.39	98	Bulunamadı
17	10-Octadecenoic acid, methyl ester	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	312.5	58.28	0.39	91	Bulunamadı
18	15-Octadecenoic acid, methyl ester	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	296.5	58.35	0.04	91	Bulunamadı
19	Eicosanoic acid, methyl ester	C ₂₁ H ₄₂ O ₂	326.6	60.93	0.38	86	Bulunamadı

Tablo 2. *Helichrysum sanguineum* (L.) *Kostel* bitkisinin ultrasonik ekstraksiyon metoduyla elde edilen kimyasal bileşenler

No	Kimyasal Adı	Kapalı Formül	M _w (g/mol)	tR	%	MF	Kullanım Alanı
1	1,6-Heptadien-3-yne, 5-methyl-	C ₈ H ₁₀	109.16	5.22	0.63	4	Bulunamadı
2	Butanoic acid, 2-methyl-3-oxo-, methyl ester	C ₆ H ₁₀ O ₃	130.143	5.89	12.05	78	Biyoaktivite
3	3-Acetoxybenzoic acid	C ₉ H ₈ O ₄	180.16	6.17	3.06	1	Bulunamadı
4	Furan, 2-methoxy-	C ₅ H ₆ O ₂	98.101	6.53	0.91	9	Biyoaktivite
5	2-Norbornene	C ₇ H ₁₀	94.157	7.37	2.15	3	Biyoaktivite
6	Methyl vinyl ketone	C ₇ H ₁₀	70.091	7.71	0.72	4	Farmakoloji Biyoaktivite
7	Methyl propionate	C ₄ H ₈ O ₂	88.106	8.48	1.35	4	Farmakoloji Biyoaktivite
8	Acetamide, 2-fluoro	C ₂ H ₄ FNO	77.058	8.94	0.96	2	Farmakoloji

								Biyoktivite
9	2-Pyrrolidinone, 1-methyl-	C ₅ H ₉ NO	99.133	9.65	17.92	91		Drog Farmakoloji Biyoktivite
10	3-Furanmethanol	C ₅ H ₆ O ₂	98.101	9.97	0.33	4		Biyoktivite
11	2-Furanmethanol	C ₅ H ₆ O ₂	98.101	10.02	0.26	5		Farmakoloji Biyoktivite
12	Methyl benzoate	C ₈ H ₈ O ₂	136.15	11.13	2.73	40		Farmakoloji Biyoktivite
13	Cyclododecane	C ₁₂ H ₂₄	168.324	14.29	7.19	96		Biyoktivite
14	Ethane, 1-chloro-2-isocyanato-	C ₂ H ₄ ClNO	105.521	17.97	0.23	3		Biyoktivite
15	2-Tetradecene, (E)-	C ₁₄ H ₂₈	196.378	20.90	13.47	97		Bulunamadı
16	1-Propene, 3-azido-	C ₃ H ₅ N ₃	83.09	21.05	0.24	3		Bulunamadı
17	Pyridine	C ₅ H ₅ N	79.102	21.85	0.62	2		Farmakoloji Biyoktivite
18	2-Ethylidenehydrazono-3-methyl-2,3	C ₁₀ H ₁₁ N ₃ S	205.28	24.72	0.35	2		Bulunamadı
19	5-Octadecene, (E)-	C ₁₈ H ₃₆	252.486	26.91	10.12	91		Bulunamadı
20	Methane, isocyanato-	CH ₃ NCO	57.052	27.07	0.22	1		Farmakoloji Biyoktivite
21	2-Dodecanol	C ₁₂ H ₂₆ O	186.339	32.34	4.75	72		Biyoktivite
22	Cyclohexylmethyl formate	C ₈ H ₁₄ O ₂	142.198	46.58	2.40	10		Bulunamadı
23	Cyclopropane, 1-ethyl-1-methyl-	C ₆ H ₁₂	84.16	46.62	0.85	25		Bulunamadı
24	1-Butanamine, 3-methyl-	C ₅ H ₁₃ N	84.166	60.88	0.14	3		Drog Farmakoloji Biyoktivite
25	3-Pyrrolidinol	C ₄ H ₉ NO	87.122	60.95	0.52	4		Biyoktivite
26	1-Propanol, 2-methyl-	C ₄ H ₁₀ O	74.123	61.01	0.44	3		Drog Farmakoloji Biyoktivite
27	Indolizine, 2-(4-methylphenyl)-	C ₁₅ H ₁₃ N	207.276	79.13	2.15	2		Biyoktivite
28	6-Nitro-8-methoxy-2H-chromene	C ₁₀ H ₉ NO ₄	207.18	72.25	1.22	2		Bulunamadı
29	Methane, isocyanato-	CH ₃ NCO	57.052	79.35	0.16	1		Farmakoloji Biyoktivite
30	Cyclohexane-1,3-dione, 2-allylaminomethylene-5,5-dimethyl-	C ₁₂ H ₁₇ NO ₂	207.273	79.81	1.04	2		Biyoktivite
31	2-Hydroxyhexadecanoic acid	C ₁₆ H ₃₂ O ₃	272.42	81.08	1.42	4		Farmakoloji Biyoktivite
32	4-Dodecanol	C ₁₂ H ₂₆ O	186.339	81.89	0.50	2		Biyoktivite
33	2,4-Dimethylbenzo[h]quinoline	C ₁₅ H ₁₃ N	207.27	82.38	1.04	2		Bulunamadı
34	2-Chloro-4,6-bis[3-(perfluorohexyl)propyloxy]-1,3,5-triazine	C ₂₁ H ₁₂ ClF ₂₆ N ₃ O ₂	867.7	82.74	0.72	4		Bulunamadı
35	1,4-Di[3-(3-isothiocyanatophenyl)thioureido]butane	C ₂₀ H ₂₀ N ₆ S ₄	472.7	83.09	0.61	2		Bulunamadı
36	Formic acid	CH ₂ O ₂	46.025	83.53	0.24	2		Bulunamadı
37	2-1-Phenyl ethylidene-hydrazono-3-	C ₂₀ H ₂₁ N ₃ OS	351.5	83.66	4.73	3		Bulunamadı

4. SONUÇ

Bu çalışmanın sonuçları; *Helichrysum sanguineum* (L.) Kostel ve *Helichrysum stoeches* spp *barellieri* bitkilerinin metanol/etil asetat karışımı ile elde edilen ekstraktlarında birçok biyoaktif bileşen bulunmuştur. Bu biyoaktif bileşenler biyoaktivite, drog ve farmakolojik aktivite içermektedir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar ile kırmızı ölmez çiçek (*Helichrysum sanguineum* (L.) Kostel) ve sarı ölmez çiçek (*Helichrysum stoeches* spp *barellieri*) bitkilerinin tıbbi bitki olma özelliğini göstermektedir. Bu çalışma bu nedenle ileriki tıbbi bitkilerle yapılacak çalışmalar için örnek bir çalışma olup, bu aktif bileşenlerin izolasyonunu ve saflaştırılıp ilaç sanayinde kullanılmasının sağlanması hususunda yararlı olacağı kanaatindeyiz.

KAYNAKLAR

- [1] Aslan, M, *Helichrysum licatum* ssp, *plicatum* Üzerinde Farmakognozik Araştırmalar, Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Farmakognozi Anabilim Dalı, Yüksek Lisan tezi, 76 sayfa, 1994.
- [2] Eroğlu EH, Hamzaoğlu E, Aksoy A, Budak Ü, Özkul Y,. In Vitro Genotoxic Effects of Four *Helichrysum* Species in Human Lymphocytes Cultures,, Biological Research 43 (2):177-183, 2010.
- [3] Şen N, Kalaycı G, Altın Otu Bitkisinden (*Helichrysum arenarium*) Tanen ve Kumarinin Kimyasal Kompozisyonu, Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi, 42(2), 226-231, 2016.
- [4] Eroğlu H. The Names in Turkish and Other Languages of Turkey *Helichrysum* Taxa, Avrasya Terim Dergisi, 6 (1), 26-34, Retrieved from <http://dergipark.gov.tr/ejatd/issue/37229/4296>. 2018
- [5] Ramazanoğlu N, Açık L, Aslan S, Vural M. Antioxidant Activities of Endemic *Helichrysum chionophilum*, 6th Conference on Medicinal and Aromatic Plants of Southeast European Countries (CMAPSEEC) Proceedings, 2014.
- [6] Kürkçüoğlu M, Agalar HG, Aksoy A, Başer KHC. Composition of the Essential Oils of Two Endemic *Helichrysum* Species in Turkey, 2019.
- [7] Goldansaz SM, Mahboubi A, Yazdi-nejad A, Jahanbakhshi M, Mojab F. Investigation on total phenolic content, antibacterial, and antioxidant activity of ethanolic extract of *Helichrysum*

- leucocephalum* Boiss, American Journal of Essential Oils and Natural Products., 1, 2018.
- [8] Giovanelli S, De Leo M, Cervelli C, Ruffoni B, Ciccarelli D, et al. Essential Oil Composition and Volatile Profile of Seven *Helichrysum* Species Grown in Italy, Chemistry & biodiversity, 15(5), e1700545, 2018.
- [9] Davis PH, Kupicha FK. *Helichrysum*, -In: Davis, P, H, (ed.), Flora of Turkey and the East Aegean Islands, 5: 80-97, Edinburgh University Press, Edinburgh, 1975.
- [10] Ocak A, Kayıkçı S, Güzel Y, Antakya'nın Doğal Bitkileri, Hatay Büyükşehir Belediyesi Kültür Yayınları No:3 113, 2014.
- [11] Guzel Y., Guzelsemme M. Wild plants used as herbal tea in Antakya and Defne provinces of Hatay, Anadolu, 28(1), 1-5, 2018.
- [12] Doussi MA, Thanos CA. Ecophysiology of seed germination in composites inhabiting fire-prone Mediterranean ecosystems, In Basic and applied aspects of seed biology (pp, 641-649), Springer, Dordrecht, 1997.
- [13] Ermişler A. Altın Otu (*Helichrysum Arenarium*) ve Fesleğen (*Ocimum Basilicum*) Bitkilerinin Sinek Kovucu (Repellent) Özelliklerinin Karşılaştırılması, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 65, 2017.
- [14] Aiyegoro OA, Okoh AI. Preliminary phytochemical screening and in vitro antioxidant activities of the aqueous extract of *Helichrysum longifolium* DC, BMC Complementary and Alternative medicine, 10(1), 21, 2010.
- [15] Boi M. The Ethnocultural significance for the use of plants in Ancient Funerary Rituals and its possible implications with pollens found on the Shroud of Turin, Ben Congreso Internacional sobre la Sábana Santa en España., 15, 2012.
- [16] Jalali-Heravi M, Parastar H, Ebrahimi-Najafabadi H. Characterization of volatile components of Iranian saffron using factorial-based response surface modeling of ultrasonic extraction combined with gas chromatography-mass spectrometry analysis, Journal of Chromatography A, 1216: 6088-6097, 2009.
- [17] Göktürk E, Asil H, Hatay/Kırıkhan'da Yetiştirilen Safran (*Crocus sativus* L.) Stigmasının Ekstraktının GC-MS analizi, Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 5 (3), 317-321, DOI: 10.30910/turkjans,448375, 2018.
- [18] Arpag OF, Duran N, Açıkgül FC, Türkmen M.. Comparison of Minimum Inhibitory Concentrations of *Hypericum Perforatum* L. Essential Oils, 0.2% Chlorhexidine and 10% Povidone-iodine Over *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* and *Porphyromonas gingivalis*. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 23(6), 1192-1205, 2020.
- [19] Türkmen M, Mert A. Farklı azot dozlarının kişniş (*Coriandrum sativum* L.) yaş herba uçucu yağ bileşenleri üzerine etkisi. Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 25(3), 309-315, 2020.
- [20] Anonimus 2018c, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/search/>
- [21] Anonimus 2018d, <https://www.sigmaaldrich.com/chemistry.html>
- [22] Öztürk B, Özek G, Özek T, Başer KHC. Chemical Diversity in Volatiles of *Helichrysum*, 2014.
- [23] Özkan G, Özcan M. Gc/Ms Study Of Essential Oil From *Helichrysum Chasmolyticum* Ph Davis, Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi, 20(40), 9-11, 2006.



Makarnalık Buğday ve Triticale Çeşitlerinde Hasat Zamanı ve Azotlu Gübre Uygulamasının Tane Verimi ile Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi

İlknur AKGÜN¹, Esra ÖZBEK², Aykut ŞENER^{3*}

¹ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Isparta, Türkiye

² Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Isparta, Türkiye

³ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Isparta, Türkiye

İlknur AKGÜN ORCID No: 0000-0002-7476-7226

Esra ÖZBEK ORCID No: 0000-0002-2147-9247

Aykut ŞENER ORCID No: 0000-0003-1868-9451

*Sorumlu yazar: aykutsener@isparta.edu.tr

(Alınış: 04.01.2021, Kabul: 16.08.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Anahtar Kelimeler

Firik,
Buğday,
Triticale,
Azot,
Kalite,
Verim)

Öz: Bu çalışmada, azotlu gübre uygulamalarının ve hasat zamanının tane verimi ve bazı kalite özelliklerine etkisi belirlenmiştir. Ayrıca, tritikalenin erken hasat edilerek firik olarak kullanılabilme olanağı araştırılmıştır. Araştırma, Bölünen Bölünmüş Parseller Deneme Desenine uygun olarak 3 tekerrürlü kurulmuştur. Ana parsellere çeşitler [2 makarnalık (Çeşit-1252 ve Kızıltan-91) ve 2 tritikale (Ümran Hanım ve Karma-2000) çeşidi], alt parsellere azotlu gübreler [NitroPower33 ve (yavaş salımlı) Dinitroso], alt alt parsellere ise hasat zamanı [3 hasat zamanı (erken hamur olum, sert hamur olum ve tam olum)] yerleştirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; nem oranı (%13,92-42,29), protein oranı (%13,99-16,90), kül oranı (%1,48-1,61), 1000-tane ağırlığı (27,2-32,0 g), hektolitre ağırlığı (72,72-78,67 kg) ve tane verimi (173,05-287,47 kg da⁻¹) üzerine hasat zamanının etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Olum döneminin ilerlemesine bağlı olarak tanenin nem ve protein oranı azalmasına karşın, kül oranı, 1000-tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı ve tane verimi artmıştır. Farklı gübre uygulamalarının tanenin nem içeriğine, 1000-tane ağırlığına, hektolitre ağırlığına ve tane verimine etkisinin önemsiz; protein oranına (NP33: %14,98 ve Dinitroso: %16,50) ve kül oranına (NP33: %1,50 ve Dinitroso: %1,58) etkisinin ise önemli olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, tritikalenin erken hasat edilerek firik amacıyla kullanılabileceği, makarnalık buğday ve tritikalenin firik amacıyla sert hamur olum döneminde hasat edilmesinin uygun olduğu belirlenmiştir.

The Effect of Harvest Time and Nitrogen Fertilizer Application on Grain Yield and Some Quality Properties of Durum Wheat and Triticale Varieties

Keywords

Freekeh,
Wheat,
Triticale,
Nitrogen,
Quality,
Yield

Abstract: In this study, the effects of nitrogenous fertilizer applications and harvest time on grain yield and some quality characteristics were determined. In addition, the possibility of early harvesting of triticale and using it as freekeh was investigated. The research was established in 3 replications in accordance with the Split-Split-Plot experimental design. Varieties [2 durum (Çeşit-1252 and Kızıltan-91) and 2 triticale (Ümran Hanım and Karma-2000) varieties] were placed in the main plots, nitrogenous fertilizers (NitroPower33 and slow release Dinitroso) in the subplots, and harvest time (late milk, hard dough and ripe) in the sub-subplots. According to the research results, it was determined that the effect of cultivar and harvest time on moisture content (13,92-42,29%), protein content (13,99-16,90%), ash content (1,48-1,61%), thousand grain weight (27,2-32,0 g), test weight (72,72-78,67 kg), grain yield (173,05-287,47 kg da⁻¹) was statistically significant. Although the moisture and protein ratio of the grain decreased due to the progress of the maturation period, the ash rate, thousand grain weight, test weight and grain yield increased. While the effect of different fertilizer applications on the moisture content of the grain, thousand grain weight, test weight and grain yield is not significant, the effect on protein ratio (NP33: 14,98% and Dinitroso: 16,50%) and ash ratio (NP33: 1,50% and Dinitroso: 1,58%) was determined to be significant. As a result, it has been determined that triticale can be used for freekeh with early harvest of triticale, durum wheat and triticale are harvested during the hard dough maturation period for freekeh.

1. GİRİŞ

Buğday, ülkemizde insan beslenmesindeki en temel besinlerin hammaddesi olması nedeniyle ekim alanı ve üretimde ilk sırada yer almaktadır. Türkiye’de buğday ekim alanı 6,8 milyon ha, üretimi yaklaşık 19 milyon ton olup, bunun yaklaşık 3,2 milyon tonunu makarnalık buğday oluşturmaktadır [1]. USDA [2] verilerine göre 2019/20 sezonunda Türkiye’nin buğday üretim tahmininde bir önceki pazarlama yılına göre yaklaşık %8’lik bir azalma olduğu bildirilmiştir. Son yıllarda yaşanan kuraklık ürün verimini ve kalitesini etkilemiştir. Bu nedenle bazı yıllarda buğdaya olan talep karşılanamamakta ve ithalat yapılmaktadır.

Artan nüfusun gıda gereksinimini karşılayabilmek için, bilim insanları marjinal alanlarda daha yüksek verim sağlayabilen alternatif ürünler üzerinde araştırmalarını yoğunlaştırmış ve buğdayın yanında alternatif olarak tritikalenin değerlendirileceğini bildirmişlerdir. Diğer tahıl cinsleri ile karşılaştırıldığında tritikalenin iklim değişikliklerine karşı daha kararlı olduğu, insan ve hayvan beslenmesi için daha iyi bir amino asit dengesine sahip olduğu bildirilmiştir [3,4]. Yine tritikale genotiplerinin buğdaydan daha yüksek besleme değerine ve hazmolunabilir protein oranına sahip olduğu ileri sürülmüştür [5]. Triticalenin üretim miktarı Türkiye’de 215 bin ton olup, dekara verimi 336 kg’dır [1].

Bitkilerin büyüme ve gelişmesinde en önemli besin maddelerinden birisi azot olup, en çok araştırılan konuların başında gelmektedir. Tahıllarda azot kullanım etkinliğinin %33 olduğunu bildirilmiştir [6]. Bitkisel üretimde azot kullanım etkinliğini arttırmak için, son yıllarda yavaş salımlı gübreler farklı bitkilerde araştırma konusu olarak incelenmektedir. Bu gübreler yavaş çözüldükleri için etkinliği yüksek ve yıkanma kayıpları azdır. Toprakta değişime uğramadan, kil, kireç ve organik maddeye bağlanmaz, diğer elementlerle bileşik oluşturmaz. Bu nedenle yararlı form geçmeden bitkiler tarafından kolayca alınır [7].

Buğday bazı bölgelerde geleneksel olarak farklı şekillerde kullanılmaktadır. Bu geleneksel gıda ürünlerinin çoğu, Türkiye’nin diğer bölgelerinde iyi bilinmemektedir. Bu ürünlerden biri de firiktir. Firik olarak tanımlanan ısıtılmış yeşil buğday (aynı zamanda frekeh veya freekah olarak da bilinir) Orta Doğu’da, Türkiye ve Avustralya gibi bazı ülkelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu ürünün kelimesi Arapça, afrakah’tan gelmektedir, olgun taneler eller arasında ovularak başaktan kolayca ayrılabilir. Firik’in kendine özgü, tütsülenmiş bir tadı vardır. Firik için makarnalık buğday (*Triticum durum*) tercih edilir, ancak ekmeçlik buğday (*T. aestivum* var. *avestivum*) da kullanılabilir [8]. Tarih öncesi zamanlarda firik için diploid yabani buğday veya yabani siyez buğdayı (*T. monococcum* ssp. *Baeoticum* Boiss. Emend. E. Scheim) kullanılmıştır. Ortadoğu bölgesindeki bu gıda maddesinin üretiminin yılda 200 ile 300 bin ton arasında olduğu bilinmektedir [9].

Bu çalışmada tritikalenin insan beslenmesinde alternatif değerlendirme amacıyla, erken hasat edilerek firik olarak kullanılabilir olanağı araştırılmıştır. Ayrıca son yıllarda gündeme gelen yavaş salımlı gübre uygulamasının, makarnalık buğday ve tritikalede tane verimi ve kalitesine etkisi belirlenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Bu araştırma 2018-2019 vejetasyon döneminde, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesine ait deneme alanında yürütülmüştür. Araştırma, Bölünen Bölünmüş Parseller Deneme planına uygun olarak 3 tekerrürlü kurulmuştur. Denemede 4 çeşit (2 makarnalık (Çeşit-1252 ve Kızıltan-91) ve 2 tritikale (Ümran Hanım ve Karma-2000) çeşidi), 2 azotlu gübre çeşidi (NP33 ve Dinitroso) ve 3 hasat zamanı [Zadoks skalası 8,3 erken hamur olum (1. hasat), 8,7 sert hamur olum (2. hasat) ve 9 tam olum (3. hasat)] faktör olarak incelenmiştir. Nitropower 33 (NP33); %20 kükürt trioksit, %25 üre, %8 amonyak, yavaş salımlı (slow release) azotlu gübre Dinitroso: %20,4 amonyum, %0,6 disiyandiamid içermektedir.

Ana parsellere çeşitler, alt parsellere azotlu gübre, alt alt parsellere ise hasat zamanı yerleştirilmiştir. Kasım ayının ilk haftasında m²'ye 550 tohum düşecek şekilde ekim yapılmıştır. Parsel alanı 9,6 m² (8 m x 1,2 m) olup, ekimle birlikte bütün parsellere dekara 7 kg P₂O₅ hesabıyla fosforlu gübre uygulanmıştır. Azotlu gübreler içerisindeki azot oranına göre hesaplanarak toplam 10 N kg da⁻¹ olacak şekilde, yarısı ekimle birlikte (5 N kg da⁻¹), diğer yarısı ilkbaharda sapa kalkma başlangıcında parsellere (5 N kg da⁻¹) verilmiştir. Yabancı ot mücadelesi 150-200 cc da⁻¹ aktif madde hesabıyla 2,4-D terkipli herbisit kullanılmıştır.

Tane verimi, hasat alanı içerisindeki bitkiler harman edildikten sonra tartılmış ve elde edilen değerler dekara çevrilmiştir. Kjeldahl yöntemi ile azot içeriği belirlenmiş ve 6,25 katsayısı ile çarpılarak hesaplanmıştır [10]. Araştırmada bin tane ağırlığı (g), kül içeriği (%) Yılmaz [11], ve hektolitre ağırlığı (kg) Elgün ve ark. [12] tarafından belirtilen esaslara göre yapılmıştır.

Araştırmada elde edilen sonuçlar Tesadüf Bloklarında Bölünen Bölünmüş Parseller deneme desenine göre TotemStat paket programlarından yararlanarak varyans analizine tabi tutulmuştur. Ortalamalar arasındaki farklılıkların istatistiki anlamda önemlilikleri Asgari Önemli Fark (AÖF) çoklu karşılaştırma testine göre yapılmıştır.

Araştırmanın yürütüldüğü 2018-2019 vejetasyon dönemine (Kasım-Haziran) ait sıcaklık (°C) ve yağış (mm) değerleri Tablo 1’de verilmiştir. 2018-2019 üretim sezonunda yağış miktarı (496,2 mm) uzun yıllar ortalamasından (500,2 mm) daha düşük, ortalama sıcaklık ise daha yüksektir (uzun yıllar sıcaklık ortalaması 10,1 °C; üretim sezonunda ortalama sıcaklık 10,8 °C). Yine üretim sezonundaki nispi nem oranı (%55,6), uzun yıllar ortalamasından (%64,2) daha düşüktür.

Tablo 1. Denemenin yürütüldüğü yıl ve uzun yıllara (1929-2018) ait iklim verileri*

Aylar	Ort. Sıcaklık (°C)		Toplam Yağış (mm)		Ort. Nispi Nem (%)	
	2018-2019	Uz. Yıl. Ort.	2018-2019	Uz. Yıl. Ort.	2018-2019	Uz. Yıl. Ort.
Kasım	9,1	7,8	48,6	45,2	67,7	70,0
Aralık	3,5	3,5	107,1	87,5	82,7	75,8
Ocak	2,5	1,8	97,0	80,8	81,3	75,2
Şubat	4,5	2,9	55,4	68,1	72,1	71,6
Mart	7,3	5,9	40,3	59,1	63,0	66,0
Nisan	9,9	10,7	50,8	52,9	64,4	61,5
Mayıs	16,8	15,4	34,2	56,7	53,4	59,2
Haziran	20,7	19,8	53,3	33,6	59,8	52,5
Temmuz	23,3	23,4	9,5	16,3	44,9	45,7
Ort./Top.	10,8	10,1	496,2	500,2	55,6	64,2

*: Kaynak: Meteoroloji Genel Müdürlüğü.

Deneme alanının 0-20 cm derinliğinden alınan toprak örneklerinin analiz sonuçlarına göre; toprağının strüktürü killi-tınlı bir yapıya sahip olup hafif alkali (pH 7,9), organik madde (1,8), tuzsuz sınıf toprak, kireç oranı%32,4, fosfor bakımından düşük (7,2 kg da⁻¹), potasyum (176,2 kg da⁻¹) bakımından ise yeterli seviyeye sahiptir.

Tablo 2. Farklı dönemlerinde hasat edilen ve azotlu gübre uygulanan makarnalık buğday ve tritikale çeşitlerinin tanedeki nem oranına (%) ilişkin ortalamalar

Çeşit/ Hasat zamanı	1. Hasat			2. Hasat			3. Hasat		
	NP33	Dinitroso	Ort.	NP33	Dinitroso	Ort.	NP33	Dinitroso	Ort.
Ç-1252	41,33	41,33	41,333	18,33	18,67	18,50	13,67	14,00	13,83
Kızıltan-91	40,67	43,67	42,167	20,33	19,33	19,83	14,00	14,00	14,00
Ümran Hanım	41,33	40,33	40,833	18,67	18,67	18,67	13,67	14,00	13,83
Karma-2000	44,33	45,33	44,833	19,00	19,33	19,17	14,00	14,00	14,00
Ortalama	41,92	42,67	42,29A¹	19,08	19,00	19,04 B	13,83	14,00	13,92C

CV(%):7,2; Çeşit (Ç) F değeri: 2,395; Gübre (G) F değeri: 0,952; Hasat (H) F değeri: 1681,391 **²; ÇxG F değeri: 0,444;ÇxH F değeri: 1,794; GxH F değeri: 0,336; ÇxGxH F değeri: 0,671; LSD_(hasat): 0,22¹ Aynı satırda farklı harfle verilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir. ²** %1 düzeyinde önemli

Bu konuda yapılan çalışmalar incelendiğinde farklı sonuçlar bulunmuştur. Nitekim Carsanba et al. [13], Hatay yöresinden toplamış olduğu 4 farklı firik örneğinde nem oranını %10,0-11 arasında değiştiğini bildirmiştir. Hamit ve Omari [14] tarafından yapılan çalışmada nem içeriği %8-10,2 arasında değişmiştir. Yeşil buğday olarak tanımlanan firik, dolgun, hafif tatlı ve çiğnenebilir özellikte olduğu ifade edilmektedir. Ayrıca yüksek nem içeriğine sahip olup kurutulduğunda ağırlığının yaklaşık %40'ı kaybettiği ifade edilmektedir [15, 9]. Buna göre çalışmada 2. hasat döneminde çeşitlere göre %19-20 arasında olan nem içeriğinin %40 kaybolduğu kabul edilirse, firik olarak tanedeki nem içeriği %11-12 arasında değişecektir. Bu dönemdeki hasattan elde edilen firik için nem değerleri literatür bilgileri ile uygunluk göstermektedir.

3. BULGULAR

3.1. Nem Oranı

Araştırmada farklı hasat dönemlerinin tanedeki nem oranına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P≤0,01). Çeşidin ve azotlu gübrenin etkisi önemsiz bulunmuştur. Çeşidin etkisinin önemsiz olması, hasatın (Zadoks skalasına göre 8,3 erken hamur olum, 8,7 sert hamur olum ve 9 tam olum) tüm çeşitlerde benzer dönemlerinde yapıldığını ve tanedeki nem içeriği yönünden çeşitler arasında farklılığın olmadığını göstermektedir. Firik elde etmek amacıyla hasatta doğru zamanı belirlemek kritik öneme sahiptir. Eğer taneler çok erken hasat edilir ve kavrulursa, taneler çok küçülmekte, çok geç hasat edilirse firikin kendine özgü yeşil rengini ve lezzetini kaybetmesine neden olmaktadır.

Araştırmada genel ortalama olarak tanedeki nem içeriği tam olgunlaşma döneminde önemli seviyede azalmıştır (%13,92). Erken hamur döneminde tanedeki nem içeriği %42,29, sert hamur olum döneminde ise %19,04 olarak belirlenmiştir (Tablo 2).

Olgunlaşma esnasında tane içeriğindeki değişiklikler firik özelliklerini etkileyebilecektir. Firik işlemleri için kabul edilebilir süreçler için buğdayın geç süt olum-orta hamur olum dönemleri arasında hasat edilmesi önerilmiştir [16, 17]. Yine tane boyutlarının nem içeriği ile ilişkili olduğu ve tane boyutunun da mekanizasyon işlemlerini etkilediği bildirilmiştir [18].

3.2. Protein Oranı (%)

Tablo 3 incelendiğinde, 1. ve 2. hasat döneminde tanedeki protein oranı sırasıyla %16,34 ve %16,90 olarak belirlenmiş ve arasındaki farklılık önemli bulunmamıştır. Tam olum döneminde tanedeki protein oranı önemli seviyede azalmıştır (%13,99). Erken hasat dönemlerinde tanedeki protein içeriği daha yüksektir. Olgunlaşmaya bağlı olarak tanede nişasta birikiminin artması, protein oranını azaltmıştır.

Tablo 3. Farklı dönemlerinde hasat edilen ve azotlu gübre uygulanan makarnalık buğday ve tritikale çeşitlerinin tanedeki protein oranına (%) ilişkin ortalamalar

Çeşit/ Hasat zamanı	1. Hasat			2. Hasat			3. Hasat		
	NP33	Dinitroso	Ort.	NP33	Dinitroso	Ort.	NP33	Dinitroso	Ort.
Ç-1252	13,71	16,21	14,96	16,20	17,62	16,91	12,05	13,64	12,84
Kızıltan-91	14,35	17,41	15,88	15,94	17,76	16,85	13,33	14,54	13,93
Ümran Hanım	16,75	17,31	17,03	16,42	17,49	16,96	13,45	15,66	14,56
Karma-2000	17,40	17,54	17,47	15,92	17,88	16,90	14,26	14,97	14,62
Ortalama	15,55	17,12	16,34 A¹	16,12	17,69	16,90 A	13,27	14,70	13,99B

CV(%):6,53; Çeşit (Ç) F değeri: 4,127; Gübre (G) F değeri: 95,486 ***; Hasat (H) F değeri: 54,238 **; ÇxG F değeri: 2,610; ÇxH F değeri: 1,970; GxH F değeri: 0,037; ÇxGxH F değeri: 1,324; **LSD_(hasat): 0,604**

¹ Aynı satırda aynı harfle verilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir. *** %1 düzeyinde önemli

Genel ortalama olarak protein oranı, yavaş salımlı (Dinitroso) gübre uygulamasında (%16,50) NP33 uygulamasına (%14,98) göre daha yüksek bulunmuş ve bu farklılık istatistiksel olarak önemli olmuştur (Tablo 3). Çeşit x gübre etkileşimine ait ortalama protein oranları Tablo 4' de verilmiştir.

Tablo 4. Makarnalık buğday ve tritikale çeşitlerinde protein oranına (%) ilişkin çeşit x gübre etkileşimine ait ortalamalar

Çeşit/Gübre	NP33	Dinitroso	Ortalama
Çeşit-1252	13,98	15,82	14,90
Kızıltan-91	14,54	16,57	15,55
Ümran Hanım	15,54	16,82	16,18
Karma-2000	15,86	16,79	16,33
Ortalama	14,98 B¹	16,50 A	
LSD_(gübre)	0,359		

¹ Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir.

Tablo 4'de yavaş salımlı azotlu (Dinitroso) gübre uygulamasında en yüksek protein oranı %16,82 ile Ümran Hanım çeşidinden elde edilirken. en düşük protein oranı %15,82 ile Çeşit-1252 çeşidinde belirlenmiştir. NP33 uygulamasında ise en yüksek protein oranı Karma-2000 (%15,86), en düşük protein oranı ise %13,98 ile Çeşit-1252 çeşitlerinde tespit edilmiştir. Ancak gübre uygulamasına çeşitlerin tepkisi farklı olmasına rağmen, çeşit x gübre etkileşimi önemli bulunmamıştır. Dinitroso gübre uygulamasında hem makarnalık hem de tritikale çeşitlerine protein oranı daha yüksektir. Araştırma sonucuna göre yavaş salımlı azotlu gübre (Dinitroso) uygulamasında çeşitlerin azotu kullanabilme süresinin uzadığı ya da bitkiler tarafından alınabilirliğinin daha fazla olduğu söylenebilir. Yavaş salımlı gübrelerin vejetasyon periyodu süresince diğer gübrelerle oranla daha üniform bir büyüme ve gelişme ortamı sağladığı ileri sürülmüştür [19].

Protein oranı, çeşitlere göre farklılık göstermiş (%14,90-16,33) ancak bu farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Tablo 4). Sayısal olarak en yüksek protein oranı tritikale çeşitlerinde (Ümran Hanım %16,18; Karma-2000 %16,33) belirlenmiştir.

Bu konuda yapılan araştırmalarda tritikalede protein oranı; Feil and Fossati [20] %9,6 - 12,2, Atak ve Çiftçi [21] Ankara koşullarında %11,9-14,37 arasında, Akgün ve ark. [22] Isparta ekolojik koşullarında %10,3-12,7 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Araştırmada çeşitlerin azot kullanım etkinliğine bağlı olarak, hasat dönemlerinde protein oranları değişmiştir. Tahıllarda azotlu gübre miktarı, formu ve verilme zamanı verimi belirlemede en etkin faktörlerden birisidir. Haile et al. [23] tarafından ekmeclik buğday üzerinde yapılan çalışmada, azotun uygulanma zamanı ve dozu tane protein oranı ve tane verimi üzerine önemli derecede etkili olduğu, ancak çeşitlere göre azot kullanım etkinliğinin değiştiği belirlenmiştir. Araştırmada tanedeki protein oranının %12,40-13,09 arasında değiştiği bildirilmiştir. Akgün ve Ulupınar [24] tarafından farklı makarnalık buğday çeşitleri kullanılarak yapılan çalışmada, iki yıllık ortalama sonuca göre Çeşit-1252 ve Kızıltan-91 çeşitlerinin protein oranı sırasıyla %13,0 ve %13,18 olarak belirlenmiştir. Her iki çeşitte de 10 kg/da azotun üzerinde protein oranında önemli bir farklılık belirlenmemiştir.

Yavaş salımlı gübrelerde toprak nemi ve sıcaklığı, mikrobiyal aktivite, gibi faktörlere bağlı olarak azotun salınımı değişebilmektedir [25]. Yavaş ayrışan gübrelerin daha kullanılabilir bir azot kaynağı ve amonyum nitrat gübresine oranla nitrat kayıplarının daha az olduğunu bildirilmiştir [26]. Yine verimi arttırmak ve ekolojik dengeyi korumak açısından en uygun uygulamanın düşük dozdaki yavaş ayrışan gübreler olduğunu ifade edilmiştir [27, 28]. Farklı bir çalışmada yavaş ayrışan gübrelerin uygulandığı topraklarda N/P oranı daha yüksek olduğu ve buğdayın tane protein içeriğini %2,9 artırdığı bildirilmiştir [29].

Yaptığımız bu çalışmada, yavaş salımlı gübre tüm çeşitlerde protein oranını arttırmıştır. Bu sonuçlar yavaş salımlı gübrelerin bitki gelişmesinde daha etkin olduğunu göstermektedir. Son zamanlarda özellikle sağlık açısından birçok yararı bildirilen firik buğdayı, yeşil buğday olarak da adlandırılmakta ve geleneksel bir gıda olarak tanımlanmaktadır [30, 31]. Bu konuda yapılan çalışmalarda ısıl işlem görmüş yeşil buğdayın besin değerinin. %12,7 protein ile pirinç ve bulgurdan üstün olduğu ileri sürülmüştür [32]. Yine hasat zamanının firik kalitesi üzerindeki etkisi araştırılmış [14] ve erken dönemde yapılan hasatlarda daha yüksek protein içeriği belirlenmiştir. Ozkaya et al. [17] tarafından yapılan araştırmada çiçeklenmeden tam oluma kadar geçen sürelerde (3 gün aralıklarla 6 örnekleme) firik amacıyla alınan buğday örneklerinde protein içeriği olgunlaşma zamanı ilerledikçe azalmıştır.

Carsanba et al. [13] pirinç, bulgur ve firik'in besin elementi içeriğiyle ilgili yaptıkları bir çalışmada, firikin protein oranını %11,44 olarak bulmuşlardır. Makarnalık buğday kullanılarak yapılan çalışmalarda protein içeriği; Aydın ve ark. [33] %8,1-13,6, Budak ve Karaltın [34] %9,5-13,5 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Sonuç olarak, önemli kalite kriterlerden birisi olan protein oranı yönünden tritikalenin erken hasat edilerek (sert hamur olum), firik olarak kullanılabilirliği düşünülmektedir.

3.3. Kül Oranı

Kül oranı üzerine çeşidin, gübre uygulamasının ve hasat zamanının etkisi önemli bulunmuştur ($P \leq 0,01$). En yüksek kül oranı %1,61 ile tam olum döneminde, en düşük ise 2. hasatta belirlenmiş (%1,48) ve hasat zamanları istatistiksel olarak farklı grupta yer almıştır. Çeşitlerin kül oranı hasat zamanlarına göre farklı olduğundan, çeşit x hasat interaksyonu istatistiksel

olarak önemli olmuştur (Tablo 5). Nitekim erken hamur olum dönemini tanımlayan 1. hasatta en yüksek kül oranı Ümran Hanım çeşidinde (%1,72) belirlenmiş, bu çeşit ile diğerleri arasındaki fark önemli olmuştur. İkinci hasat döneminde tritikale çeşitlerinde kül oranı makarnalık buğday çeşitlerinden daha yüksek olduğu (Ümran Hanım %1,56; Karma-2000 %1,59) belirlenmiştir. Tam olum döneminde ise kül oranı yönünden Çeşit-1252 (%1,36) hariç, diğer çeşitler istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır (Tablo 5). Bin tane ağırlığı ve hektolitre ağırlığı değerleri incelendiğinde, tritikale çeşitlerinde tane dolgunluğunun Çeşit-1252 den az olduğu belirlenmiştir (Tablo 8 ve 10). Bu durum tane dolgunluğunun kül oranı ile ilişkili olabileceğini göstermektedir. Yine küçük tane oranı arttıkça un veriminin azaldığı ve kül miktarının arttığı bildirilmiştir [35]. Ayrıca kül içeriğinin özellikle olgunlaşma dönemindeki iklim koşullarına [36], çeşitlere ve gübrelemeye göre değiştiği, artan azot dozunun kül içeriğini azalttığı bildirilmiştir [37].

Tablo 5. Farklı dönemlerinde hasat edilen ve azotlu gübre uygulanan makarnalık buğday ve tritikale çeşitlerinin kül oranına (%) ait ortalamalar

Çeşit/ Hasat zamanı	1. Hasat			2. Hasat			3. Hasat		
	NP33	Dinitroso	Ort.	NP33	Dinitroso	Ort.	NP33	Dinitroso	Ort.
Çeşit-1252	1,39	1,58	1,48 b ¹	1,32	1,36	1,34 b	1,36	1,37	1,36 b
Kızıltan-91	1,34	1,47	1,41 b	1,40	1,46	1,43 b	1,66	1,67	1,67 a
Ümran Hanım	1,69	1,75	1,72 a	1,44	1,67	1,56 a	1,64	1,81	1,73 a
Karma-2000	1,50	1,52	1,51b	1,56	1,62	1,59 a	1,71	1,66	1,68 a
Ortalama	1,48	1,58	1,53 B²	1,43	1,53	1,48 C	1,59	1,63	1,61 A

CV(%):5,71; Çeşit (Ç) F değeri: 33,703 ***; Gübre (G) F değeri: 14,578 ***; Hasat (H) F değeri: 13,415 ***; ÇxG F değeri: 3,639; ÇxH F değeri: 6,882 ***; GxH F değeri: 0,870; ÇxGxH F değeri: 1,659; LSD_(hasat): 0,052; LSD_(çeşit x hasat): 0,103

¹ Aynı satırda aynı harfle verilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir. ² ** %1 düzeyinde önemli

Araştırmada tam olum döneminde en yüksek kül oranı belirlenmiştir. Ancak Hamit and Omari [14] erken dönemde yapılan hasatlarda daha yüksek kül oranı bulunduğunu, Ozkaya et al. [17] tohum olgunlaşmasına bağlı olarak firik buğday örneklerinde kül oranının azaldığını bildirmişlerdir. Farklı sonuçların bulunması iklim şartları, kullanılan çeşitlerden ve gübre uygulamalarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Araştırmada kullanılan gübrelere göre kül oranı, NP33 uygulamasında %1,50 Dinitroso uygulamasında ise %1,58 olarak belirlenmiş ve bu değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli olmamıştır. Tüm hasat seviyelerinde hem makarnalık hem de tritikale çeşitlerinde yavaş salımlı azotlu gübre uygulamasında (Dinitroso) kül oranı daha yüksek bulunmuştur. Her iki gübre formunda da tritikale çeşitlerinin kül oranı daha fazla ve çeşitler arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir. Kül oranı en yüksek Ümran Hanım (%1,67), en düşük ise Çeşit-1252 (%1,40) çeşitlerinde tespit edilmiştir (Tablo 6).

Kül miktarı, buğdayın un kalitesini belirlemede önemli bir faktör olup özellikle undaki kepek miktarına göre değişmektedir. Kül miktarı buğday tanesindeki mineral madde zenginliği ile ilişkili olup, çeşit özelliklerinden ve farklı yetiştirme uygulamalarından etkilenmektedir [38]. Kül miktarı ve bileşimi, buğday bitkisinin

yetiştirdiği topraktaki mineral madde miktarına ve alınabilirliğine bağlı olarak değişmektedir. Ülkemizdeki buğdaylarda kül oranının %0,8-1 arasında olduğu bildirilmiştir [39]. Yine kül içeriğinin iklim, çeşit ve gübrelemeye göre farklılaştığı ayrıca azotlu gübrelemenin kül içeriğini azalttığı ileri sürülmüştür [35]. İyi bir ekme kalitesi için undaki kül miktarının %1,3-2,5 arasında olması gerektiği bildirilmiştir [40].

Tablo 6. Makarnalık buğday ve tritikale çeşitlerinde kül oranına (%) ilişkin çeşit x gübre interaksyonuna ait ortalamalar

Çeşit/Gübre	NP33	Dinitroso	Ortalama
Çeşit-1252	1,35	1,44	1,40 D ¹
Kızıltan-91	1,47	1,53	1,50 C
Ümran Hanım	1,59	1,75	1,67 A
Karma-2000	1,59	1,59	1,59 B
Ortalama	1,50 B¹	1,58 A	

LSD_(gübre): 0,041; LSD_(çeşit): 0,070

¹ Aynı satırda ve sütunda aynı harfle verilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir.

Bu konu ile ilgili yapılan çalışmalarda tritikale tanesindeki kül oranı; Leon et al. [41] %0,9-3,0, Mut ve Köse [42] %1,68- 2,17; buğday ununda kül miktarının Haghayegh ve Schoenlechner [43] %1,88; Yaraşır [44] buğday tanesinde %1,22-1,51 arasında

değiştirdiği rapor edilmiştir. Ham kül oranı çeşide, iklim ve toprak koşullarına, kültürel uygulamalara göre değişebildiğinden [36], çalışmalarda farklı sonuçlar elde edilmiştir. Nitekim Misra et al. [36] makarnalık buğday çeşitlerinde tanedeki kül içeriğinin yıllara göre değişiklik gösterdiğini bildirmiştir (1. yıl %1,4-1,7, 2. yıl %1,3-1,5). Araştırmacılar kül içeriğinin özellikle olgunlaşma dönemindeki iklim koşullarına [36], çeşitlere ve gübrelemeye göre değiştiği, artan azot dozunun kül içeriğini azalttığı bildirilmiştir [45, 37]. Diğer taraftan Aksu [46], ekmeclik buğday çeşitlerinde kül oranlarının %1,457-1,553 arasında değiştiğini ve artan azot dozlarının kül oranını önemli seviyede arttırdığını tespit etmiştir. Dexter et al. [47] durum buğday çeşitlerinde azotlu gübrelemeye bağlı olarak kül miktarlarının %1,57-1,49 arasında değiştiğini bildirmiştir. Carsanba et al. [13] firik buğday örneğinde

kül oranını %1,86 olarak tespit etmişlerdir. Ozkaya et al. [17] tarafından yapılan çalışmada çeşitlere göre kül oranı %1,57-2,61 arasında değişmiştir.

3.4. Bin Tane Ağırlığı

Araştırmada bin tane ağırlığı üzerine çeşidin ve farklı hasat dönemlerinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P \leq 0,01$). Ortalama bin tane ağırlığı 1. hasat döneminde 27,2 g, 2. hasat döneminde 29,6 g, 3. hasat döneminde ise 32,0 g olarak belirlenmiştir (Tablo 7). Tüm çeşitlerde olgunlaşmanın ilerlemesine bağlı olarak tanedeki nişasta birikiminin artması, bin tane ağırlığını arttırmış ve çeşit x hasat interaksyonu önemli bulunmamıştır.

Tablo 7. Farklı dönemlerinde hasat edilen ve azotlu gübre uygulanan makarnalık buğday ve tritikale çeşitlerinin bin tane ağırlığına (g) ilişkin ortalamalar

Çeşit/ Hasat zamanı	1. Hasat			2. Hasat			3. Hasat		
	NP33	Dinitroso	Ort.	NP33	Dinit.	Ort.	NP33	Dinit.	Ort.
Ç-1252	32,33	28,67	30,50	33,33	32,00	32,67	35,67	34,00	34,83
Kızıltan-91	26,00	26,67	26,33	28,33	32,67	30,50	31,33	35,00	33,17
Ümran Hanım	25,00	26,00	25,50	26,333	27,67	27,00	29,33	30,00	29,67
Karma-2000	27,67	25,33	26,50	29,67	27,00	28,33	31,33	29,33	30,33
Ortalama	27,75	26,67	27,2C¹	29,42	29,83	29,6B	31,92	32,08	32,0A
CV(%):4,12; Çeşit (Ç) _F değeri: 16,479 ^{**2} ; Gübre (G) _F değeri: 0,143; Hasat (H) _F değeri: 92,701 ^{**} ; ÇxG _F değeri: 8,441 ^{**} ; ÇxH _F değeri: 2,321; GxH _F değeri: 2,607; ÇxGxH _F değeri: 1,025; LSD _(hasat) : 0,717									

¹ Aynı satırda farklı harfle verilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir. ^{2**} %1 düzeyinde önemli

Araştırmada çeşitlerin gübre kullanım etkinliği farklı olduğundan, çeşit x gübre interaksyonu önemli bulunmuştur (Tablo 8).

Tablo 8. Makarnalık buğday ve tritikale çeşitlerinde bin tane ağırlığına (g) ilişkin çeşit x gübre interaksyonuna ait ortalamalar

Çeşit/Gübre	NP33	Dinitroso	Ortalama
Çeşit-1252	33,78 A*	31,56 A	32,67 A
Kızıltan-91	28,56 BC	31,44 A	30,00 B
Ümran Hanım	26,89 C	27,89 B	27,39 C
Karma-2000	29,56 B	27,22 B	28,39 BC
Ortalama	29,69	29,53	
LSD _(çeşit x gübre) : 2,030 ; LSD _(çeşit) : 1,964			

*Aynı sütunda aynı harfle verilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir.

NP33 gübre uygulamasında en yüksek bin tane ağırlığı 33,78 g ile Çeşit-1252 çeşidinden elde edilmiş ve diğer çeşitler ile arasındaki fark önemli bulunmuştur. En düşük bin tane ağırlığı 26,89 g ile Ümran Hanım çeşidinde belirlenmiş ve Kızıltan-91 makarnalık buğday çeşidi ile arasındaki farklılık önemli olmamıştır. Yavaş salımlı azotlu gübre uygulamasında ise en yüksek bin tane ağırlığı 31,56 g ile Çeşit-1252 çeşidinde belirlenmiş, ancak diğer makarnalık buğday çeşidi (Kızıltan-91) ile arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır. Bu gübre formunda tritikale çeşitleri istatistiksel olarak aynı grupta yer almış ve makarnalık buğday çeşitlerine göre daha düşük bin tane ağırlığı elde edilmiştir. En düşük bin tane ağırlığı 27,22 g ile Karma-2000 çeşidinde tespit edilmiştir (Tablo 8).

Çeşitlerin genel ortalaması incelendiğinde en yüksek bin tane ağırlığı değerleri makarnalık buğday çeşitlerinde (Çeşit-1252, 32,67 g; Kızıltan-91, 30,0 g) belirlenmiştir. Tritikale çeşitlerinde ise bin tane ağırlığı önemli seviyede düşük bulunmuştur (Ümran Hanım, 27,39 g; Karma-2000, 28,39 g). Tritikaledeki tane buruşukluğu bin tane ağırlığının azalmasına neden olmaktadır (Tablo 8).

Bin tane ağırlığı kalite kriterleri arasında aranan bir özelliktir. Bin tane ağırlığının yüksek olması tanenin iri ve endospermin daha dolgun olduğunu göstermektedir. Tritikalede bin tane ağırlığı ilgili yapılan çalışmalarda; Akgün ve ark. [48] 35,3-47,5 g, Kılıç ve ark. [49] 30,3-38,3g, Akgün ve ark.[50] 34,3-46,7 g, Lermi ve Palta [51] 24,64-35,97 g arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Makarnalık buğday çalışmalarında bin tane ağırlığı; Yılmaz ve Dokuyucu [52] 33,7-44,9 g, Kılıç ve ark.[49] 30,3-38,3 g, Kendal ve ark. [53] 30,0-42,8 g arasında değişim gösterdiğini belirlemişlerdir. Bu araştırmada tam olum dönemindeki hasat değerleri incelendiğinde tritikalede ve makarnalık buğdayda elde edilen sonuçların diğer araştırma sonuçlarına benzer olduğu görülmektedir. Ozkaya et al. [17] tarafından makarnalık buğday çeşitleri üzerinde yapılan çalışmada, çiçeklenmeden tam oluma kadar geçen sürelerde (3 gün aralıklarla 6 örnekleme), firik örnek materyallerin fiziksel özellikleri incelenmiştir. Olgunlaşma zamanı ilerledikçe bin tane ağırlığı düzenli ve önemli ölçüde artmıştır.

Akgün ve Ulupınar [24] tarafından farklı makarnalık buğday çeşitleri kullanılarak yapılan çalışmada, azot dozlarına göre ortalama bin tane ağırlığı 39,05-46,30 g arasında değişmiş ve çeşit × azot interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Araştırmacılar azotlu gübrelemenin etkisinin çeşide göre değiştiğini bildirmişlerdir. Benzer sonuçlar farklı araştırmalarda da belirlenmiştir [54, 55]. Diğer taraftan, azot dozlarının 1000 tane ağırlığını etkilemediği, yüksek azot dozlarının ise bin tane ağırlığında azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir [56]. Yine farklı araştırmacılar tarafından yüksek azot dozlarının 1000 tane ağırlığını azalttığı saptanmıştır [57, 58]. Kızıltan-91 buğday çeşidi kullanılarak yapılan çalışmada, 8 ve 14 kg da⁻¹ azotlu gübre uygulamasının 1000 tane ağırlığı üzerine önemli bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir [59]. Yavaş ayrışan gübreler uzun zamanlı etki sağlayabilmektedir. Tejada et al. [29] yavaş ayrışan gübre uygulamasının; buğdayda 1000 dane ağırlığını %3,9 oranında arttırdığını ileri sürmüşlerdir.

Araştırmada, çeşit x gübre interaksyonu önemli bulunmuş ve bu durum çeşitlerin azot kullanım etkisinin farklı olması, kardeşlenme yeteneği, veya çevre şartlarına bağlı olarak olgunlaşma zamanlarının değişebilmesi ile ilişkili olabilir. Nitekim Çeşit-1252 ve Karma-2000 tüm hasat dönemlerinde NP33 gübresinin

azotunu daha hızlı kullandığı, Kızıltan-91 ve Ümran Hanım çeşitleri ise yavaş salınımlı gübreyi daha etkin kullanmış olduğu görülmektedir.

3.5. Hektolitre Ağırlığı

Hektolitre ağırlığı hasat zamanlarına göre önemli farklılık göstermiştir ($P \leq 0,01$) ve ortalamalar Tablo 9'da verilmiştir. Ortalama hektolitre ağırlığında, en düşük değer (72,42 kg) 1. hasat zamanında, en yüksek değer ise tam olum döneminde (78,67 kg) elde edilmiştir. Çalışmada çeşit × gübre × hasat interaksyonu önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$). En yüksek hektolitre ağırlığı tüm hasat zamanlarında ve gübre çeşitlerinde 84,33 kg ile Çeşit-1252 çeşidinde elde edilmiştir. Diğer çeşitlerde hasat zamanlarına ve gübre çeşitlerine göre hektolitre ağırlığında farklı değerler elde edilmiştir. Bu durum çeşitlerin azot kullanım etkisinin farklı olması, kardeşlenme yeteneği veya olgunlaşma zamanları ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir (Tablo 9). Bin tane ağırlığında olduğu gibi, tüm çeşitlerde olgunlaşmanın ilerlemesine bağlı olarak, tanedeki nişasta birikiminin artması, hektolitre ağırlığı da arttırmıştır. Erken dönemde yapılan hasatlarda hektolitre ağırlığı daha düşük bulunmuştur.

Tablo 9.. Farklı dönemlerinde hasat edilen ve azotlu gübre uygulanan makarnalık buğday ve tritikale çeşitlerinin hektolitre ağırlığına (kg) ilişkin ortalamalar

Çeşit/Hasat zamanı	1. Hasat			2. Hasat			3. Hasat		
	NP33	Dinitroso	Ort.	NP33	Dinitroso	Ort.	NP33	Dinitroso	Ort.
Çeşit-1252	80,00 a ¹	75,33 a	77,67	82,33 a	82,67 a	82,50	84,67 a	84,00 a	84,33
Kızıltan-91	74,00b	73,67 a	73,83	76,00 b	76,67 b	76,33	77,67 b	79,00 b	78,33
Ümran Hanım	68,00 c	69,67 b	68,83	71,00 c	72,67 c	71,83	77,00 b	75,33 c	76,17
Karma-2000	69,67 c	69,00 b	69,33	72,67 c	72,00 c	72,33	77,33 b	74,33 c	75,83
Ortalama	72,92	71,92	72,42C²	75,50	76,00	75,75B	79,17	78,17	78,67A

CV(%):1,95; Çeşit (Ç) F değeri:297,481 **³; Gübre (G) F değeri:0,982; Hasat (H) F değeri:107,987**²; ÇxG F değeri:1,467; ÇxH F değeri:1,840; GxH F değeri:2,070; ÇxGxH F değeri:2,351 *; LSD_(çeşit x gübre x hasat): 2,452; LSD_(hasat): 0,867

¹ Aynı sütunda aynı harfle verilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir. ² Aynı satırda farklı harfle verilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ³*%5 düzeyinde önemli, ** %1 düzeyinde önemli

Gübre çeşitlerine göre genel ortalama olarak hektolitre ağırlığı NP33'de 75,86 kg, Dinitroso gübre çeşidinde ise 75,36 kg olarak belirlenmiş ve istatistiksel olarak gübre çeşitleri arasında fark bulunmamıştır (Tablo 10).

Tablo 10. Makarnalık buğday ve tritikale çeşitlerinde hektolitre ağırlığına (g) ilişkin çeşit x gübre interaksyonuna ait ortalamalar

Çeşit/Gübre	NP33	Dinitroso	Ortalama
Çeşit-1252	82,33	80,67	81,50 A
Kızıltan-91	75,89	76,44	76,17 B
Ümran Hanım	72,00	72,56	72,28 C
Karma-2000	73,22	71,78	72,50 C
Ortalama	75,86	75,36	
LSD_(çeşit)	1,164		

*Aynı sütunda aynı harfle verilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir.

Çeşitlere göre hektolitre ağırlığı önemli farklılık göstermiş ve ortalama değerler Tablo 10'da verilmiştir. Tritikale çeşitlerinin hektolitre ağırlığı, makarnalık buğday çeşitlerine göre önemli seviyede daha düşük

bulunmuştur. En yüksek hektolitre ağırlığı 81,50 kg ile Çeşit-1252'de belirlenmiş ve bu çeşit ile diğerleri arasındaki farklılık önemli olmuştur. Tritikale çeşitleri istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır (Tablo 10).

Hektolitre ağırlığı; kabuk yüzeyinin azlığı ve un randımanı fazla olması ilişkili bir özelliktir Tritikale üzerinde yapılan çalışmalarda hektolitre ağırlığı; Akgün ve ark. [22] 67,2-73,8 kg, Çiftçi ve ark [60] 66,11-72,57 kg, Kızılgöçü ve Yıldırım [61] 73,13-79,50 kg, Mut ve Köse [42] 66,7-71,3 kg arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Hektolitre ağırlığının tritikalede buğdaydan düşük olduğu farklı araştırmacılar tarafından belirlenmiştir [62, 61]. Makarnalık buğdayda hektolitre ağırlığı Akgün ve ark. [22] 76,9 kg, Taghouti et al. [63] 78,77-81,66 kg, Türköz ve Mut [64] 73,7-77,0 kg arasında bulunmuşlardır. Denemede kullanılan çeşitlerin tam olum döneminde elde ettiğimiz hektolitre ağırlıkları diğer araştırmalar ile paralellik göstermektedir. Yine erken

hasat döneminde hektolitreye ağırlığının düşük olduğu Ozkaya et al. [17] tarafından yapılan çalışmada da belirlenmiştir. Araştırmacılar çiçeklenmeden sonra 3'er gün aralıklarla alınan makarnalık buğday örneklerinde (6 örnekleme zamanı) çeşitlere göre hektolitreye ağırlığı 46,6-82,8 kg arasında değişmiştir. Tohum olgunlaşmasına bağlı olarak hektolitreye ağırlığı artmıştır.

3.6. Tane Verimi

Araştırmada tane verimi üzerine çeşidin ve hasat zamanının etkisi önemli bulunmuştur ($P \leq 0,01$). Farklı tane olum dönemlerinde makarnalık buğday (Çeşit-1252 ve Kızıltan-91) ve tritikale (Ümran Hanım ve Karma-2000) çeşitlerinin tane verimi değişiklik gösterdiğinden çeşit \times hasat etkisi de istatistiksel olarak önemli olmuştur ($P \leq 0,01$; Tablo 10). Genel ortalamalara göre en düşük tane verimi 1. Hasat

döneminde ($173,05 \text{ kg da}^{-1}$), en yüksek değer ($287,47 \text{ kg da}^{-1}$) ise tam olum döneminde belirlenmiştir. Tüm olum dönemlerinde Ümran Hanım çeşidinden en düşük tane verimi elde edilmiştir (1. hasat $137,20 \text{ kg da}^{-1}$; 2. hasat $188,00 \text{ kg da}^{-1}$; 3. hasat $226,71 \text{ kg da}^{-1}$). Erken yapılan hasatlarda tane verimi yönünden makarnalık buğday çeşitleri ile Karma-2000 arasındaki fark önemli olmadığı halde, tam olum döneminde makarnalık buğday çeşitlerinde tane verimi, tritikale çeşitlerinden daha fazla bulunmuş ve bu farklılık istatistiksel olarak önemli olmuştur (Tablo 11). Tam olum döneminde en fazla tane verimi Çeşit-1252'de ($356,81 \text{ kg da}^{-1}$) belirlenmiştir. Araştırmada gübre \times hasat etkisi önemli olmamış, ancak firik amacıyla erken hasat dönemlerinde Çeşit-1252 ve Ümran Hanım çeşitlerinde NP33 uygulamasında, Kızıltan-91'de ise Dinitrosa uygulamasında daha yüksek değerler elde edilmiştir.

Tablo 11. Farklı dönemlerinde hasat edilen ve azotlu gübre uygulanan makarnalık buğday ve tritikale çeşitlerinin tane verimine (kg da^{-1}) ilişkin ortalamalar

Çeşit/Hasat zamanı	1. Hasat			2. Hasat			3. Hasat		
	NP33	Dinitroso	Ort.	NP33	Dinitroso	Ort.	NP33	Dinitroso	Ort.
Çeşit-1252	226,47	160,27	193,37 ^{a1}	272,88	228,72	250,80 ^a	369,03	344,59	356,81 ^a
Kızıltan-91	173,78	175,42	174,59 ^a	236,36	254,37	245,37 ^a	313,26	300,70	306,98 ^b
Ümran Hanım	137,37	137,04	137,20 ^b	192,96	183,05	188,00 ^b	206,31	247,12	226,71 ^d
Karma-2000	190,50	183,58	187,04 ^a	229,14	255,41	242,27 ^a	251,25	267,46	259,35 ^c
Ortalama	182,03	164,08	173,05^{C2}	232,84	230,39	231,61^B	284,96	289,97	287,47^A

CV(%):9,15; Çeşit (Ç) F değeri: 17,319 ^{**3}; Gübre (G) F değeri: 0,959; Hasat (H) F değeri: 176,150 ^{**}; ÇxG F değeri: 6,563 ^{*}; ÇxH F değeri: 7,241 ^{**}; GxH F değeri: 1,846; ÇxGxH F değeri: 1,276; **LSD_(hasat): 12,418; LSD_(çeşit x hasat): 24,836**

¹Aynı sütunda aynı harfle verilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir. ²Aynı satırda farklı harfle verilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ³*%5 düzeyinde önemli, ** %1 düzeyinde önemli

Tablo 11' de görüldüğü gibi, gübre çeşitlerinin etkisi önemsiz bulunmasına rağmen, çeşit \times gübre etkisi önemli bulunmuş ($P \leq 0,05$; Tablo 11) ve ortalamalar Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12. Makarnalık buğday ve tritikale çeşitlerinde tane verimine (kg/da) ilişkin çeşit \times gübre etkisine ait ortalamalar

Çeşit/Gübre	NP33	Dinitroso	Ortalama
Çeşit-1252	289,46 A ¹	244,53 A	266,99 A
Kızıltan-91	241,13 B	243,49 A	242,32 AB
Ümran Hanım	178,88 C	189,07 B	183,97 C
Karma-2000	223,63 B	235,48 A	229,56 B
Ortalama	233,28	228,14	230,71

LSD_(çeşit): 28,952; LSD_(çeşit x gübre): 24,172

¹Aynı sütunda aynı harfle verilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir.

NP33 gübre uygulamasında en yüksek tane verimi Çeşit-1252'den elde edilmiş ($289,46 \text{ kg/da}$), en düşük ise Ümran Hanım tritikale çeşidinde belirlenmiştir. Dinitroso gübre uygulamasında ise Çeşit-1252 ($244,53 \text{ kg da}^{-1}$), Kızıltan-91 ($243,49 \text{ kg da}^{-1}$) ve Karma-2000 ($235,48 \text{ kg da}^{-1}$) çeşitleri tane verimi yönünden istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Bu veriler Karma-2000 ve Kızıltan-91 çeşitlerinin yavaş salınımlı gübreden daha fazla yararlandıklarını göstermektedir. Çeşitlerin genel ortalaması incelendiğinde, makarnalık buğday çeşitlerinin tane verimi, tritikale çeşitlerinden daha fazla bulunmuştur (Tablo 12).

Yapılan çalışmalarda tritikalede tane verimi; Akgün ve ark [22] $229,5 - 357,1 \text{ kg da}^{-1}$, Geren ve ark [65] $157 - 539 \text{ kg da}^{-1}$, Tayyar ve Kahrıman [66] $277,9 - 367,1 \text{ kg da}^{-1}$, Mut ve Köse [42] $230,4 - 366,1 \text{ kg da}^{-1}$ arasında bulunmuştur. Makarnalık buğdayda ise tane veriminin Aydoğan ve ark. [67] $343,73 - 517,26 \text{ kg da}^{-1}$; Türköz ve Mut [64] $202,70 - 367,92 \text{ kg da}^{-1}$; Ulupınar [68] $294,60 - 396,90 \text{ kg da}^{-1}$; arasında değiştiği belirlenmiştir. Araştırmacılar hem tritikalede hem de makarnalık buğdayda tane verimi yönünden çeşitler arasında önemli farklılıkların olduğunu, ekolojik şartların ve kültürel uygulamaların tane verimini etkilediğini bildirmişlerdir. Tane verimi ile azotlu gübreleme arasında pozitif bir ilişkinin bulunduğunu belirlemiştir [54, 56]. Yapılan çalışmalarda çevresel koşulları ve gübre uygulamalarının tane verimi ve tanenin fiziksel özellikleri üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu bildirmişler [69, 70].

Tahıl çeşitlerinde genel olarak tane verimi ve protein içeriği arasında negatif korelasyon bulunmaktadır. Bu negatif korelasyon bir çok çalışmada ortaya konulmuştur [71, 72]. Nitekim benzer sonuçlar bu çalışmada da belirlenmiş, yüksek verimli Çeşit-1252 ve Kızıltan-91 çeşitlerinde protein oranı, tritikale çeşitlerinden daha düşük bulunmuştur (Tablo 3).

4. SONUÇ

Firik elde etmek amacıyla, hasatın doğru zamanını belirlemek kritik öneme sahiptir. Başaklar çok erken hasat edilip ve kavrulduğunda taneler çok küçülmekte, çok geç hasat edildiğinde ise firikin kendine özgü yeşil rengini ve lezzetini kaybetmektedir. Araştırmada, tanedeki su oranı, protein içeriği, bin tane ağırlığına, hektolitre ağırlığı ve tane verimi değerleri incelendiğinde, makarnalık buğday ve tritikalenin firik amacıyla kullanımında sert hamur olum döneminde (2. hasat) hasadının uygun olduğu belirlenmiştir. Yavaş salımlı gübre uygulaması tüm çeşitlerde protein oranı ve tanedeki mineral madde zenginliği ile ilişkili olan kül oranını arttırmış olmasına rağmen, bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı ve tane verimi üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur. Ancak tane veriminde çeşit x gübre interaksiyonunun önemli olduğu ve Çeşit-1252 hariç, araştırmada kullanılan diğer çeşitlerde Dinitroso uygulamasında daha fazla tane verimi elde edilmiştir. Bu sonuçlar yavaş salımlı gübrelerin bitki gelişmesinde etkin olduğunu göstermektedir.

Genel ortalama olarak tritikale çeşitlerinde, makarnalık buğdaya göre daha yüksek protein ve kül oranı elde edilmiştir. Bu nedenle tritikalenin erken hasat ile firik olarak insan beslenmesinde kullanılabileceği düşünülmektedir.

Teşekkür

2019 YL-0034 No'lu Proje ile bu çalışmayı maddi olarak destekleyen Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] Anonim 2019. Türkiye İstatistik Kurumu. <http://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>. (Erişim Tarihi: 26.10.2020).
- [2] USDA 2020. Grain and feed update https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Grain%20and%20Feed%20Update_Ankara_Turkey_01-30-2019. Erişim tarihi 21.10.2020.
- [3] Gregory RS. Commercial production of triticale. Span. 1975;18(2), 65-66.
- [4] Akgün İ, Kara B. Alternatif bir yembitkisi tritikale. S.D.U. Fen Bil. Enst. Dergisi. 2002;6(3): 68-75.
- [5] Kochetova A, Levitskii A, Federova T. Tritikale. Nutr. Abst. 1987;57(3), 936 p.124.
- [6] Raun WR, Johnson GV. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. Agronomy Journal. 1999;91:357-363.
- [7] Mukherjee A, Sinha I, Das R. Application of nanotechnology in agriculture: Future prospects. *Outstanding Young Chemical Engineers (OYCE) Conference*, March 13-14. 2015. DJ Sanghvi College of Engineering, Mumbai, India.
- [8] Vallega V. The quality of *Triticum monococcum* L. in perspective. Pages 129–146 in: Hulled

- Wheats. S. Padulosi, K. Hammer, and J. Heller, eds.1996. IPGRI Press, Rome, Italy.
- [9] Williams PC, El-Haremein FJ. Frekeh making in Syria. A Small but significant local industry. Rachis. 1985;3(2), 28-30
- [10] Fowler DB, Brydon J, Baker RJ. Nitrogen fertilization of no-till winter wheat and rye. II. Influence on Grain Protein. Agronomy Journal. 1989;81,72-77.
- [11] Yılmaz MF. Kahramanmaraş koşullarında II. ürün mısır bitkisinde (*Zea mays* L.) farklı sıra üzeri mesafeler ve azot dozlarının verim ve verim unsurları ile tohum kalitesine etkisi. Yüksek lisans tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü; 2005.
- [12] Elgün A, Ertugay Z, Certal, M, Kotancılar HG. Tahıl ve ürünlerinde analitik kalite kontrolü ve laboratuvar uygulama klavuzu. Atatürk Üniversitesi Yayın No: 867, Ziraat Fakültesi Yayın No: 335, Ders Kitapları Serisi No: 82. 1998;238s.
- [13] Carsanba E, Akca İ, Timur M. Examination of firik produced in hatay region in terms of nutritional aspect. GIDA the Journal of Food. 2017;42(6),726-730.
- [14] Hamit MA., Omari MAA. Study of automatization of frekeh industry in Jordan. Dirasat. 1986;13,31-50.
- [15] Musselman LJ, Mouslem AB. Frikeh, Roasted green wheat. Econ Bot. 2001;55(2),187–189.
- [16] Dick JW, Matsuo RR. Durum wheat and pasta products. In Y. Pomeranz (Ed.), *Wheat Chemistry and Technology*. St. Paul, MN: Am. Assoc. Cereal Chem. American Assoc. Cereal Chem. 1988;2, pp. 507-547.
- [17] Ozkaya B, Ozkaya H, Eren N, Unsal AS, Koksels H. Effects of wheat maturation stage and cooking method on physical and chemical properties of firiks. Food Chem. 1999;66(1), 97-102.
- [18] Al-Mahasneh M, Rababah T. Effect of moisture content on some physical properties of green wheat. Journal of Food Engineering. 2007;79,1467–1473, Jordan.
- [19] Durmaz AH. Yavaş ayrışan gübre ve yaprak gübresi uygulamasının ayçiçeği bitkisinin verim ve yağ kalitesi üzerine etkilerinin araştırılması. Yüksek lisans tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü; 2012.
- [20] Feil B., Fossati D. Mineral composition of triticale grains as related to grain yield and grain protein. Crop. Sci. 1995;35,1426-1431.
- [21] Atak M, Çiftçi CY. Bazı tritikale çeşit ve hatlarının morfolojik karakterizasyonu. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi. 2006;12 (1), 101-111.
- [22] Akgün İ, Kaya M, Altındal D. Isparta ekolojik koşullarında bazı tritikale hat/çeşitlerinin verim ve verim unsurlarının belirlenmesi. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 2007;20(2),171-182.
- [23] Haile D, Nigussie D, Ayana A. nitrogen use efficiency of bread wheat: effects of nitrogen rate

- and time of application. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2012;12(3), 389-410.
- [24] Akgün İ, Ulupınar Ü. The effect of nitrogen dosage applications on yield and quality in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*. 2019;7(2),72-81.
- [25] Guertel EA. Slow-release nitrogen fertilizers in vegetable production: A Review. *HortTechnology*. January–March 2009;19(1).
- [26] Richards JE, Daigle JY, LeBlanc P, Paulin R, Ghanem I. nitrogen availability and nitrate leaching from organomineral fertilizers, *Canadian Journal of Soil Science*. 1993;73(2), 197–208.
- [27] Tejada M, Benitez C., Gonzalez JL. Nitrogen mineralization in soil with conventional and organomineral fertlization practices, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2002;33(19/20), 3679–3702.
- [28] Blagoveshchenskaya GG, Burlakova LY, Zavalin AA, Ziyabkina GA, Merzlaya GE, Dyshko VI. Stability of agrocenoses during long-term use of organic and mineral fertilizers. *Russian Agricultural Sciences C/C Of Doklady-Rossiiskaia Akademiia Sel'skokhoziaistvennykh Nauk*. 2005;12: 14.
- [29] Tejada M, Benitez C, Gozalez JL. Effects of application of two organomineral fertilizers on nutrient leaching losses and wheat crop, *Agronomy Journal*. 2005;97, 960–967.
- [30] D'Edigio MG, Cecchini C. Immature wheat grains as functional foods. *Italian Food and Beverage Technology*. 1998;14: 34.
- [31] Humphries JM, Khachik F. distribution of lutein, zeaxanthin, and related geometrical isomers in fruit, vegetables, wheat, and pasta products. *J Agric Food Chem*. 2003;51(5), 1322-1327.
- [32] Bird AR, Mular M. Product analysis: Green wheat freekeh. *CSIRO Health Sciences and Nutrition, Product analysis report*. 2003;p. 4.
- [33] Aydın F, Koçak AN, Dağ A. Bazı buğday çeşitlerinin bulgur kalitesinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Makarnalık Buğday ve Mamulleri Sempozyumu*, 30 Kasım-3 Aralık 1993, Ankara, 310-315.
- [34] Budak H, Karaltın S. Bazı makarnalık buğday çeşitlerinin fiziksel ve kimyasal yöntemlerle kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Anadolu, J. of Aari*. 1998;8(2), 66-79.
- [35] Bulut S. Ekmeklik buğdayda kalite. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 2012;28:441-446.
- [36] Misra SC, Shinde S, Geerts S, Rao VS, Monneveux P. Can Carbon isotope discrimination and ash content predict grain yield and water use efficiency in wheat. *Agricultural Water Management*. 2010;97,57-65.
- [37] Garrido–Lestache E, Lopez–Bellido RJ, Lopez–Bellido L. Durum wheat quality under mediterranean conditions as affected by N rate, timing and splitting, N form and S fertilization. *European Journal of Agronomy*. 2005;23(3),265-278.
- [38] Menteş-Yılmaz Ö. Türkiye’de yetiştirilen başlıca buğday çeşitlerinin antioksidan aktivitelerinin ve fenolik asit dağılımlarının belirlenmesi ve ekmeğin nar kabuğu ekstratı ile zenginleştirilmesi. *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, 89 sayfa, Ankara; 2011.
- [39] Anonim 2016. Buğdayların özellik açısından karşılaştırılması. T.C Kastamonu Valiliği İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü. <https://kastamonu.tarim.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 10.9.2020).
- [40] Ünal SS. Buğdayda kalitenin önemi ve belirlenmesinde kullanılan yöntemler. *Hububat 2002. Hububat Ürünleri Teknolojisi Kongre ve Sergisi*. 3-4 Ekim 2002. Gaziantep, 2002;25-37.
- [41] Leon AE, Rubiolo A, Anon MC. Use of triticale flours in cookies: Quality Factors *Cereal Chem*. 1996;73(6),779-784.
- [42] Mut Z, Erbaş Köse ÖD. Tritikale Genotiplerinin tane verimi ve bazı kalite özellikleri. *Bozok Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*. 2018;33,47-57. doi: 10.7161/omuanajas.336108.
- [43] Haghayegh G, Schoenlechner R. Comparison of functional properties of isolated emmer and einkorn wheat starches. *J Food Agric Environ*. 2010;8, 239-243.
- [44] Yaraşır N. farklı dozlarda sıvı biyogaz atıklarının buğday (*Triticum aestivum* L.) bitkisinde verim ve kalite üzerine etkisi. *Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 75 sayfa, Aydın; 2018.
- [45] Ayoub M, Guertin S, Fregeau-Reid J, Smith DL. Nitrogen fertilizer effect on breadmaking quality of hard red spring wheat in eastern canada. *Crop. Sci*. 1994;34, 1346–1352.
- [46] Aksu T. Farklı azot ve çiftlik gübre dozlarının ekmeklik buğdayda verim, kalite ve antioksidan aktivitesi üzerine etkisi. *Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın; 2017*.
- [47] Dexter JE, Crowle WL, Matsuo RR, Kosmolak FG. Effect of nitrogen fertilization on the quality characteristics of five north american amber durum wheat cultivars. *Canadian Journal of Plant Science*. 1982;62, 901-912.
- [48] Akgün İ, Tosun M, Sağsöz S. Erzurum ekolojik koşullarında bazı tritikale hat ve çeşitlerinin verim ve verim unsurları üzerine bir araştırma. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 1997;28(1),103-119.
- [49] Kılıç H, Dönmez E, Yazar S, Şanal T, Altıkat A. Elazığ ve Malatya şartlarına uygun makarnalık buğday çeşitlerinin belirlenmesi. *Bitkisel Araştırma Dergisi*. 2007;2, 6-13.
- [50] Akgün İ, Kaya M, Altındal D. Isparta ekolojik koşullarında bazı tritikale hat/çeşitlerinin verim ve verim unsurlarının belirlenmesi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2008;20(2),171-182.
- [51] Lermi AG, Palta Ş. Batı Karadeniz ekolojisinde farklı tritikale (*Xtriticosecale* Wittmack)

- çeşitlerinin tohum verimi üzerine araştırma. Bartın Orman Fakültesi Dergisi. 2018;20 (2), 366-372.
- [52] Yılmaz HA, Dokuyucu T. Kahramanmaraş koşullarına uygun ve yüksek verimli makarnalık buğday çeşitlerinin saptanması. Tarla Bitkileri Kongresi, 25-29 Nisan 1994, İzmir, 1, 9-12.
- [53] Kendal E, Tekdal S, Aktaş H, Altıkat A, Karaman M, Baran İ. Diyarbakır ekolojik koşullarına uygun yabancı yazlık makarnalık buğday çeşitlerinin belirlenmesi. Türkiye VIII. Tarla Bitkileri Tarım Kongresi. 12-25/09.2011, Bursa. 242-245.
- [54] Ottman MJ, Doerge TA, Martin EC. Durum grain quality as affected by nitrogen fertilization near anthesis and irrigation during grain fill. *Agronomy Journal*. 2000;92.5: 1035-1041.
- [55] Acer S. Bazı makarnalık buğday çeşitlerinin verim ve kalite özellikleri üzerine farklı sulama zamanları ile azot dozlarının etkisi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü; 2004.
- [56] Çiftçi AE, Doğan R. Azotlu gübre dozlarının Gediz-75 ve Flamura-85 buğday çeşitlerinde verim ve kaliteye etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*. 2013;19(1), 1-11.
- [57] Guohua M, Tang L, Zhang F, Zhang J. Carbonhydrate storage and utilization during grain filling as regulated by nitrogen application in two wheat cultivars. *Journal of Plant Nutrition*. 2002;25(2), 213-229.
- [58] Özseven İ, Bayram EM. Marmara Bölgesinde dört ekmeçlik buğday (*Triticum aestivum* var. *aestivum* L.) çeşidinde değişik azot dozlarının verim ve verim unsurlarına etkilerinin araştırılması. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*. 2005;14, 1-2.
- [59] Altuntaş A, Akgün İ. Uşak koşullarında Kızıltan-91 buğday çeşidi üzerinde farklı azot dozu ve sıvı gübre uygulamalarının verim ve verim unsurlarına etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 2016;20(3), 496-503.
- [60] Çiftçi AE, Kınabaş S, Yelbey S, Yağdı K. Bazı tritikale hatlarının kalite özellikleri ve ekmeç yapımında kullanılma olanaklarının araştırılması. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2010;24(2), 93-102.
- [61] Kızılgeçi F, Yıldırım M. Bazı tritikale (*X Triticosecale* Wittmack) genotiplerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Turk J Agric Res*. 2017;4(1), 43-49.
- [62] Tosun M, Akgün İ, Sağsöz S, Taşpınar M. Yazlık ekilen tritikale genotiplerinde verim ve verim öğelerinin belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2000;31 (1), 1-10.
- [63] Taghouti M, Gaboun F, Nsarellah N, Rhrib R, El-Haila M, Kamar M, et al. Genotype x environment interaction for quality traits in durum wheat cultivars adapted to different environments. *African Journal of Biotechnology*. 2010;9(21), 3054-3062.
- [64] Türköz M, Mut Z. Konya ekolojisinde bazı makarnalık buğday genotiplerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*. 2017;31(2),27-36.
- [65] Geren H, Soya H, Ünsal R, Kavut YT, Sevim İ, Avcıoğlu R. Investigations on the grain yield and other yield characteristics of some triticale cultivars grown under Menemen conditions. *J. Agric. Fac. Ege Univ*. 2012;49(2), 195- 200.
- [66] Tayyar Ş, Kahrıman F. Biga şartlarında yetiştirilen tritikale genotiplerinin verim ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2016;13(2), 23-31.
- [67] Aydoğan S, Göçmen Akçacık A, Şahin M, Demir B, Önmez H, Türköz M, et al. Bazı makarnalık buğday çeşitlerinin kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*. 2012;21 (1), 1-7.
- [68] Ulupınar Ü. Isparta koşullarında makarnalık buğday (*Triticum durum* Desf.) çeşitlerinin adaptasyonu ve farklı azot dozu uygulamalarının verim unsurlarına etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü; 2017.
- [69] Bouacha OD, Nouaigui S, Rezgui S. Effects of N and K fertilizers on durum wheat quality in different environments. *Journal of Cereal Science*. 2014;59(1), 9-14.
- [70] Kaya Y, Akçura M. Effects of genotype and environment on grain yield and quality traits in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Food Sci. Technol. Campinas*. 2014;34, 386-393.
- [71] Fowler DB. Crop nitrogen demand and grain protein concentration of spring and winter wheat. *Agronomy Journal*. 2003;95, 260-265.
- [72] Guarda G, Padovan S, Delogu G. Grain yield, nitrogen-use efficiency and baking quality of old and modern Italian bread-wheat cultivars grown at different nitrogen levels. *Europ. J. Agronomy*. 2004;21, 181-192.



Türk Doğa ve Fen Dergisi

Turkish Journal of Nature and Science

www.dergipark.gov.tr/tdfd



Mimari Ölçütler Bakımından Bir Teknokent Binasının Değerlendirilmesi: İkizler Yazılımevi, ODTÜ-Teknokent

Hale DEMİR KAYAN^{1*}, Ayhan BEKLEYEN¹

¹ Dicle Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Diyarbakır, Türkiye

Hale DEMİR KAYAN 0000-0002-3796-2567

Ayhan BEKLEYEN 0000-0003-0020-5877

* Sorumlu yazar: haledemir@dicle.edu.tr

(Alınış: 02.02.2021, Kabul: 15.06.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Anahtar Kelimeler

Teknokent,
Teknopark,
Kullanım Sonrası
Değerlendirme,
Mimari Tasarım
Kriterleri, ODTÜ
Teknokent

Öz: Türkiye'nin silikon vadileri olan teknokentler, yeni fikirlerin üretildiği teknoloji geliştirme alanlarıdır. Bu alanlardaki teknokent binaları ise araştırma merkezi ve ofis binalarının modern bir birleşimidir. Bu çalışma Türkiye'nin ilk teknokent binası olan İkizler Yazılımevi'ne odaklanmaktadır. İkizler Yazılımevi'nin çeşitli mimari parametrelere göre kullanıcı odaklı performansının belirlenmesi bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Çalışmaya özgü çevre, tasarım, konfor, mimari yüzeyler, hizmetler, teknik altyapı, olanaklar ve sosyal donatı başlıklarından oluşan çeşitli parametrelerdeki soruları kapsayan bir anket formu hazırlanmıştır. Anket formu, bu binayı kullanan 60 çalışana uygulanmıştır. Toplanan veriler SPSS istatistik programı ile analiz edilerek sıklık değerleri bulunmuş ve ayrıca memnuniyet endeksleri saptanmıştır. Bina'nın çevresi, tasarımı (bina ve ofisler), konforu, mimari yüzeyleri, hizmetleri, olanaklarına yönelik çalışanların memnuniyet değerlerinin, memnuniyet eşik değerinin üstünde olduğu bulunmuştur. Ancak teknik altyapı ve sosyal donatılar bakımından (merkezi soğutma sisteminin bulunmaması, yüksek hızda olmayan bilgi transferi olanakları, küçük kat mutfağı, kısmi elektrik ve su kesintisine karşı önlemler) bu binaya yönelik çalışan memnuniyet değerlerinin, bu eşik değerinin altında olduğu belirlenmiştir. İkizler Yazılımevi'nin memnuniyetsizliğe neden olan bazı eksiklikleri bünyesinde barındırmasına karşın, toplam memnuniyet değeri bakımından çalışanları tarafından beğenildiği belirlenmiştir. Bu sonuçlar, gelecekte üretilecek benzer bina uygulamalarında tasarımcılara katkıda bulunabilecek potansiyele sahiptir.

Evaluation of a Technocity Building in Terms of Architectural Criteria: Twins Software House, METU-Technocity

Keywords

Technocity,
Technopark,
Post-Occupancy
Evaluation,
Architectural
Design Criteria,
METU
Technocity

Abstract: Techno-cities, Turkey's silicon valleys, are the technology development areas in which new ideas are produced. Techno-city buildings in these areas are modern combinations of research centers and office buildings. This study focuses on Turkey's first techno-city building, Twins Software House. The purpose of this study is to determine the user-oriented performance of Twins Software House according to various architectural parameters. A questionnaire has been prepared targeting to focus on various parameters such as environment, design, comfort, architectural surfaces, services, technical infrastructure, facilities, and social facilities. The questionnaire was administered to 60 employees working in this building, the collected data were analyzed using the SPSS statistical program, and the frequency values were calculated. In addition, satisfaction indexes were determined. The results have indicated that the satisfaction values of the employees regarding the environment, design (building and offices), comfort, architectural surfaces, services and facilities of the building are above the satisfaction threshold. However, it has been determined that the employee satisfaction values for this building regarding technical infrastructure and social facilities (lack of central cooling system, non-high-speed information transfer possibilities, small floor kitchen, measures against partial power and water cuts) are below the satisfaction threshold. Although some features of the Twins Software House were rated negatively, it is appreciated by the employees in terms of total satisfaction value. The results have the potential to contribute to designers in similar building applications to be produced in the future.

1. GİRİŞ

Teknoloji geliştirme bölgeleri olan teknokentler, bütün dünyada olduğu gibi ulusal ve uluslararası düzeydeki araştırmalara ev sahipliği yapan, üniversite ve sanayi arasındaki yüksek işbirliğine ortam hazırlayan ar-ge (araştırma ve geliştirme) merkezleridir [1]. Araştırma merkezi ve ofis binalarının modern bir birleşimi olan teknokent binaları, bilginin kontrollü bir çevrede doğması ve güvende tutulması için üretilmiştir [2]. Amerika Birleşik Devletleri'nde bu anlamda üretilen ilk teknoloji merkezi, 1942 yılında AT&T şirketinin Bell Laboratuvarları ile başlamış ve benzer teknoloji merkezleri büyük şirketler tarafından (General Motor, General Electric ve General Life Insurance) 1950'lerde üretilmeye devam etmiştir. 1951'de kurulan Stanford Endüstri Parkı (Stanford Araştırma Parkı) ile üniversite arazisinin bir kısmını kiralayan ileri teknoloji şirketlerinin oluşturduğu Silikon Vadisi, ileride ilham alınan teknokentlerin öncüsü olacaktır [3,4]. Üretilen teknokentlerin sayısı 1970 ve 80'lerde Avrupa'da, 1990'larda Amerika, Asya ve Avustralya'da oldukça artmıştır [5].

Endüstri ve bilime odaklanan teknokent ya da teknoparkların ortak özelliği, doğa ile olan bağlantılarına dikkat çekmek için endüstri parkı, araştırma parkı ya da teknoloji parkı gibi çeşitli isimler almaları olmuştur [6,7]. Bu parklar, Mazingo [8] tarafından tanımlandığı gibi şirketlerin yönetim yapılarının yeniden algılandığı, şehir merkezlerinden uzak ve düşük yoğunluklu, otomobile bağımlı yeni ve pastoral çevreler yaratılmasına katkıda bulunmuştur. Bu alanlar özellikle ortak kullanım alanlarıyla çalışanların sosyalleşmesine katkıda bulunan yatay gökdelenler olarak tasarlanmıştır [9]. Böylece çeşitli sosyal alanlarıyla çalışanların bir arada olabilecekleri ve şehirlerdeki örneklerinde olduğu gibi çeşitli ihtiyaçların içinde karşılandığı yeni çalışma alanları yaratılmıştır [10,11].

Türkiye'de teknokent kavramı 1990 yılında ortaya atılmış [12], 2000 yılından sonra ise mekânsal olarak biçimlenmeye başlamıştır [13]. Ülkemizdeki teknokentler üniversite kampüslerinde ve büyük şehirlerin dış mahallelerinde konumlanmıştır. Ayrıca ülke kaynaklarının değerli bir ürünü olarak güçlü bir biçimde devlet tarafından desteklenen ve finanse edilen bu alanların gelişimi hızla artmıştır. Özellikle 1980'lerin başında Avrupa Birliği Çerçeve Programı ve Bayd-Dole Yasası, üniversitelerle firmalar arasındaki Ar-Ge'ye yönelik işbirliğini artırmıştır. Fikri mülkiyet hakkını da önemseyen bu girişimler, 2001 yılında Türkiye tarafından da kabul edilmiştir. Böylece 2012 yılına kadar Türkiye'de 45 teknoloji geliştirme bölgesi (teknokent) kurulmuştur [14]. Günümüzde (2021) ise ülkemizde bir kısmı yeni kurulan toplam 87 teknokent bulunmaktadır [15].

Teknokentlerin iç ve dış çevre koşulları, yenilikçi fikirlerin ve teknolojinin üretildiği bu ortamları oldukça önemli çevreler hale getirmektedir [2]. Çünkü bu koşullar çalışanların iş verimleri üzerinde oldukça önemli bir yere sahiptir [16]. Ayrıca bu yapıları çevreler,

çalışanların hayatlarının büyük bir kısmını içinde geçirdikleri alanlardır. Çalışanların içinde buldukları mekânsal koşullara yönelik tutumları ise teknokentlerin iç ve dış mekânsal kalitelerinin birer göstergeleridir. Teknokentlerdeki çalışanların memnuniyet seviyeleri ise açık ve kapalı bu çevrelerin performanslarını gösteren temel belirleyicilerdir [17,18,19, 20].

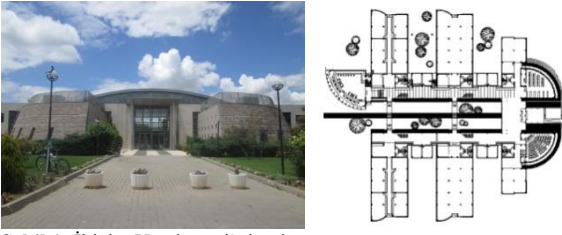
Çalışanların memnuniyet seviyeleri üzerinden değerlendirilen teknokent binaları ve çevreleri hakkındaki çalışmaların sayısı, ülkemizde oldukça sınırlıdır [21-24]. Cırıkçı'nın [25] teknokentlerin çevresel özelliklerine ilişkin araştırması bu alandaki ilk çalışmalardan biridir. Teknokent mimarisine ilgili ülkemizdeki ilk çalışmalar, Demir'in [21, 22] kullanıcı memnuniyeti ile ilgili iki önemli araştırmasından oluşmaktadır. Bu araştırmalardan ilki 2010'a kadar üretilen, ikincisi ise 2000-2015 yılları arasında üretilen teknokent binalarının kullanım sonrası değerlendirmelerini kapsamaktadır.

Bu çalışma ise ülkemizde üretilen ilk teknopark binası olan ODTÜ Teknokent yerleşkesindeki İkizler Yazılımevi ve çevresini örneklem olarak almakta ve bu binanın kullanıcı odaklı performansına odaklanmaktadır. Teknoloji odaklı bu binanın ve çalışma alanlarının çevre, tasarım, konfor, mimari yüzeyler, hizmetler, teknik altyapı, olanaklar ve sosyal donatılar gibi çeşitli özelliklerine yönelik performanslarının çalışanların öznel değerlendirmeleri ile belirlenmesi bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Kullanım sonrası bir değerlendirme ile İkizler Yazılımevi'nin mimari özelliklerine yönelik belirlenen kullanıcı memnuniyet seviyeleri örneği üzerinden elde edilen sonuçların, gelecekte üretilecek benzer binaların mimarisine katkıda bulunması bu çalışmanın temel hedefleri arasındadır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Bina Tanıtımı

Ankara'da ODTÜ Yerleşkesindeki Teknokent alanı içinde 14300 m² arsa alanına ve 7800 m² kapalı alana sahip olan İkizler Yazılımevi, 2000 ile 2003 yılları arasında üretilmiştir (Şekil 1). İkizler Yazılımevi'nin tasarımcısı olan Mimar Dr. Semra Teber Yener'in bu özel tasarımına yönelik görüşleri aşağıda açıklanmıştır. "İkizler Yazılımevi, ODTÜ-Teknokent'in ilk binasıdır. Lineer mekânsal çözüm, "doğal aydınlanma" ve "doğaya/yeşile yakınlığı" vurgulamaktadır. Şeffaf dolaşım akslarının ortasında yer alan İç Bahçe (Zen Bahçesi) dolaşım alanına 'meditatif' bir karakter kazandırmakta; "dolaşım eylemi" "düşünsel eylemin" bir parçası olmakta ve dolaşım mekânı da "kayıp alan" olma yerine "kazanılan alan" olmaktadır. Yapı, her yönü ile içinde yer alan "tasarım" eylemine yönelik olarak biçimlenmiştir [26]."



Sekil 1. İkiizler Yazılımevi'nin plan ve görünüşü

Girişin iki yanındaki taş kaplamalı çeyrek daire biçimindeki iki(z) kütle, bu binaya ismini vermektedir. Binanın orta ekseninin iki yanındaki mekânsal planlama, yaklaşık olarak birbirinin tekrarıdır. Galeri boşluklarının bulunduğu binada içteki bazı duvarlar düşey yönde eğimlidir. Metal konstrüksiyon, taş malzeme, cam ve doğal ahşap yüzeyler dikkat çekicidir. Ofisler dışında binada bir konferans salonu, restoran ve kafeterya bulunmaktadır.

2.2. Metot

ODTÜ-Teknokent İkiizler Yazılımevi'nin tasarım özelliklerinin kullanıcı memnuniyeti bakımından incelendiği bu çalışmada, kullanım sonrası değerlendirme yöntemi kullanılmıştır. İlgili literatür taraması, belgeleme, yerinde yapılan gözlem, anket ve yüz yüze görüşmeler kullanım sonrası değerlendirmelerin çeşitli ayrıntılarını oluşturmaktadır. Bu binanın ayrıcalıklı yönlerinin (çevre, tasarım, konfor, mimari yüzeyler, teknik alt yapı, sunulan hizmetler, olanaklar ve sosyal donatılar) belirlenmesi için Likert tutum ölçeğine göre düzenlenen sorulardan oluşan bir anket formu hazırlanmıştır. Anket formu için Etik Kurul İzni (Dicle Üniversitesi, Karar Tarihi: 09.11.2015 ve Karar No: 2015/03) alınmıştır. 60 çalışanla yapılan anket uygulamaları ve görüşmelerle İkiizler Yazılımevi'nin olumlu ya da olumsuz özellikleri sorgulanmıştır. Toplanan veri, kodlanarak SPSS İstatistik Veri Analizi Programı'na aktarılmıştır. Çeşitli parametrelerdeki kullanıcı değerlendirmelerine yönelik memnuniyet seviyelerinin sıklık değerleri bulunmuştur. Kullanıcı memnuniyet seviyelerine ilişkin cevapların değerlendirilmesi için aşağıdaki Dominowski'nin [27] aşağıdaki memnuniyet endeksi formülü kullanılmıştır.

$$\text{Memnuniyet Endeksi } (I) = \frac{\sum_{i=1}^5 (a_i)(x_i)}{5 \sum_{i=1}^5 x_i} \times 100\% \quad (1)$$

Memnuniyet endeksi için a_i memnuniyet seviyesi seçeneğini, x_i ise frekansı temsil eden değişkenlerdir. Sabit değer olan i ise verilen cevaplara göre 1 (fikrim yok), 2 (kesinlikle katılmıyorum), 3 (katılmıyorum), 4 (katılıyorum), 5 (kesinlikle katılıyorum) sabit değerlerini almaktadır. Hassanain, Mathar ve Aker'in [27] çalışmalarına paralel olarak bu çalışmada memnuniyet endeksi için eşik değeri %70 olarak kabul edilmiştir. %85'in üzerinde olan değerler "çok olumlu (++)", %70,1 ile %85 arasındaki değerler "olumlu (+)", %55,1 ile %70 arasındaki değerler "olumsuz (-)" ve %55'in altındaki değerler ise "çok olumsuz (--)" olarak değerlendirilmiştir. Kısaca, memnuniyet endeksi %70'in

üzerinde olan değerlere sahip çeşitli parametrelerdeki memnuniyet endeksi değerleri başarılı bir performansın göstergeleri olarak değerlendirilmiştir.

3. BULGULAR

İkiizler Yazılımevi'ndeki çalışanların özellikleri ile çeşitli parametreler kapsamındaki kullanıcı değerlendirmelerine ilişkin bulgular aşağıda sunulmaktadır.

3.1. Kullanıcı Özellikleri

Çalışanlar, firma sahibi ya da yöneticilerinden (%32) ve firma personelinden (%68) oluşmaktadır. Yöneticilerin teknoparkı tercih etmelerinin temel nedeni, vergi muafiyetidir (%47). Prestij (%21), üniversite ile sanayi işbirliği (%16) gibi beklentiler çalışanların burayı tercih etmelerinin diğer nedenleridir. Anket uygulamasına rastgele katılan çalışanların %12'si kadınlardan, %88'i ise erkeklerden oluşmaktadır. Genç nüfusun yoğunlukta olduğu çalışanların yaklaşık yarısının (%47) 20 ile 29 yaş aralığında olduğu bulunmuştur. Büyük bir çoğunluğunu mühendislerin (%65) oluşturduğu çalışanların en yüksek oranını bilgisayar mühendisleri (%32), onları da elektrik-elektronik ve yazılım mühendisleri takip etmektedir. En yaygın sektör olarak bilişim (%65) ön plandadır. Ankete katılan kullanıcıların çoğunun (%71) bir yıl ile on yıl ya da daha fazla bu binada çalıştığı ve çalışma saatlerinin daha çok 09:00-18:00 saatleri arasında (%43) olduğu belirlenmiştir. Çalışanların çoğunlukla (%60) ulaşım aracı olarak özel araçlarını kullanmayı tercih ettikleri ve işlerine 15-30 dakika arasında ulaştıkları (%42) bulunmuştur.

3.2. Çevre Özellikleri

Çalışanların çoğunun binanın konumundan (Şekil 2) yüksek düzeyde (%86) memnun olduğu belirlenmiştir (Tablo 1). Bunun temel nedeni, İkiizler Yazılımevi'nin bir üniversite yerleşkesinde bulunmasına bağlanabilir. Çünkü firma çalışanları ihtiyaç duydukları öğretim elemanı desteği, laboratuvar ve kütüphane gibi üniversitenin sunduğu diğer olanaklara yakın olmanın avantajlarından faydalanmaktadır. Bina konumunun ana ulaşım ağına yakın olmasına karşın, yeterli sıklıkta olmayan toplu taşımanın kolay bir ulaşım için sorun oluşturduğu belirlenmiştir. Ancak bina yönetiminin sağladığı servis hizmetleri ve çalışanların çoğunun işlerine özel araçlarıyla ulaşmaları bu sorunun kısmen de olsa giderilmesine katkı sağlamaktadır. Bu nedenle memnuniyet endeksi sınır değerinde (%70) kalmıştır (Tablo 1).



Şekil 2. İkizler Yazılımevi'nin Eskişehir yolu üzerindeki ve ODTÜ Kampüsündeki konumu (a: Teknokkent Arşivi, b,c:Google Earth)

Boyutları bakımından bina yakın çevresinin (Şekil 3) çalışanların çoğunun (%83) gereksinimlerini karşıladığı, özellikle peyzaj düzenlemelerinin (%88,00) ve temiz havasının (%87) onlar tarafından oldukça beğenildiği saptanmıştır (Tablo 1).



Şekil 3. İkizler Yazılımevi'nin peyzajı (Demir 2016)

Kampüs alanındaki yeşil dokunun (ormanlık alan) görsel avantajlarına sahip olan bina çevresi, tasarlanan iç bahçe ve havuz gibi ayırt edici özellikleri ile kullanıcı memnuniyet seviyesinin yüksek olmasına katkı sağlamaktadır. Çalışanların çoğu (%72) Yazılımevi ile çevredeki diğer binaların özgün dış cephelerinin uyumlu ve iyi bir çevre aydınlatmasına sahip olduğu konusunda birleşmektedir. Ayrıca yakın çevreyi dış çevreden ayıran yoğun bitki bariyeri dışında herhangi bir güvenlik bariyerinin bulunmaması memnuniyet seviyesinin sınır değerinde (%70) kalmasına (ne beğenilen ne de beğenilmeyen) katkıda bulunmuştur. Çevre aydınlatmasına yönelik kullanıcı memnuniyeti (%72), özellikle güvenlik bakımından olumlu algılara neden olmaktadır. Ayrıca ulaşımını çoğunlukla özel araçlarıyla sağlayan çalışanlar için yeterli otopark alanının bulunmaması, kullanıcı memnuniyet seviyesini (%61) azaltan önemli bir problem olarak belirlenmiştir. Çevresel özellikleri bakımından bu bina, çalışanları tarafından beğenilse de (%77) otopark alanı yetersizliği gibi bazı eksiklikleri bünyesinde barındırmaktadır (Tablo 1).

Tablo 1. Çevre Özelliklerinden Memnuniyet

ÇEVRE	Memnuniyet Endeksi %	Memnuniyet Sembolü
Arsa Konumu	86,33	++
Ulaşım Kolaylığı	70,00	-
Yeterli Otopark	61,33	-
Çevre Aydınlatması	72,00	+
Arsa Boyutu	83,33	+
Çevre Bariyeri	70,00	-
Peyzaj	88,00	++
Hava Kalitesi	86,66	++
Çevre Binalara Uyum	72,33	+
Ortalama	76,66	+

3.3. Bina Tasarım Özellikleri

İkizler Yazılımevi'nin belirgin bir dış görüntüye sahip olması, yer algısının da (%78) güçlü olmasına katkı sağlamaktadır. Binanın üniversite yerleşkesi içinde kolay bulunması, uygun konumlardaki uyarı ve yönlendirme işaretlerine de (%75) bağlanabilir. İkizler Yazılımevi'nin peyzajı, iç mekânlara bol miktarda doğal ışık sağlayan iç bahçeli özgün tasarım kurgusu (Şekil 4) ile çalışanları tarafından beğenilmektedir (%84). Hem az katlı olmasının avantajları nedeniyle bina yüksekliğinin (%90) hem de teknopark mimarisine uygun bulunan bina formunun (%82), dolayısıyla bina estetiğinin (%80) (Şekil 5) çalışanlar tarafından beğenildiği saptanmıştır (Tablo 2).



Şekil 4. Tasarım Kurgusu (Demir 2016)

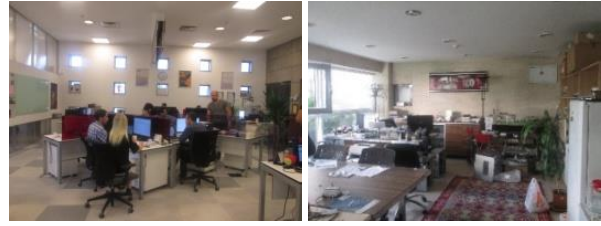


Şekil 5. Dış Görünüm (Demir 2016)

Bina girişinin özellikle vurgulandığı estetik yapı, güçlü bir giriş algısına da katkı sağlamaktadır (%77). Kullanıcılar yemek ihtiyacından, ısınma-soğutmaya, mekânsal konfordan temizliğe binanın gereksinimlerini karşıladığı görüşündedir (%76). Çalışanlar, binanın güneşe göre konumunu (%76) (Şekil 6) hem güneş ışınlarından yararlanma hem de korunma bakımından başarılı bulmaktadır (Tablo 2).

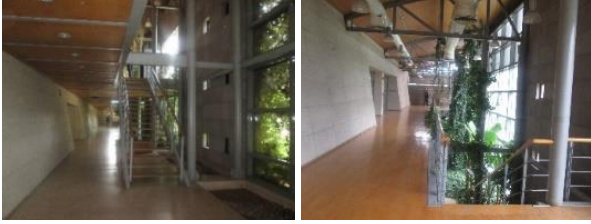


Şekil 6. Güneşe Göre Konum (Demir 2016)



Şekil 9. Ofis Görünümü (Demir 2016)

Çalışanların çoğu metal ve ahşap yüzeylere sahip galeri boşlukları ile bütünleşen yatay (koridor) (%84) ve dikey (merdivenler) (%73) dolaşım alanlarından (Şekil 7) memnun olduğu bulunmuştur (Tablo 2).



Şekil 7. Merdiven ve Koridor (Demir 2016)

Galeri boşluğu boyunca uzanan koridorlar, iç bahçeye baktıkları için büyük cam yüzeylerden bol miktarda ışık alabilmektedir. Ancak acil bir durumda oldukça önemli olan yangın merdivenlerinin gemici merdiveni olarak (Şekil 8) tasarlanması, kullanıcı memnuniyetini oldukça düşürmüştür (%59) (Tablo 2).



Şekil 8. Metal Yangın Merdiveni (Demir 2016)

Sadece bir yük asansörünün bulunduğu bina asansör sayısı ve niteliği bakımından kullanıcı gereksinimleri bakımından yetersiz bulunmaktadır (%58). Bu sorun, katlar arasındaki erişilebilirlik ölçütlerine uygun olmadığı için çalışanlar için memnuniyetsizliğin kaynağı olmuştur (%66) (Tablo 2).

Çalışma mekânları olan ofislere yönelik kullanıcı değerlendirmeleri ise takip eden kısımlarda açıklanmıştır. Aynı katlardaki bina içi erişilebilirlik (ofislere kolay ulaşım, karmaşık olmayan koridorlar), çalışanların çoğu (%75) tarafından olumlu karşılanmaktadır. Tüm ofisler firmalara kaba inşaat hali ile teslim edildiği için iç mekân tasarımı, kiracıların istek ve ihtiyaçlarına uygun olarak üretilmiştir (Şekil 9). Bu nedenle memnuniyet seviyesi (%73) düşük değildir (Tablo 2).

Kiralar, ofislerin büyüklüğüne (m²) göre değiştiği için mekânsal kayıp alan olasılığı oldukça azdır. Çoğu (%79) dörtgen formlu olan ofisler, mekânsal kullanımları bakımından beğenilmektedir (%75). Ofis mekânlarının yüksekliğinin çalışanlar üzerinde ferahlık hissi uyandırdığı (%80) ve çalışma verimini olumlu yönde etkilediği (%70) belirlenmiştir. Ofislerdeki çalışma alanı mimarisinin renkleri, yüzey kaplamaları, dokusu ve aydınlatmasının kullanıcıların memnuniyetini (%74) arttırdığı bulunmuştur. Büyük açıklıklı pencerelerin memnuniyeti artırdığı da (%75) keşfedilmiştir. Donatı yerleşimine olanak sağlayan (%75) ve doğal ışık miktarı ile mekânın kullanımı üzerinde etkili olan çalışma alanlarının en/boy oranlarının (%76), kullanıcıların çoğu tarafından beğenildiği belirlenmiştir (Şekil 10) (Tablo 2).



Şekil 10. Ofis en/boy Oranı (Demir 2016)

İkizler Yazılımevi'nin ofislerini kullanan çalışanlar, çalışma ortamlarının sessiz olduğu (%71) ve bunun çalışma verimlerini olumlu yönde etkilediği düşüncesindedir (%73). İkizler Yazılımevi'ndeki ofisler, mahremiyeti en önde tutan geleneksel ofis düzeninin tersine ağırlıklı olarak açık ofis düzenindedir. Açık ofis düzenlerinde iş akışı için mimari düzen ile ofis iç iletişiminin desteklenmesi, çalışma verimini artırması bakımından oldukça önemlidir. Çalışanlar, çalışma düzenlerinin ofis iç iletişimlerini desteklediği (%80) görüşündedir. Ofis iç ortamlarından memnun olan (%77) çalışanların çoğu, donatılardan (eşyalardan) (%77), onların mekân içindeki yerleşimlerinden (%75) ve donatıların yerlerinin değiştirilebilir olmasından da (esnek eşya konumlandırma) memnundur (%73). Özellikle yeşil alana odaklı çalışma alanlarındaki çalışanlar ofislerinin manzarasından (%75) ve güneşe yönelmesinden (%72) memnundur. Çalışanların ofislerinin büyüklüğü (%69) ve bu büyüklüğün çalışan sayısına oranı (%68) konusundaki memnuniyet değerleri sınır değerinin altında kalmıştır. Açık ofis sisteminde çalışanların mahremiyetinin tam olarak sağlanması, iş veriminin artışı ile doğrudan ilişkilidir. Ofislerdeki mahremiyet önlemleri de masalar arasında doğru konumlandırılan ara panellerle sağlanmaktadır. Çalışanların bu konudaki görsel mahremiyete yönelik memnuniyet seviyesi (%67) sınır değerinin altında bulunmuştur. İşitsel mahremiyet bakımından da bazı önlemler almak psikolojik ve fizyolojik bakımdan iş

verimi için oldukça önemlidir. İşitsel mahremiyet bakımından da ofis ortamlarındaki konuşma seslerinin çalışanları rahatsız ettiği bulunmuştur. Ofis içi işitsel mahremiyet bakımından memnuniyet değeri (%59) sınır değerinin altındadır (Tablo 2). Teknopark binalarında özellikle mekânsal esneklik, değiştirilebilir alternatif kullanımlara olanak hazırlamaktadır. Mekânın büyütebilir ya da küçültülebilir özelliklere sahip olması daha uygun boyutlardaki çalışma alanlarının oluşturulmasını mümkün kılmaktadır. İkizler Yazılımevi'ndeki ofislerin değiştirilebilir özellikler sergileme potansiyeli, sınır değerinin altında (%60) bulunmuştur.

Tablo 2. Tasarım Özelliklerinden Memnuniyet

TASARIM	Memnuniyet Endeksi %	Memnuniyet Sembolü
Uyarı ve Yönlendirme İşaretleri	74,66	+
Yer Algısı (Bina)	77,66	+
Bina Girişi Algısı	77,33	+
Bina Tasarım Kurgusu	84,00	+
Bina Yüksekliği	90,00	++
Bina Estetiği	80,00	+
Bina Formu	82,00	+
Bina-Engelli İlişkisi	66,00	-
Binanın Güneşe Göre Konumu	75,66	+
Gereksinimleri Karşılama	76,33	+
Merdivenler	73,33	+
Asansörler	57,66	-
Koridorlar	84,00	+
Yangın Merdivenine Erişim	59,00	-
Bina Ortalaması	75,54	+
Bina İçi Erişebilirlik	74,66	+
Ofis İç (mekân) Tasarımı	73,33	+
Ofis Büyüklüğü	68,66	-
Ofisin En/Boy Oranı	75,66	+
Mekân Yüksekliği	80,33	+
Çalışma Alanı İç Mimarisi	74,33	+
Pencere Büyüklüğü	75,00	+
Sessiz Çalışma Ortamı	71,33	+
Ofis Büyüklüğü-Çalışan Sayısı	68,33	-
Ofis Mekânsal Kullanımı	75,33	+
Ofis Formu	79,00	+
Ortam-Çalışma Verimi	73,33	+
Ofis-İç İletişim	80,00	+
Esnek Tasarım	60,33	-
Esnek Donatı Konumlandırma	73,33	+
İç Ortam	77,33	+
Donatı Yerleşimleri	74,66	+
Donatılar	77,00	+
Görsel Mahremiyet	67,00	-
İşitsel Mahremiyet	59,33	-
Manzara	75,00	+
Ofisin Güneşe Göre Konumu	72,00	+
Ofis Ortalaması	72,96	+
Bina – Ofis Ortalaması	74,25	+

Sonuç olarak İkizler Yazılımevi'nin bina (%76) ve ofislerinin (%73) tasarım özelliklerinden çalışanların memnun olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında İkizler Yazılımevi'nde normal asansörün olmaması, engelliler için bazı eksikliklerin bulunması ve standart dışı yangın merdiveni gibi bazı sorunları bünyesinde saklamaktadır (Tablo 2). Ofisler ise çalışan sayısına göre büyüklükleri, mekânsal esnekliği, görsel ve işitsel mahremiyet önlemleri bakımından bazı olumsuz özelliklere sahiptir (Tablo 2).

3.4. Konfora Yönelik Özellikler

Çalışanları, Yazılımevi binasını konforlu (%77) bulmaktadır. İşverenlerin çalışanlara sunduğu hizmetler de (servis, yemek, esnek çalışma saatleri) bu memnuniyet seviyesini arttırmaktadır. Ofis ortamının rahat bir çalışma alanı olarak değerlendirilmesi (82,00), çalışanların psikolojisinin olumlu bir göstergesidir. Mekânın olumlu algısal özellikleri (ışık seviyesi, pencere yüzeyi, mekân derinliği gibi) buna katkı sağlamaktadır. Çalışanların doğal aydınlatmadan memnuniyetleri (%77) yeterli cam yüzey alanına bağlanabilir. Ayrıca 4x18 kare floresan ya da led ve spot aydınlatma armatürlerinin kullanıldığı mekânların yapay aydınlatmasından çalışanların yüksek düzeyde (%82) memnun oldukları saptanmıştır. Bu tür binaların bazılarında yemekhaneden gelen kokuların ofis çalışanlarını rahatsız ettiği bilinmektedir. Bahçeye açılan yemekhaneden (kafe) ve birinci kattaki tüp geçidin içindeki kafeteryadan ofislere ulaşan bir kokunun olmamasından çalışanların oldukça memnun olduğu saptanmıştır (%75). Ofislerin uygun en/boy oranları ile yükseklikleri ve içte kullanılan malzeme sayesinde gürültüye neden olan bir yankı sorunu ile karşılaşmadığı saptanmıştır (%73). Çalışanlar, kışın binanın sıcak bir ortama sahip olmasından memnun olmasına (%75) karşın, yazın serin olmasından yakınmaktadır (%66). Yazın serin bir iç ortam sağlanamaması, çalışanlar için doğal havalandırmanın yeterli olmadığı bir göstergesidir (%69). Zaten binada yapay havalandırma da bulunmamaktadır. Binanın ses (%63) ve ısı (%69) yalıtımına yönelik çalışan memnuniyeti de eşik memnuniyet değerinin altındadır. Ses yalıtımı konusundaki memnuniyetsizlik, çalışanların diğer iç ortamlardan gelen gürültüye karşı rahatsızlıklarının bir göstergesidir (%67). Yapılan yüz yüze görüşmeler, çalışanların diğer ofislerdeki konuşma seslerini dahi duyabildiklerini ortaya çıkarmıştır. Mekânlar arasındaki gürültü seviyesine yönelik memnuniyet (%65) ise sınır değer altında kalmıştır. Sonuç olarak İkizler Yazılımevi'nin mekânsal konfor düzeyi çalışanlar tarafından beğenilmektedir (%72). Ancak bina; gürültü, yalıtım, yetersiz kalan doğal havalandırma ve bulunmayan yapay havalandırma gibi bazı sorunları bünyesinde barındırmaktadır (Tablo 3).

Tablo 3. Konfor Özelliklerinden Memnuniyet

KONFOR	Memnuniyet Endeksi %	Memnuniyet Sembolü
Bina Konforu	76,66	+
Rahatlık	82,00	+
Doğal Aydınlatma	77,33	+
Yapay Aydınlatması	82,00	+
Gürültü	67,00	-
Ses Yalıtımı	63,33	-
Mekânlar Arası Gürültü	64,66	-
Akustik Kalite	73,33	+
Isı Yalıtımı	69,00	-
Yazın- Serinlik	65,66	-
Kışın- Sıcaklık	74,66	+
Koku	74,66	+
Doğal Havalandırma	69,00	-
Yapay Havalandırma	Bulunmamaktadır.	
Ortalama	72,25	+

3.5. Mimari Yüzeyle Yönelik Özellikler

İkizler Yazılımevi'nin taş, cam ve açık renkli boya ile kaplanan dış cepheleri (%75) ile doğal ahşap ve taş kaplamalı ve açık renkli boyalı duvarlarından oluşan iç yüzeylerinden (%79) (dolaşım alanları, konferans salonu, yemek yeme alanı gibi) kullanıcıların memnun olduğu bulunmuştur. İç mekânlarda kullanılan malzemelere yönelik (duvarlarında boya, zeminlerinde seramik ve tavanlarında kullanılan taş yünü asma tavan ile PVC (Polivinil Klorür) pencereler) memnuniyet ise olumlu (%76) bir seviyededir (Tablo 4). Yapılan görüşmelerde bu malzemelerin tercih edilmesinin nedenleri, estetik, sert yüzeyle, ses çıkarmayan, kolay bulunabilir, temizlenebilir ve tamir edilebilir özellikler sergilemelerine bağlanmaktadır (Şekil 11).



Şekil 11. Dış ve iç yüzeylerde kullanılan malzemeler (Demir 2016)

Çalışanlar ofislerindeki zemin (%74), duvar (%75) ve tavan (%74) kaplamalarından memnundur. Kullanılan malzemenin kalitesinin yanında malzemenin uygulama ya da işçilik kalitesi de oldukça önemlidir. Bu konudaki memnuniyet değeri de (%74) olumludur. Sonuç olarak hem dış hem iç mimari yüzeylere yönelik ortalama memnuniyet seviyesi %75 olarak bulunmuştur (Tablo 4).

Tablo 4. Mimari Yüzeyle Memnuniyet

MİMARI YÜZEYLER	Memnuniyet Endeksi %	Memnuniyet Sembolü
Cephe Kaplaması	75,00	+
Bina İç Malzemeleri	79,00	+
Ofis İç Malzemeleri	76,33	+
Yer Kaplaması	74,33	+
Duvar Kaplaması	75,00	+
Tavan Kaplaması	74,33	+
Uygulama İşçiliği	74,33	+
Ortalama	75,47	+

3.6. Verilen Hizmetler

İkizler Yazılımevi ülkemizde bu konuda yapılan kapsamlı araştırmalarda da güvenlik önlemleri bakımından en fazla memnun olunan (%84) binalardan biridir [12]. Özellikle gizli yürütülen ar-ge çalışmaları bakımından yüksek güvenlik önlemlerinin alınması oldukça önemlidir. İkizler Yazılımevi'nin girişinde güvenlik personelinin bulunması, kart, parmak izi ve yüz tarama sistemlerinin kullanılması, hem binanın iç kısımlarının hem de dış çevresinin kameralarla kontrol edilmesi, memnuniyet seviyelerinin yüksek olmasını sağlayan önlemlerdir. Çalışanların, güvenlik personelinin yeterliliğinden (%82), giriş ve çıkış kontrollerinden (%79) oldukça memnun olduğu saptanmıştır. Ayrıca binanın hem yönetimi (%81) hem de teknik bakımı (%82) oldukça ciddi bir biçimde yürütülmektedir. Yönetimin sorunlara yaklaşımı, hızlı çözüm üretimi ve

alınan kaliteli hizmet, çalışanların memnuniyet seviyesini yükseltmektedir. Genel temizlik ve çöp gibi işlere yönelik çalışan memnuniyeti de çok yüksek değerlerdedir (sırasıyla %86 ve 87). Sonuç olarak sunulan hizmetler bakımından çalışanların toplam memnuniyet seviyesi oldukça yüksek (%83) bulunmuştur (Tablo 5).

Tablo 5. Verilen Hizmetlerden Memnuniyet

HİZMETLER	Memnuniyet Endeksi %	Memnuniyet Sembolü
Güvenlik Önlemleri	84,33	+
Kontrollü Giriş-Çıkış	79,33	+
Güvenlik Elemanı	82,33	+
Bina Bakımı	82,33	+
Genel Temizlik	85,66	++
Çöp Toplama	87,33	++
Bina Yönetimi	81,33	+
Ortalama	83,23	+

3.7. Teknik Özellikler

Bireysel tercihler yönünde klima ve elektrikli ısıtıcı kullanan çalışanların ısıtma sisteminden (%78) memnun oldukları belirlenmiştir. Ancak mekanik bir soğutma sisteminin bulunmadığı binanın mekânsal soğutması klima ve vantilatörlerle karşılandığı için bu yöndeki memnuniyet seviyesi oldukça düşüktür (%64). Sıhhi (%75) ve elektrik (%74) tesisatına yönelik memnuniyet seviyeleri ise daha olumludur. Çalışanlar, birçok noktadan dış mekâna erişimin sağlandığı az katlı binanın yangın güvenliğinden de memnundur (%71). Bu memnuniyet seviyesi uyarı ve yönlendirme işaretlerinin doğru kurgulanmış olmasına bağlanabilir. Ofis çalışanlarının işlerinin neredeyse tamamını sanal ortamdan yürüttüğü bir çalışma alanında elektrik gücü, kesintili de olsa devreye giren jeneratör ile sağlanmaktadır. Ara sıra olan elektrik kesintisi, çalışma sistemini etkilediği için çalışanları rahatsız (%64) etmektedir. Ağırlıklı olarak yazılım üzerine çalışan teknokent şirketlerinin veri indirme-yükleme işlerinin kesintiye uğramaması, verilen hizmet bakımından oldukça önemlidir. İnternet üzerinden yüksek hızda bilgi transferi yapma (%64) konusunda bir altyapı bulunmadığı için çalışanların sorun yaşamaları hoşnutsuzluk yaratmaktadır (%65). Bu binada bulunan yük asansörü, engellilerin kullanımına açık bile olsa kullanımı sınırlıdır. Bu nedenle asansörün fonksiyonel kalitesine yönelik memnuniyet seviyesi düşük bulunmuştur (%58). Sonuç olarak bu bina teknik özellikler yönünden birçok sorunu bünyesinde taşımaktadır. Toplam memnuniyet seviyesinin sınır değerinin altında olması (%68) bunu doğrulamaktadır (Tablo 6).

Tablo 6. Teknik Altyapıdan Memnuniyet

TEKNİK	Memnuniyet Endeksi %	Memnuniyet Sembolü
Soğutma Sistemi	63,66	-
Isıtma Sistemi	77,66	+
Elektrik Kesintisi	64,33	-
Elektrik Tesisatı	73,66	+
İnternet	63,66	-
Kablosuz internet (Wi-Fi)	64,66	-
Sihhi Tesisat	75,00	+
Havalandırma Sistemi	Bulunmamaktadır.	
Yangın Güvenliği	71,00	+
Asansör -İşlev Kalitesi	58,00	-
Ortalama	67,96	-

3.8. Olanaklar

Ofislerde kişiye özgü sabit çalışma alanlarının oluşturulması, çalışanların mekânı daha verimli kullanmasına olanak sağlamaktadır. İkizler Yazılımevi'ndeki ofislerde çalışanların özelleştirebildikleri (%78) sabit bir çalışma alanlarına sahip olmaları (%81), onların mekânsal aidiyet hislerine olumlu yönde katkıda bulunmaktadır. Ofislerin depolama olanakları konusundaki memnuniyet seviyesi ise sınır değerinin oldukça altındadır (%64).

Çevredeki yürüyüş yolları, iç bahçedeki oturma alanları, restoran ya da kafeterya olanakları ile kampüs alanındaki diğer rekreasyon (%79) ve sosyalleşme alanlarından (%75) çalışanların memnun olduğu bulunmuştur. Kargo hizmetleri (%79), ayrıca acil bir durumda itfaiye aracının manevrasına olanak sağlayan (%73) yakın çevresi bakımından kullanıcı memnuniyet seviyesi olumlu bir düzeydedir. Ancak çalışanların spor olanağına (%53) yönelik memnuniyet düzeyi düşük bulunmuştur. Sonuç olarak olanaklar bakımından kullanıcı memnuniyet seviyesi (%73), sınır değerinin üzerindedir (Tablo 7).

Tablo 7. Olanaklardan Memnuniyet

OLANAKLAR	Memnuniyet Endeksi %	Memnuniyet Sembolü
Depolama	64,33	-
Kişiselleştirme	78,00	+
Sabit Kişisel Alan	81,00	+
Rekreasyon Alanı	78,66	+
Spor Alanı	53,00	--
Sosyalleşme Alanı	75,00	+
Kargo İmkânı	79,00	+
İtfaiye	72,66	+
Ortalama	72,70	+

3.9. Sosyal Donatıların Özellikleri

Teknopark binalarında kat mutfağı, yemek yeme alanları, toplantı salonu, konferans salonu, jeneratör ve su deposu (kesintisiz su temini) önemli donatılardır. Kat mutfağı, yiyecek ve içeceklerin hazırlanması, pişirilmesi, bulaşıkların yıkanması ve yiyeceğin depolanması bakımından ofis çalışanları için öncelikli kullanım alanıdır. İkizler Yazılımevi'ndeki kat mutfağının çok küçük olması (Şekil 12), memnuniyetle ilgili eşik değerinin çok altına düşmesine (%44) neden olmuştur. Bahçesi, terasa açılan yemekhanesi (Şekil 13) ve üst kattaki kafeteryası (Şekil 14) ile ideal kullanım alanları bulunmasına karşın, bu mekânlara yönelik

memnuniyetin düşük olmasının (%69) nedeni ise çalışanların ödedikleri yemek ücretlerine bağlanabilir. Bina girişine yakın olan konferans salonu (Şekil 15) ise oldukça memnun olunan mekânlar arasındadır (%78).

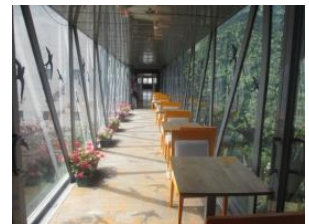


Şekil 12. Kat Mutfağı (Demir 2016)

Elektrik kesintilerinde anlık devreye giremeyen jeneratör, veri kayıplarına neden olduğu için kullanıcı memnuniyetsizliğinin (%68) kaynağı olmaktadır. Kesintisiz su temini de memnuniyet eşliğinin (%69) çok az altında bulunmuştur.



Şekil 13. Zemin kattaki yemekhane (a-b zemin kat, c bahçe, d teras) (Demir 2016)



Şekil 14. Birinci kattaki kafeterya (Demir 2016)



Şekil 15. Konferans Salonu (Demir 2016)

İncelenen binada toplantı salonları, kütüphane ve laboratuvar olmasa da kampüs alanındaki benzer mekânların varlığı, çalışanların kullanımı için bir avantaja dönüşmektedir. İkizler Yazılımevi'nde sağlık hizmetleri için bir revir bulunmamaktadır. Kampüs alanında bir bankanın, bina yakın çevresinde ise çeşitli bankalara ait ATM'lerin bulunması çalışanların banka

hizmetlerinden yararlanmalarına yardım etmektedir. Sonuç olarak sosyal donatılar bakımından, çalışanların memnuniyet seviyesi, bu binada sınır değerinin altında (%62) kalmaktadır (Tablo 8).

Tablo 8. Sosyal Donatılardan Memnuniyet

SOSYAL DONATILAR	Memnuniyet İndeksi %	Memnuniyet Sembolü	
Kat Mutfağı	+	44,33	--
Yemek Yeme Alanı	+	69,66	-
Toplantı Salonu	*	62,00	-
Konferans Salonu	+	78,33	+
Jeneratör	+	67,66	-
Kesintisiz Su Temini	+	69,66	-
Kütüphane	□		
Laboratuvar	□		
Sağlık Hizmeti	□		
Kreş	□		
Postane	□		
Alış Veriş Merkezi	□		
Otomatik Para Çekme Makinesi	*	68,00	-
Banka	*	61,33	-
Otel/Misafirhane	□		
Ortalama		62,15	-
+: Binada mevcut, -: Binada mevcut değil, *: TGB alanında mevcut, □: TGB alanında mevcut değil.			
BİNANIN TOPLAM MEMNUNİYET DEĞERİ		73,21	+

ODTÜ-İkizler Yazılımevi, bina performansını belirleyen tüm ölçütler kapsamında değerlendirildiğinde, çalışanların toplam memnuniyet endeksinin (%73) olduğu bulunmuştur (Tablo 8). Bu değer memnuniyet eşiğinin üstündedir. Bazı eksiklikleri bünyesinde barındırmasını karşın, elde edilen bulgular ışığında İkizler Yazılımevi'nin çalışanlar tarafından beğenildiği ve olumlu bir performansa sahip olduğu belirlenmiştir.

4. SONUÇ

Bu çalışma kapsamında ODTÜ Teknokent binalarından biri olan İkizler Yazılımevi'nin bina performansı çeşitli parametreler (ve alt parametreler) üzerinden incelenmiştir. Çalışanların çeşitli ölçütlerdeki memnuniyet değerlerinin memnuniyet eşik değerinin (%70) üstünde olanları olumlu, altında olanları ise olumsuz olarak değerlendirilerek binanın performansı belirlenmiştir.

Çevresi, tasarımı, mekânsal konforu, mimari yüzeyleri, verilen hizmetler, sağlanan olanaklar bakımından İkizler Yazılımevi'nin çalışanları tarafından beğenildiği bulunmuştur. Radosevic ve Myrzakhmet'in de değindiği gibi teknoparklar, içindeki çalışanlar için kalitenin adresleridir [28]. Bir kampüs alanı içinde konumlanmak çalışanlar için bu nitelikleri daha da artırmaktadır. Ayrıca teknopark alanı dışındaki diğer olanaklardan faydalanmak bakımından da bu oldukça önemlidir. Tasarım kurgusu ve onun bir parçası olan iç bahçesi ve çevresindeki peyzajı ile bu bina, çevresel ölçütler bakımından çalışanları tarafından çok beğenilmesine karşın, yetersiz otopark alanı gibi memnuniyeti düşüren bazı eksikliklere sahiptir. Tasarımı bakımından dikkat çeken formu, az katlı oluşu, estetiği ve yeşil bir iç

bahçeye açılan koridorları ile İkizler Yazılımevi, ayırt edici özelliklere sahiptir. Ancak, İkizler Yazılımevi yangın merdiveni ve asansör gibi standart bazı kurallara uymayan görüntüler de sergilemektedir. Ofisler, kiracılarına kaba inşaat halinde tahsis edilmiştir. Ofislerin mekânsal düzenlemeleri bu nedenle kiracıların istek ve ihtiyaçları yansıtmaktadır. Şirketlerin özellikle iş alanlarına yönelik tercihlerine göre biçimlendirilen ofisler, çalışanları tarafından ideal çalışma alanları olarak değerlendirilmektedir. Ancak ofislerin bazılarının çalışan sayısına göre büyüklüğü, mekânsal esnekliği (değişebilme potansiyeli), görsel ve işitsel mahremiyet önlemleri bakımından beğenilmeyen yönlerinin olduğu özellikle belirtilebilir.

Konfor özellikleri bakımından çalışanları tarafından beğenilen bina; ortam gürültüsü, ses ve ısı yalıtımı, doğal havalandırma ve mekânsal soğutma gibi memnuniyeti düşüren bazı eksikliklere sahiptir. İkizler Yazılımevi, mimari yüzeyleri ile güvenlik önlemleri bakımından beğenilen özelliklere de sahiptir. Özellikle bilginin kontrollü bir çevrede doğduğu teknokentler [29], güvenlik önlemleri bakımından bilginin güvende tutulduğunun garanti altına alındığı önlemleri bünyesinde barındırmak zorundadır. Bu önlemler İkizler Yazılımevi'nde memnun edici düzeydedir.

Ofislerin mekânsal koşulları içinde çalışanların mekânsal alanlarını özelleştirebilme olanaklarına sahip olabilmeleri onların işlerine bağlılığını olumlu yönde etkilemektedir [30]. İkizler Yazılımevi'ndeki ofisler bu anlamda çalışanların özelleştirmesine olanak sağladığı için sabit çalışma alanları çalışanlar tarafından ofislerin olumlu yönleri olarak değerlendirilmiştir. Teknokent binalarındaki ofislerin tasarımlarında özellikle yeterli depolama alanlarının bulunması bu çalışmadan ortaya çıkan bulgular arasındadır.

Teknik altyapı ve sosyal donatılar bakımından çalışanların memnuniyet seviyesi, İkizler Yazılımevi'nde eşik değerinin altındadır. Bu tür binaların şirketlere mükemmel bir network içinde ve ilham veren bir çevrede bulunmaları, çalışanların motivasyonunu doğrudan etkilemektedir [31]. Bu nedenle bu tür binaların tasarımında teknik altyapı ve sosyal donatılar, dikkatle göz önüne alınmalıdır. İkizler Yazılımevi'nin bina araştırmasında keşfedilen bazı olanaklar da fikir verici niteliktedir. Yeterli boyutlarda her katta bir kat mutfağının varlığı oldukça önemlidir. Ayrıca sosyal donatılara (toplantı salonları, kütüphane, laboratuvar, sağlık hizmeti, kreş, postane, alış-veriş olanağı, banka ya da bankamatik) olan ihtiyaç dikkat çekicidir. Küçük çaplı bu tür binalarda bu olanaklara sahip olmak maliyeti artırmaktadır. Bu nedenle üniversite yerleşkelerinde bulunan teknokent binaları özellikle çalışanların üniversite olanaklarını kullanması bakımından büyük avantajlar sağlamaktadır.

Sınırlı bir örnekleme sahip olmasına karşın, bu çalışmadan elde edilen bulgular, yeni teknokent binalarının tasarımlarında kullanıcıların memnuniyet düzeylerini belirleyen ölçütler bakımından tasarımcılara yol gösterici nitelikler sergilemektedir.

Teşekkür

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü bünyesinde tamamlanan ve Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Koordinatörlüğünce desteklenen (Proje Numarası: MİMARLIK.15.007, 2019) doktora tezinden üretilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Amoroso S, Soriano FH. An International Perspective on Science and Technology Parks. In: S. Amoroso, A.N. Link and M. Wright editörler, Science and Technology Parks and Regional Economic Development: An International Perspective, Eds. Cham: Palgrave Macmillan; 2019. pp. 1-8.
- [2] Choi J-H, Loftness V, Aziz A. Post-Occupancy Evaluation of 20 Office Buildings as Basis For Future IEQ Standards and Guidelines. Energy and Buildings. 2012;46:167-175.
- [3] Sandelin J. The story of the Stanford Industrial/Research Park. Paper prepared for the International Forum of University Science Park, China. 2004. <https://web.archive.org/web/20070609191745/http://otl.stanford.edu/about/documents/JSstanfordpark.pdf>
- [4] Fallis G. Multiversities, Ideas, and Democracy. Toronto: University of Toronto Press Incorporated, 2007.
- [5] Tyurina IO, Neverov AV, Ulyanychev MA. Technoparks and science-intensive production: An advanced experience. RUDN Journal of Sociology. 2017; 17(3): 387-398.
- [6] Chevez A, Huppatz DJ. The rise of the corporate campus. The Conversation. 2017. https://theconversation.com/the-rise-of-the-corporate-campus-84370#comment_1411514
- [7] Lund E. The Strategic Choices that Science and Technology Parks Must Make. In: S. Amoroso, A.N. Link and M. Wright (Editors), Science and Technology Parks and Regional Economic Development: An International Perspective, Cham: Palgrave Macmillan; 2019. pp. 9-24.
- [8] Mazingo LA. Pastoral capitalism: A history of suburban corporate landscapes. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2011.
- [9] Bunshaft G. Oral history of Gordon Bunshaft. Interviewed by B.J. Blum. Chicago: The Art Institute of Chicago, 1990.
- [10] Roche K. Interview. In: F. Dal Co (Ed.), Kevin Roche, New York: Rizzoli; 1985, pp. 18-87.
- [11] Kerr R, Robinson SK, Elliott C. Modernism, Postmodernism, and corporate power: Historicizing the architectural typology of the corporate campus. Management & Organizational History. 2016; 11(2): 123-146.
- [12] Durmaz Ö. Teknoparkların Bir Kentin Ekonomik ve Sosyal Dönüşümü Üzerindeki Olası Etkileri: Mersin Örneği [Yüksek Lisans Tezi], Mersin: Mersin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü; 2010.
- [13] Ünsal N. Technoparks in Turkey: A Descriptive Study. In: S. Amoroso, A.N. Link and M. Wright, editörler. Science and Technology Parks and Regional Economic Development: An International Perspective, Eds. Cham: Palgrave Macmillan; 2019. pp. 123-141.
- [14] Arkalı Olcay G, Bulu M. Technoparks and technology transfer offices as drivers of an innovation economy: Lessons from Istanbul's innovation spaces. Journal of Urban Technology. 2016; 23(1): 71-93.
- [15] Ar-Ge, Tasarım Merkezleri ve Teknoloji Geliştirme Bölgeleri (TGB). <https://www.sanayi.gov.tr/arge-tasarim-merkezleri-ve-tgb>
- [16] Zagreus L, Huizenga C, Arens E, Lehrer D, Listening to the Occupants: a Web-Based Indoor Environmental Quality Survey. Indoor Air. 2004;14(8):65-74.
- [17] Shahzad S, Brennan J, Teodossopoulos D, Hughes B, Calautit JK. Energy and comfort in contemporary open plan and traditional personal offices. Applied Energy. 2017;185:1542-1555.
- [18] Shepley MM, Zimmerman KN, Boggess MM. Architectural office post-occupancy evaluation. Journal of Interior Design. 2009;34(3):17-29.
- [19] Veitch JA, Charles KE, Farley KMJ, Newsham GR. A model of satisfaction with open-plan office conditions: COPE field findings. Journal of Environmental Psychology. 2007;27:177-189.
- [20] Zagreus L, Huizenga C, Arens E, Lehrer D. Listening to the occupants: a web-based indoor environmental quality survey. Indoor Air. 2004;14:65-74.
- [21] Demir H. Türkiye'deki Teknoparklarda Kullanıcı Tercihleri ve Değerlendirme Ölçütlerinin Belirlenmesi [Yüksek Lisans Tezi], Diyarbakır: Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü; 2013.
- [22] Demir H. Türkiye'deki Teknopark Binalarının Kullanım Sonrası Değerlendirmesi: Kullanıcı Odaklı Bir Yaklaşımla Bina Performans Analizleri, [Doktora Tezi], Diyarbakır: Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü; 2019.
- [23] Demir H, Bekleyen A. Türkiye'nin Silikon Vadilerinin Kullanım Sonrası Değerlendirmesi. 4. Uluslararası Mühendislik ve Doğal Bilimler Konferansı 2019. Diyarbakır: INESEG; ss. 332-350.
- [24] Demir H, Bekleyen A. Türkiye'deki Teknoparkların Başarılı Örneklerinin Mimari Ölçütler Bakımından Değerlendirilmesi. 3. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi 2019. Diyarbakır: UBAK Yayınevi; ss. 873-890.
- [25] Cırıkçı A.Ö. Kentsel tasarım açısından çevresel standartların yükseltilmesinde teknoparkların rolü: İzmir Alaçatı Örneği [Yüksek Lisans Tezi], İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü; 1997.
- [26] İkişler Yazılımevi [İnternet]. S Teber Yener; 2021 [25.11.2021]. <https://www.tektonika.com.tr/detail?id=246>
- [27] Hassanain MA, Mathar H, Aker A. Post-Occupancy Evaluation of a University Student

- Cafeteria. *Architectural Engineering and Design Management*. 2016;12(1): 67-77.
- [28] Radosevic S, Myrzakhmet M. Between vision and reality: Promoting innovation through technoparks in an emerging economy. *Technovation*. 2009; 29 (10): 645-656.
- [29] Link AN, Scott JT. U.S. university research parks. *Journal of Productivity Analysis*. 2006; 25(1-2): 43-55.
- [30] Schakik-Ekbatan K, Wagner A, Lussac C. Occupant satisfaction as an indicator for the socio-cultural dimension of sustainable Office buildings-development of an overall building index. Windsor Conference: Adapting to Change: New Thinking on Comfort. London, UK: Network for Comfort and Energy Use in Buildings, 2010, <http://nceub.org.uk>
- [31] Von Waldkirch T. The years of Technopark Zurich: An enjoyable milestone. *Chimia*. 2003; 57(6): 307-310.



Plastik Parçalarda Federin Gerilmeler Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması

Abdulmecit GÜLDAŞ¹, Mehmet ALTUĞ^{2*}, Farnoud KHAKZAD³

¹İmalat Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

²Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Malatya OSB MYO, İnönü Üniversitesi, Malatya, Türkiye

³Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

Abdulmecit GÜLDAŞ ORCID No: 0000-0002-1865-2272

Mehmet ALTUĞ ORCID No: 0000-0002-4745-9164

Farnoud KHAKZAD ORCID No: 0000-0001-6530-6148

*Sorumlu Yazar: mehmet.altug@inonu.edu.tr

(Alınış: 09.02.2021, Kabul: 18.08.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Anahtar Kelimeler
 Polimer,
 Feder,
 Gerilme,
 Ansys

Öz: Bu çalışma, federlerin polimer parçada oluşan gerilmeler üzerine etkilerini incelenmiştir. Feder parametresi olarak birbirinden farklı 3 federin açısı, birbirinden farklı 5 feder yüksekliği, birbirinden farklı 5 feder kalınlığı, ve birbirinden farklı 5 federlerin dip yarıçapı belirlenmiştir. Bu değerlerle tasarımı yapılan parçanın mukavemet analizi Ansys yazılımında yapılmıştır. Tasarlanan feder ile A yüzeyinden uygulanan basınçta en düşük gerilme 31,49 MPa ve parçanın gerilme oranının %10 azaldığı tespit edildi. B yüzeyinden uygulanan basınçta en düşük gerilme 26.3 MPa ve parçanın gerilme oranının %25 azaldığı tespit edildi. C yüzeyinden uygulanan basınçta en düşük gerilme 28,21 MPa ve parçanın gerilme oranının %18 azaldığı tespit edildi. D yüzeyinden uygulanan basınçta en düşük gerilme 21,57 MPa ve parçanın gerilme oranının %39 azaldığı tespit edildi.

75

Investigation Of Rib Effects On Strength In Polimer Part

Keywords
 Polymer,
 Rib,
 Strength,
 Ansys

Abstract: In this study, the effects of ribs on the stresses formed in the polymer part were investigated. The angles of 3 different ribs, 5 different rib heights, 5 different rib thicknesses, and the bottom radius of 5 different ribs were determined as the rib parameter. The strength analysis of the part designed with these values was made in Ansys software. With the designed rib, it was determined that the lowest stress was 31.49 MPa and the stress ratio of the part decreased by 10% at the pressure applied from the A surface. It was determined that the lowest stress was 26.3 MPa under the applied pressure from the B surface and the stress ratio of the part decreased by 25%. It was determined that the lowest stress was 28.21 MPa under the applied pressure from the C surface, and the stress ratio of the part decreased by 18%. It was determined that the lowest stress was 21.57 MPa and the stress ratio of the part decreased by 39% at the pressure applied from the D surface.

1. GİRİŞ

Plastik parçaların imalatında en yaygın olarak kullanılan plastik türü polietilen ve polipropilen malzemesidir. Şekillendirme ve kalıplanabilirliğinin kolay olması, yoğunluğunun en düşük plastik türlerinden bir olması, maliyetinin düşük olması, kimyasallara karşı dirençli olması, istenilen renkte üretilebilmesi, elektrik direncinin yüksek olması, ısı iletim katsayısının düşük olması, mekanik özelliklerinin iyi olması vb özelliklerinden dolayı polipropilen malzemesi bu çalışma kapsamında seçilmiştir.

Polimer malzemelerde fonksiyonelliğe etki etmeden mukavemeti artırmak için feder yapılar kullanılmaktadır. Bu feder yapıları vasıtasıyla plastik parçanın kalınlığını artırmadan parçanın mukavemetini artırmak mümkündür. Feder yapıları ayrıca parça üzerindeki gerilmeleri de en aza indirerek deformasyonu önleyebilmektedir.

Guo vd. [1] çalışmasında, plastik enjeksiyon kalıplamada polimer malzemedeki federde; kalınlık incelidikçe, düşük erime ve soğutucu sıcaklığında daha az çökme olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca bazı araştırmacılar [2,3] enjeksiyon kalıp yapılarının eğilmesini ve buna ek olarak

termoplastik polimerlerin üretiminde gerçekleşen enjeksiyonların çökme indeksini en aza indirmek konusunda Taguchi optimizasyon yöntemi ile bir çalışmalar gerçekleştirmiştir. James vd. [4] makalesinde; Interspar federlerine sahip olan kanatın brazier yükü karşısında davranışı sonlu eleman metoduyla incelenmiştir. Feder içinde bulunan deliklerin çevresindeki kıvrım ve köşebentlerinin değişimi mukavemeti daha yüksek bir feder oluşumu elde edilmiştir. Salimi vd. [5] çalışmalarında çevresel feder ile güçlendirilmiş kompozit silindirik kabuğun serbest titreşimlerin analitik yöntem ve sonlu eleman metoduyla araştırmışlar. Lam ve Santhikumar [6] feder yerleşme yerleri arasındaki mesafeleri kısıtlayarak yaptıkları yeni bir yöntem geliştirmişlerdir. Manaf vd.[7] yaptıkları çalışmada, polimer yapılar mukavemet kazandırılması amacıyla özel bir feder tipinin eklenmesinin sonuçlarını incelemiştir. İnce duvarlı polimer parçalar, enjeksiyondan sonra eğilme belirtileri gösterirler. Federin yapısı ile bu belirtiler iyileştirilebilir. Lan vd. [8] noktasal yük uygulandığında dikdörtgen kesitli federin farklı parametrelerinde polimerlerin mukavemeti üzerinde etkisi incelemiştir. Ayrıca ortaya koydukları feder katsayılarının mukavemet değerleri üzerinde son derece etkili parametreler olduğunu belirlemiştir. Chung ve Lee [9], bir optimizasyon metodunu kullanarak feder optimizasyonunun problemi ve federin en doğru konumlandırılması için nihai yapının sertliğinin artırılmasına yönelik olmuştur. Rostami vd. [10] malzemenin fiziksel özellikleri, kabuk kalınlığı, federin açısı, kalınlık ve sayısı gerilme alanı ve burkulma yükün dağılımı üzerinde etkisi incelenmiştir. Khakzad [11] çalışmada feder yapıların plastik malzemelerde deformasyon ve gerilmeler üzerine etkilerini incelemiştir.

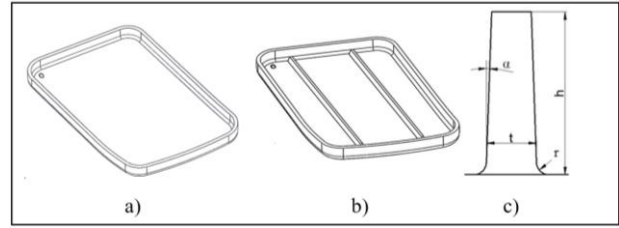
Bu çalışmada, federlerin polimer parçada oluşan gerilmeler üzerine etkileri incelenmiştir. Feder parametresi olarak federin açısı, feder yüksekliği, feder kalınlığı ve federlerin dip yarıçapı belirlenmiştir. Polimer malzemenin mekanik özelliklerini analiz etmek amacıyla herbiri birbirinden farklı 3 feder açısı 5 yükseklik, 5 yarıçap, 5 kalınlık belirlenmiş ve tasarım buna göre yapılmıştır. Polimer parçanın belirtilen parametrelere göre mukavemet analizi Ansys yazılımında yapılmıştır. Polimer numune olarak 35 MPa akma mukavemet değerine sahip polipropilen (PP) seçilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Plastik Parça Modeli

Polimer numunenin genişliği 90,51 mm, uzunluğu 109,24 mm ve iki feder arasındaki mesafe 30,4 mm'dir. Dikdörtgen prizması şeklinde Solidworks programında tasarlanan numunenin kalınlığı 2 mm'dir. Polimer parça ilk önce federsiz tasarlanmış olup feder ve feder parametreleri parametrik olarak tanımlanmıştır. Tasarımı tamamlanan plastik parça Parasolid formatında kaydederek analiz için Ansys yazılımına aktarılmıştır. Tasarımı gerçekleştirilen polimer parça ve yapısal

parametreleri Şekil 1'de, basınç uygulanan yüzeyler Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 1. a) Federsiz model b) Federli model c) Feder parametreleri

Polimer parçada köşelerde biriken gerilmenin azaltılması için yarıçap değerinde 1,5 mm'lik yuvarlatma yapılmıştır. Federlerin ve numunenin yan yüzeylerinin birleştiği kısımda gerilim yoğunlaşması olduğundan numune yüzeyi ile temas kesilecek şekilde 30°'lik açı verilmiştir.

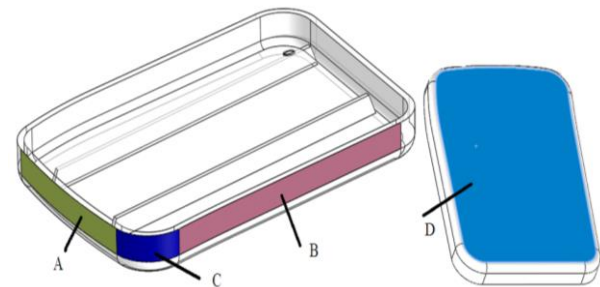
Tablo 1. Polimer numunenin geometrisi

Numune uzunluğu / (y)	109,24 mm
Numune genişliği / (x)	90,51 mm
İki feder arası uzaklık	30,4 mm
Numune kalınlığı	2 mm
Federlerin uzunluğu	101,98

Tablo 2. Feder yapısal parametreleri

Parametre	Birim	Sembol	Değerler				
			1	2	3	4	5
Yükseklik	mm	h	2	3	4,5	6,75	10,25
Kalınlık	mm	t	0,4	0,6	0,9	1,35	2,025
Dip yarıçapı	mm	r	0,001	0,2	0,4	0,8	1,6
Açı	(°)	α	0,5	1	2		

Polimer parça federsiz ve federli olmak üzere iki şekilde tasarlanmıştır. Feder eklenmesi ve feder yapısal parametrelerinin kombinasyonları ile toplamda 345 farklı polimer parça tasarlanmıştır.



Şekil 2. Polimer numune üzerinde basınç uygulanacak yüzeyler

2.2. Polimer Malzeme

Polipropilen malzemesi olarak "Moplen HP548R" ticari kodlu polipropilen malzemesi seçilmiştir. Yaygın olarak kullanılan bu PP malzemesinin özellikleri en yaygın kullanılan veri tabanı olan "Matweb.com" sayfasından alınmıştır [12]. Teorik analizler için gerekli olan PP malzemesinin teknik verileri aşağıda Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Polipropilenin fiziksel özellikleri

Parametre	Sembol	Değer	Birim
Yoğunluk	ρ	0,905	g/cm ³
Ergiyik Akış İndeksi	MFI	31	cm ³ /10 dk
Elastite modülü	E	1650	Mpa
Akma mukavemeti	σ	35	MPa
Kopmadaki uzama	ϵ	50	%
Termal yumuşama sıcaklığı	T _y	154	°C

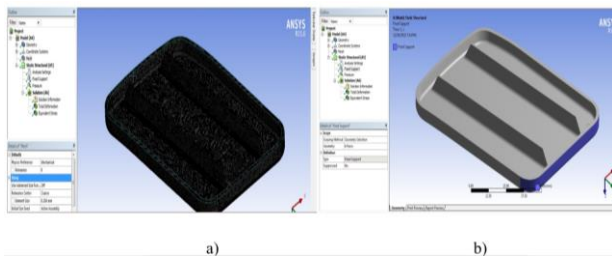
2.3. Ansys Parametreleri

Bu çalışma kapsamında federin plastik parçalardaki gerilmeler üzerinde etkilerinin araştırılması için teorik olarak sayısal analiz gerçekleştirilmiştir. Analizler Ansys 19.2 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ansys giriş parametreleri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Ansys giriş parametreleri

Parametre	Değeri
Akma dayanımı	35 MPa
Elastikite modülü	1650 Mpa
Poisson oranı	0,3
Yoğunluk	0,905 g/cm ³

Ansys yazılımında analiz öncesi mesh yapısı oluşturulur. Mesh özellikleri analiz sonuçlarını etkilediğinden önem arz etmektedir. Plastik parçanın sonlu elemanlar ile analizinin yapılabilmesi için öncelikli olarak CAD ortamından Ansys ortamına import edilmesi gerekmektedir. Bu işlemde sonar yeterli büyüklük tanımlaması yapılarak sonlu sayıda alt bölgelere ayırma işlemi olan "mesh" işlemi yapılmıştır. Ansys için gerekli numune tasarımı Şekil 3.'de verilmiştir. Ankastr ve yüzey seçimi yapıldıktan sonra polimer numuneye uygulanan kuvvet karşısında parçanın gerilmeleri tespit edilecektir.



Şekil 3. a) Numunenin mesh görüntüsü b) Numunenin seçilen ankastr yüzeyleri

Polimer numuneye uygulanacak basınç, federsiz parça için geçerli olan akma dayanımına eş değerde basınç miktarıdır. Analizlere göre basıncın uygulandığı yüzeylerde uygulanan basınç değeri 35 MPa bulunmuştur.

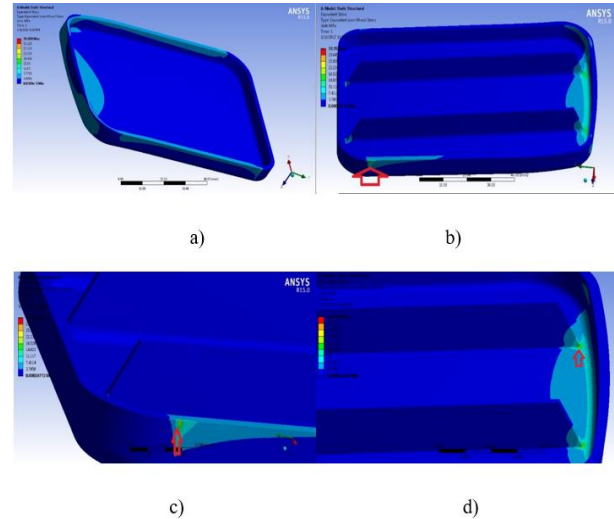
3. BULGULAR

Plastik parçalara herhangi bir kuvvet veya basınç uygulandığı sadece deformasyon miktarı önem arz etmez. Deformasyonun haricinde oluşan bileşik gerilme (Von Mises) değeri de önemlidir. Seçilen malzemenin %

uzama miktarlarına bağlı olarak deformasyon miktarı göreceli olarak büyük değere sahip olsa bile oluşan gerilme değeri akma dayanımının altında ise yük kaldırıldığında tekrar eski haline geleceği için plastik parçanın kullanımında ciddi sorunlar yaşanmamaktadır. Bu bağlamda, gerilme analizleri plastik parça üzerinde A, B, C ve D yüzeylerine uygulanan basınç sonucu oluşan gerilme değerleri elde edilmiş ve feder parametrelerine bağlı olarak gerçekleştirilen gerilme değerleri tespit edilmiştir. Deneysel tasarımı yapılırken seçilen PP malzemesinin akma dayanımının 35 MPa olduğu ve bu değer referans kabul edilerek analizler gerçekleştirilmiştir.

3.1. A Bölgesinde Oluşan Gerilme Miktarları

Federsiz numunede (Şekil 4.a) A yüzeyine uygulanan basınç sonrasında oluşan gerilme 35 MPa iken yarıçap değerinin 1,6 mm, yüksekliği 10,125 mm, feder açısının 0,5°, polimer malzemede kalınlığının ise 1,35 mm ve olduğu tasarımda gerilme 33,35 MPa'dır (Şekil 4.b). Bu değerlere göre gerilme miktarının yaklaşık %5 azaldığı belirlenmiştir. Federli parçada oluşan en büyük gerilmenin plastik parçada ankastr yüzeyine yakın bölgede feder ile parça gövdesinin birleştiği dar bir bölgede gerçekleştiği tespit edilmiştir.

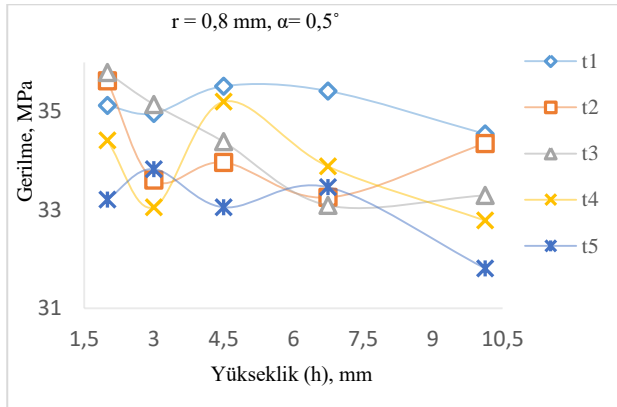


Şekil 4. A yüzeyindeki gerilme miktarları.

- a) Federsiz polimer numune,
b) c) Federli parçada gerilmenin yoğunlaştığı bölge ($r=1,6$ mm, $h=10,125$ mm, $\alpha=0,5$, $t=1,35$ mm)
d) Federli parçada gerilmenin yoğunlaştığı bölge ($r=0,2$ mm, $h=10,125$ mm, $\alpha=0,5$, $t=1,35$ mm)

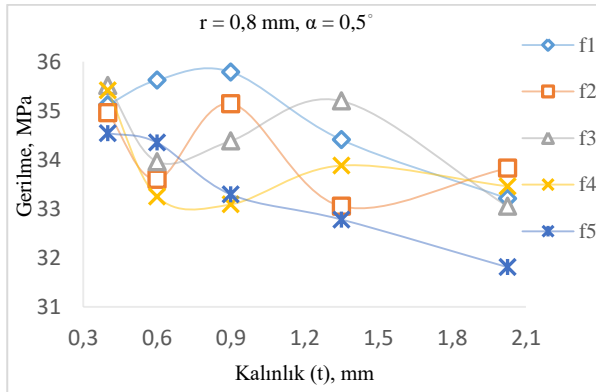
A bölgesine uygulanan basınçta, federin (2, 3; 4,5; 6,75 ve 10,125 mm) yükseklik değişimlerinde gerilme oranının üzerindeki etkisi verilmiştir (Şekil 5). Federde $\alpha = 0,5^\circ$ ve $r = 0,8$ mm sabit tutulmuştur. Bu da t_5 kalınlığının daha iyi sonuçlar verdiğini göstermektedir. Feder yüksekliği ve kalınlığına bağlı olarak, gerilme oranlarında az da olsa genel bir düşüş söz konusudur. Ancak feder kalınlığı $t = 2,025$ mm olduğunda gerilme miktarı feder yüksekliği h_1 'de 33,21 MPa'dan 31,81 MPa'a düşerek gerilme oranı %4,2 azalmaktadır. Feder yüksekliği h_1 olduğunda kalınlığın t_1 'den t_5 'e yükselmesi ile gerilme miktarı 35,11'den 33,21 MPa'a düşmüştür. Yani t_1 - t_5 aralığındaki kalınlıklarda gerilme

oranı %7,5 azalmaktadır. Düşük gerilme, feder parametreleri $h = 10,125$ mm ve $t = 2,025$ mm olduğunda tespit edilmiştir. Bu parametrelerde gerilme miktarı federsiz parçaya göre 35 MPa'dan 31,81 MPa'a düşerek gerilme oranı %9,1 azalmıştır.



Şekil 5. A yüzeyindeki gerilme feder yüksekliği ilişkisi

A bölgesindeki basınçta farklı yükseklikte federin h_1 - h_5 arasındaki kalınlıklarda değişiminin gerilme üzerindeki etkisi Şekil 6'da görülmektedir. Grafığe göre feder yarıçapı ve feder açısı $\alpha=0,5^\circ$ ve $r=0,8$ mm olarak sabit tutulmuştur. Federin yüksekliği $h=10,125$ olduğunda kalınlığın artması gerilme miktarı 34,35 MPa'dan 31,81 MPa'a düşmüş yani gerilme oranı %7,4 azalmaktadır. Feder kalınlığı $t=2,025$ mm ve yüksekliği $h=10,125$ mm'de düşük gerilme tespit edilmiştir. Bu parametrelerde gerilme miktarı 35 MPa'dan 31,81 MPa'a düşerek gerilme oranı %9,1 azalmaktadır.

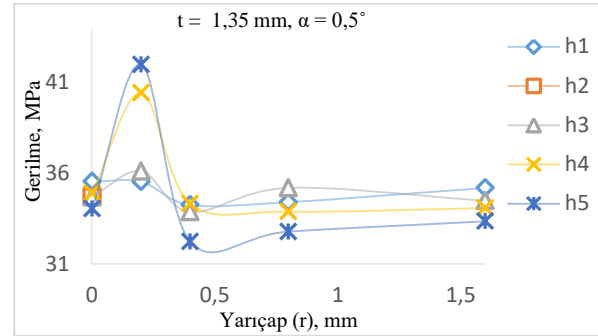


Şekil 6. A yüzeyinde gerilme feder kalınlığı ilişkisi

A bölgesindeki basınçta, farklı yüksekliklerdeki federin 0; 0,2; 0,4; 0,8 ve 1,6 mm yarıçaplarıdaki değişiminin gerilme üzerinde etkisi görülmektedir (Şekil 7). Feder açısı $\alpha=0,5^\circ$ ve $t=1,35$ mm sabit tutulmuştur.

Yarıçap değişimi dikkate alındığında en küçük gerilme federsiz parçaya göre %7,9 azalmaktadır. Feder yarıçapı $r = 1,6$ mm olduğunda en yüksek gerilme h_1 de 35,19 MPa ve en küçük gerilme h_5 olduğunda 33,35 MPa da tespit edilmiştir. Gerilme oranının farkı ise % 5,2 civarında olduğu belirlenmiştir. Feder yarıçapı r_3 'ten r_5 'e artırıldığında gerilme değişiminin az olduğu görülmektedir. Feder yüksekliği h_5 olduğunda feder yarıçapı r_3 'ten r_5 'e arttığında gerilme miktarı 32,23

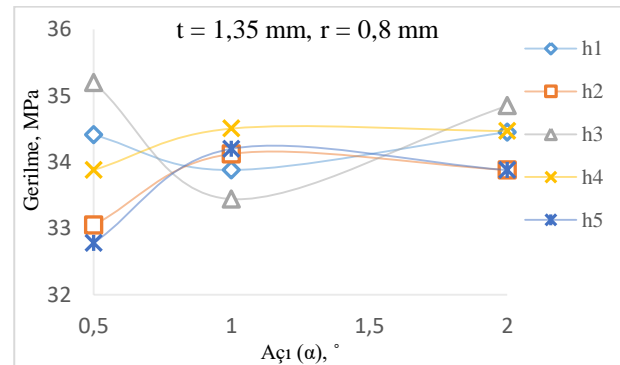
MPa'dan 35,19 MPa'a yükselerek gerilme oranı %9,1 oranında artmıştır.



Şekil 7. A yüzeyinde gerilme feder dip yarıçapı ilişkisi

A bölgesindeki basınçta federin, farklı yüksekliklerde ve $0,5^\circ$; 1° ve 2° olmak üzere farklı açılarda değişiminin gerilme üzerindeki etkisi görülmektedir (Şekil 8). Yarı çap $r=0,8$ mm ve federin kalınlığı $t=1,35$ mm olarak sabit tutulmuştur. En yüksek ile en düşük gerilme feder açısı $\alpha = 0,5^\circ$ olduğunda görülmektedir. bu açıda feder yüksekliği h_3 olursa gerilme 35,19 MPa'da ve h_5 olursa gerilme 32,78 MPa'da tespit edilmiştir. en yüksek gerilmede gerilme oranı federsiz parçaya göre %5 artmaktadır. ayrıca en düşük gerilmeden %7,3 oranda çok olduğu belirlenmiştir. En düşük gerilmede gerilme miktarı 35 MPa'dan 32,78 MPa'la düşerek gerilme oranı %6,3 azalmaktadır. Feder açısı $\alpha = 2^\circ$ olduğunda en yüksek gerilme h_3 'te 34,84 MPa ve en düşük gerilme h_5 'te 33,89 MPa da görülmektedir. Bu iki gerilmenin yaklaşık %1 oranda farklı olduğu tespit edilmiştir. Yani açının artmasıyla gerilme miktarları yakınsal olmaktadır. Açı $\alpha = 0,5^\circ$ ile $\alpha = 2^\circ$ arasında gerilme değişimi anlamlı olmamaktadır.

Feder açısı $\alpha = 0,5^\circ$ olduğunda en yüksek ile en düşük gerilme miktarının farkı 2,25MPa olarak gerilme oranının farkı %6,2 belirlenmiştir. Feder açısı $\alpha = 2^\circ$ olduğunda en yüksek gerilme feder yarıçapı r_3 'te 34,91 MPa ve en düşük gerilme r_1 'de 34,37 MPa da tespit edilmiştir. Gerilme oranının farkı %1,5 olarak görülmektedir. Feder açısı arttıkça gerilme miktarları yakınsal olmaktadır. Açı $\alpha = 0,5^\circ$ ile $\alpha = 2^\circ$ arasında gerilme değişimi anlamlı olmamaktadır.



Şekil 8. A yüzeyinde gerilme feder açısı ilişkisi

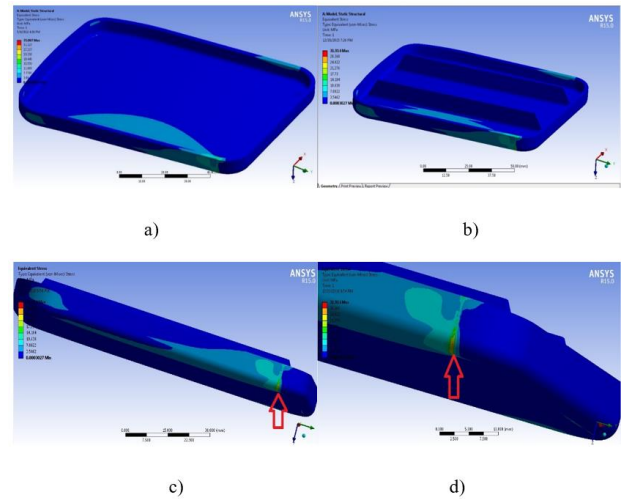
Gerilme grafiğini analizinde önemli olan maksimum gerilme neden olan feder parametreleridir. Gerilme miktarı plastik parçanın akma dayanımını geçerse parçada yüksek olduğu bölgelerde plastik davranışlar bulunmaktadır yani bu bölgelerde basınçtan dolayı kalıcı deformasyon oluşmaktadır. Buda parçanın hasar görmesi anlamına gelir. En yüksek gerilme feder parametreleri h_1 , r_2 ve t_1 olduğunda tespit edilmiştir. Bu parametrelerde gerilme miktarı 34,99 MPa olduğu için parçanın akma dayanımını aşmamaktadır dolayısıyla parçada kalıcı deformasyon oluşmamaktadır. En düşük gerilme feder parametreleri h_5 , r_4 ve t_2 olduğunda tespit edilmiştir. Bu parametrelerde gerilme miktarı 35 MPa'dan 34,35 MPa'a düşerek gerilme oranı federsiz parçaya göre %2 azalmaktadır. En düşük gerilme Taguchi grafiğinde bulunduğu gerilmeden %7 azdır.

Feder yarıçapı düşük olduğu tasarımlarda özellikle $r = 0,2$ mm olduğu zaman feder yüksekliği 3, 4,5, 6,75 ve 10,125 mm'te tasarlandığı zaman en yüksek gerilme federlerin basınç uygulanan bölgeye yakın ve et kalınlığı yapışan yerde (yamuğun dip köşesinde) görülmektedir. Feder yarıçapı $r = 0,001$ ve $r = 0,4$ olduğunda en yüksek gerilme yamuğun dip köşesinde ve bazen ankestraya yakın yapışan yerde görülmektedir. Bu bölgede deformasyonun büyük olduğundan dolayı gerilme miktarı akma dayanımını geçmek parçanın ciddi hasar görme anlamına gelmektedir. En yüksek gerilme ankastreya yakın yerde oluşursa, bu bölgede deformasyon miktarı minimum olduğundan dolayı kalıcı deformasyon çok düşük miktarda görülmektedir. Dolayısıyla parça ciddi hasar görmemektedir. Gerilme değerinin akma dayanımından büyük ancak deformasyon oranının ise federsiz parçadaki deformasyondan küçük olduğu dikkate alınırsa gerilmenin küçük bir alanda ve genel deformasyonun olduğu bölgenin dışında gerçekleştiği ve sadece o bölgede yoğunlaştığı anlaşılmaktadır.

3.2. B Bölgesinde Oluşan Gerilme Miktarları

Federli ve federsiz numunede oluşan gerilme miktarları ve gerilme analiz sonuçları verilmiştir (Şekil 9). Federsiz numunede B bölgesinden (kenardan) uygulanan basınç sonucunda gerilme 35 MPa iken yüksekliğin 10,125 mm, yarıçap 1,6 mm, feder açısının $0,5^\circ$ ve polimer parça kalınlığının 1,35 mm olduğu tasarımda 31,91 MPa'da gerçekleşmiştir. Bu tasarımda gerilme miktarının 31,91 MPa olduğu yapılan analizler sonucu belirlenmiş olup federli plastik parçada oluşan en büyük gerilme değerinin federsiz parçaya göre yaklaşık %9 oranında azaldığı belirlenmiştir. Federli, plastik parçada A yüzeyinden uygulanan basınçta federsiz parçaya göre %5 oranında azalma olurken B yüzeyinde uygulanan basınçta %9 oranında azalma olduğu belirlenmiştir. Bu durum feder yapısına bağlı olarak değişmekte olup %9 oranındaki azalma en büyük gerilmeye göre belirlenmiştir.

Çalışmada tablo, grafik, resim, şekil gibi nesnelere kullanılacak ise aşağıda gösterilen örneklerde sunulduğu gibi verilmelidir. Şekil veya resim çözünürlükleri minimum 300 dpi olmalıdır.



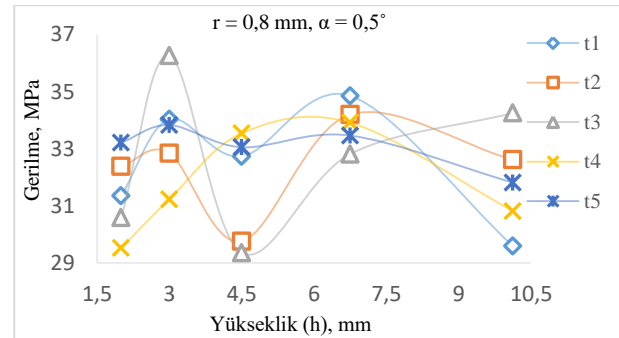
Şekil 9. B yüzeyindeki gerilme miktarları

a) Federsiz numune,

b) Federli numune ($r=1,6$ mm, $h=10,125$ mm, $\alpha=0,5^\circ$, $t=1,35$ mm)

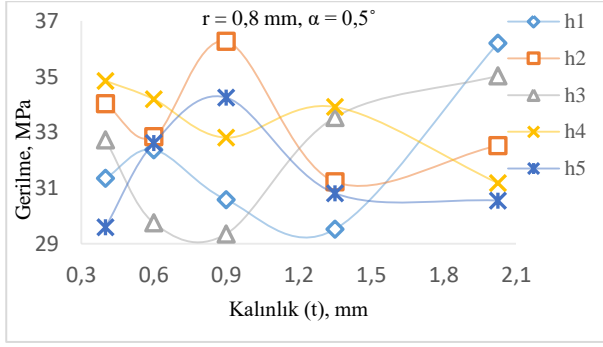
c) d) Federli numunede gerilmenin yoğunlaştığı bölge

B bölgesindeki basınçta farklı kalınlıklarda ve yüksekliklerde değişiminin gerilme üzerindeki etkisi verilmiştir (Şekil 10). Feder parametreleri $\alpha=0,5^\circ$ ve $r=0,8$ mm olarak sabit tutulmuştur. Oldukça değişken olan sonuçlar incelendiğinde en düşük gerilme değeri federin yüksekliği $h=4,5$ mm ve kalınlığı $t=0,9$ mm'de olduğunda tespit edilmiştir. Burada gerilme 35 MPa'dan 29,35 MPa'a düşerek gerilme oranı %16,4 azalmaktadır.



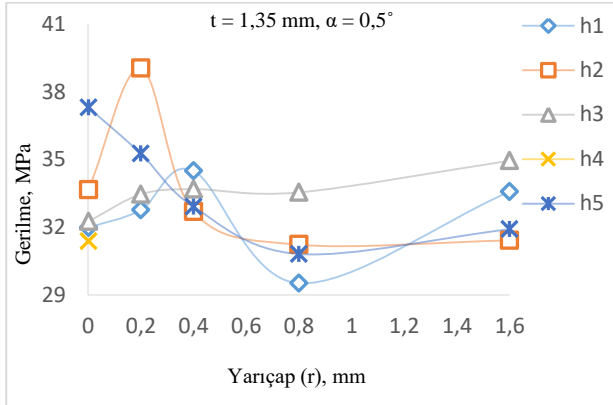
Şekil 10. B yüzeyinde gerilme feder yüksekliği ilişkisi

B bölgesindeki basınçta, 0,4; 0,6; 0,9; 1,35 ve 2,025 mm kalınlıklarda ve federin farklı (2; 3; 4,5; 6,75 ve 10,125 mm) yüksekliklerinde gerilme oranı üzerinde etki Şekil 11'de görülmektedir. Federin $\alpha=0,5^\circ$ ve $r=0,8$ mm sabit tutulmuştur. Görüldüğü üzere kalınlığın artması anlamlı şekilde gerilme üzerinde etkili olamamıştır. Feder kalınlığı $t = 0,4$ mm olduğunda h_5 'te en düşük gerilme belirlenmiştir. Bu tasarımda gerilme miktarı 35 MPa'dan 31,34 MPa'a düşerek gerilme oranı %10,45 azalmaktadır.



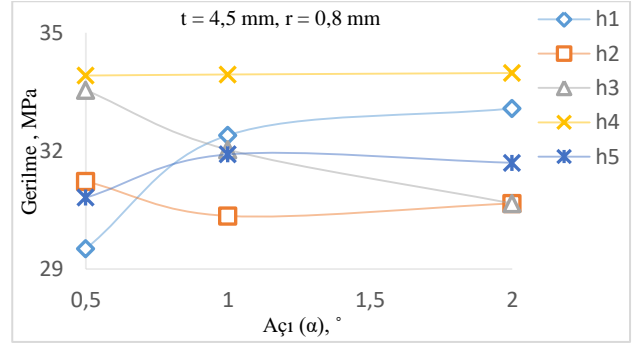
Şekil 11. B yüzeyinde gerilme feder kalınlığı ilişkisi

B bölgesindeki basınçta farklı yüksekliklerde ve yarıçaplarda değişiminin gerilme üzerinde etkisi görülmektedir (Şekil 12). Feder açısı $\alpha=0,5^\circ$ ve feder kalınlığı $t=1,35$ mm sabit tutulmuştur. Feder yarıçapı $r=0,2$ mm, feder yüksekliği $h=3$ mm ve $h=10,125$ mm olduğunda gerilme miktarı akma dayanımını geçmektedir. Ancak diğer parametrelerde tüm gerilmeler akma dayanımının altında kalmaktadır. En düşük gerilme feder yarıçapı $r=0,8$ mm ve $h=2$ mm olduğunda belirlenmiştir. Bu tasarımda gerilme oranı %15,6 azalmaktadır (35 MPa'dan 29,51 MPa'ya düşmüştür).



Şekil 12. B yüzeyindeki gerilme feder dip yarı çapı ilişkisi

B bölgesindeki basınçta farklı yüksekliklerde ve açı değerlerindeki değişiminin gerilme üzerindeki etkisi Şekil 13'de görülmektedir. Feder kalınlığı $t=1,35$ mm ve yarıçap değeri $r=0,8$ mm olarak sabit tutulmuştur. Feder kalınlığı $h=6,75$ mm olduğunda açının artması gerilme miktarını düzenli şekilde düşürmektedir. Ancak feder kalınlığı $h=2$ mm olduğunda gerilme miktarı feder açısının artışıyla artmaktadır.

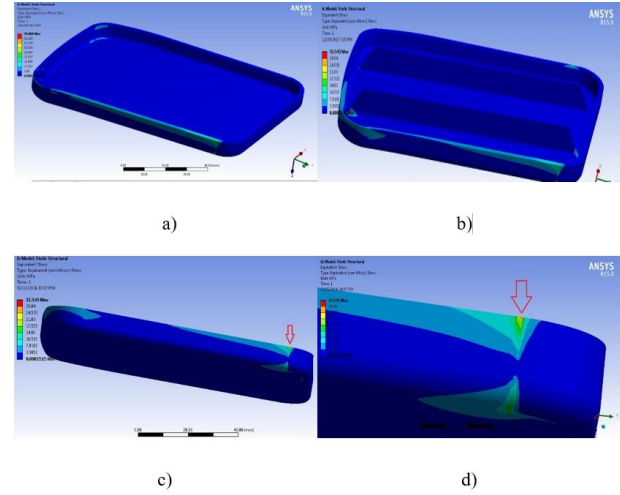


Şekil 13. B yüzeyindeki gerilme feder açısı ilişkisi

En düşük gerilmenin miktarı h_1 , r_5 ve t_4 parametrelerinde 35 MPa'tan 31,91 MPa'a düşerek federsiz parçaya göre gerilme miktarının yaklaşık %9 azaldığı tespit edilmiştir.

3.3. C Bölgesinde Oluşan Gerilme Miktarları

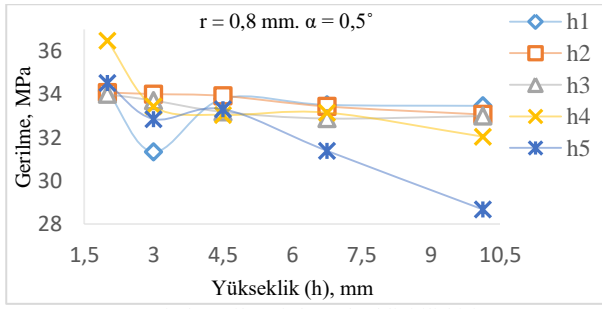
Federli ve federsiz numune meydana gelen gerilme miktarları ile gerilme analiz görüntüleri verilmiştir Şekil 14'te verilmiştir. Federsiz numune C yüzeyinden (köşeden) uygulanan basınç ile oluşan gerilme 35 MPa iken yarıçap değerinin 1,6 mm, yüksekliği 10,125 mm, polimer parça kalınlığının 1,35 mm ve feder açısının $0,5^\circ$ olduğu tasarımda gerilme miktarının 31,54 MPa olarak gerçekleşmiştir. Gerilme oranı yaklaşık %10 azalmaktadır.



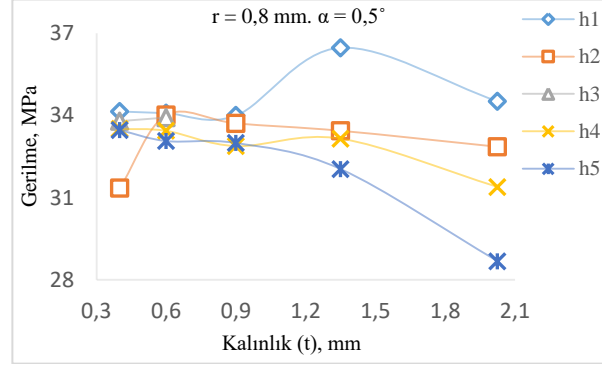
Şekil 14. C bölgesinde oluşan gerilme miktarları

- a) Federsiz numune
b) Federli numune ($h=10,125$ mm, $r=1,6$ mm, $t=1,35$ mm, $\alpha=0,5^\circ$)
c) Federli numune
d) Federli numune

C yüzeyinde, farklı kalınlıklarda ve yüksekliklerdeki değişiminin gerilme oranının üzerinde etkisi görülmektedir (Şekil 15). Federin $r=0,8$ mm ve $\alpha=0,5^\circ$ değerleri sabittir. Bu grafikte h_4 ve h_5 olduğunda kalınlığın artması gerilme miktarını nispeten düzenli şekilde düşürmektedir. En düşük gerilme değeri feder parametrelerinin h_5 , t_5 , r_4 ve α_1 olduğu tasarımda 28,26 MPa'da belirlenmiştir.

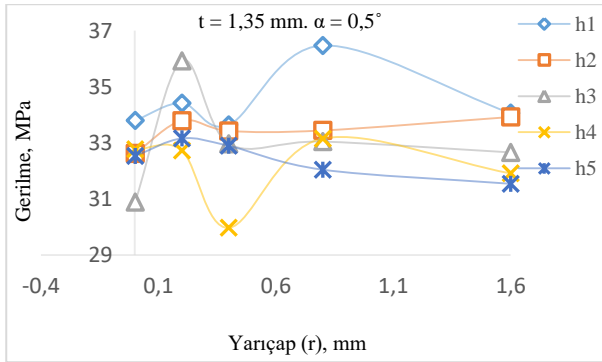


Şekil 15. C yüzeyinde gerilme feder yüksekliği ilişkisi



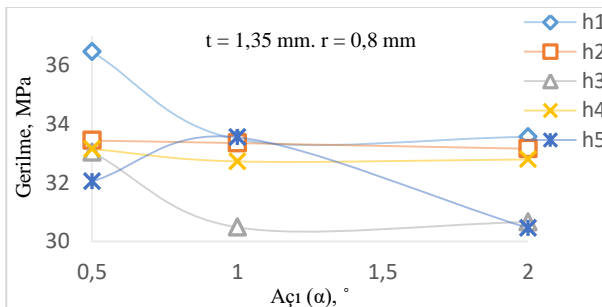
Şekil 16. C yüzeyinde gerilme feder kalınlığı ilişkisi

C bölgesindeki basınçta farklı yüksekliklerde ve yarıçaplarda değişiminin gerilme üzerinde etkisi Şekil 17'de görülmektedir. Feder açısı $\alpha=0,5^\circ$ ve kalınlığı $t=1,35$ ve sabit tutulmuştur.



Şekil 17. C yüzeyinde gerilme feder dip yarıçapı ilişkisi

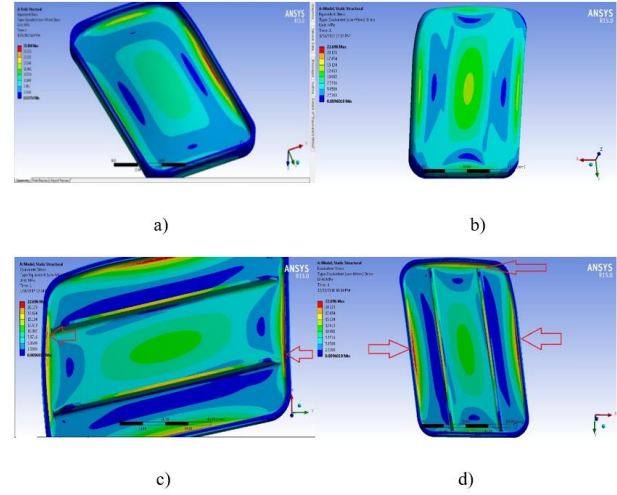
C bölgesindeki basınçta farklı yüksekliklerde ve açılardaki değişimin gerilme üzerinde etkisi Şekil 18'de verilmiştir. Yarıçap $r = 0,8$ mm ve feder kalınlığı $t = 1,35$ mm sabittir. α_1 ve h_1 olduğunda gerilme miktarı 36,46 MPa'da en yüksek gerilme olarak belirlenmiştir. En düşük gerilme feder parametreleri α_1 ve h_3 olduğunda, 30,48 MPa'da belirlenmiştir.



Şekil 18. C yüzeyinde gerilme feder açısı ilişkisi

3.4. D Bölgesinde Oluşan Gerilme Miktarları

D yüzeyindeki federli ve federsiz numunede oluşan gerilme miktarları ve gerilme analiz sonuçları verilmiştir (Şekil 19). Federsiz numunede D bölgesinden (arkadan) uygulanan basınç sonucunda oluşan gerilme 35 MPa iken, yarıçap değerinin 1,6 mm, yüksekliğinin 10,125 mm, polimer parça kalınlığı (t) 1,35 mm ve feder açısının $0,5^\circ$ olduğu tasarımdaki gerilme miktarının 22,68 MPa olarak belirlenmiştir. Gerilme oranı yaklaşık %35 azalmaktadır.



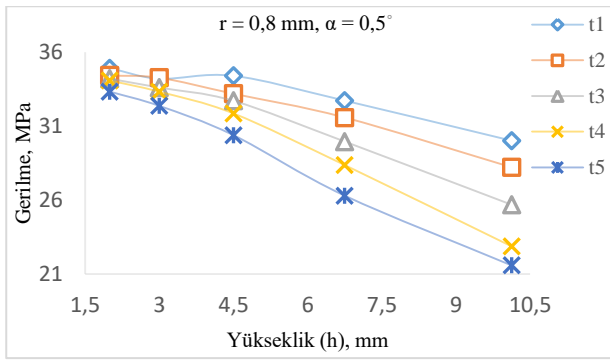
Şekil 19. D yüzeyinde oluşan gerilme miktarları.

a) Federsiz numune,

b) c) d) Federli numune ($h=10,125$ mm, $r=1,6$ mm, $t=1,35$ mm, $\alpha=0,5^\circ$)

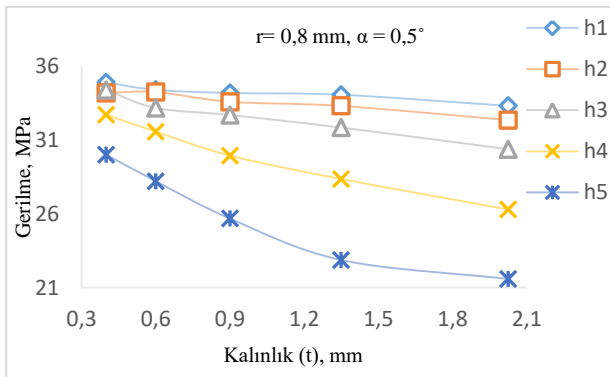
D bölgesindeki basınçta farklı kalınlıkların ve yükseklik değişimlerinin gerilme üzerinde etkisi Şekil 20'de verilmiştir. Federin $r=0,8$ mm ve $\alpha=0,5^\circ$ sabit tutulmuştur. Şekil 20 incelendiğinde federin yüksekliğinin artışı gerilme oranını azalmaktadır. En düşük gerilme, feder h_5 yükseklikte ve t_5 kalınlığında meydana gelmektedir, bu kalınlıkta yüksekliğin artmasıyla gerilme miktarını 33,32 MPa'dan 21,57 MPa'a düşürerek gerilme oranını yaklaşık %35 oranda azaltmaktadır.

En büyük yükseklik, en düşük gerilmeye sebep olmuştur. $h=10,125$ mm feder yüksekliğinde ve aynı zamanda $r=1,6$ mm feder yarı çapında en düşük gerilme meydana gelmektedir. Bu parametrelerde gerilme miktarı 33,41 MPa'dan 22,69 MPa'a düşerek gerilme oranı federsiz parçaya göre %32 azaltmaktadır. En düşük gerilme oluştuğunda gerilme miktarı 35 MPa dan 22,69 MPa düşmüş yani gerilme oranı federsiz plastik parçaya göre yaklaşık %35 azalmaktadır.



Şekil 20. D yüzeyinde gerilme feder yüksekliği ilişkisi

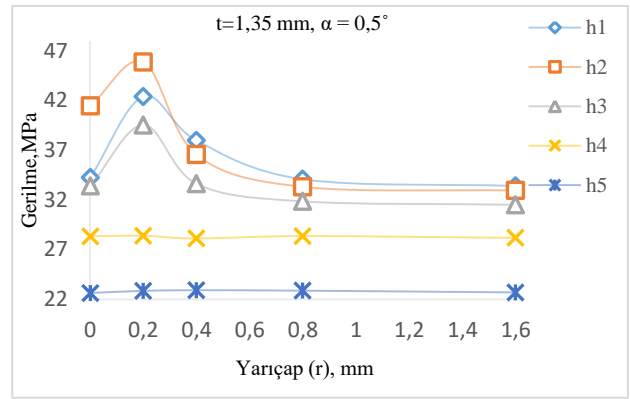
D yüzeyinde farklı yükseklikte ve kalınlıklardaki değişiminin gerilme üzerindeki etkisi Şekil 21'de görülmektedir. Kalınlığın artışı gerilmeye azalmaya neden olmuştur. Feder parametreleri $t=0,4$ mm ve $h=2$ mm olduğunda en yüksek gerilme 34,90 MPa'da gerçekleşmiştir. Gerilme miktarı akma dayanımının altında bulunmaktadır yani bu tasarımda kalıcı deformasyon oluşmamaktadır. Yükseklik arttıkça kalınlığın etkisinin gerilme üzerinde oldukça fazla olduğu görülmüştür. Ayrıca en düşük gerilme, en yüksek kalınlık ve yükseklikte görülmüştür. Dolayısıyla $h=6,75-10,125$ mm yüksekliklerinde kalınlığın artışı gerilmenin düşmesinde çok etkili olduğu tespit edilmiştir. Kalınlık artması, feder yüksekliği $h=10,125$ mm olduğunda gerilme oranını yaklaşık %37,5 azalmasına neden olmuştur. Feder parametreleri $t5$ ve $h5$ olduğunda en düşük gerilme tespit edilmiştir. Bu parametrelerde plastik parçanın gerilmesi miktarı 35 Mpa'dan 21,57 Mpa'a düşerek gerilme oranı federsiz parçayla karşılaştırıldığında %38 azalmaktadır.



Şekil 21. D yüzeyinde gerilme feder kalınlığı ilişkisi

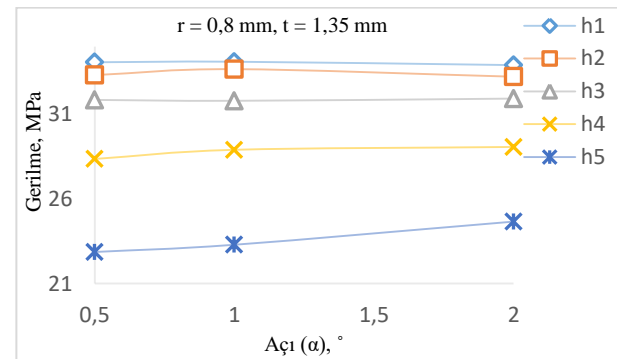
D bölgesindeki basınçta farklı yükseklik ve yarıçap değişimlerinin gerilme üzerindeki etkisi Şekil 22'de verilmiştir. Feder kalınlığı $t=1,35$ ve feder açısı $\alpha=0,5^\circ$ sabit tutulmuştur. Düşük yüksekliklerde ($h1, h2, h3$) yarıçapın $r=0,001$ mm'den $r=0,2$ mm'ye artması gerilme oranını artmaktadır. Ancak yarıçapın artmasıyla $r=0,2$ mm'den $r=0,4$ mm'ye, gerilme oranı düşmektedir.

En düşük gerilme $h=10,125$ olduğunda bulunmaktadır. Yarıçap $r=1,6$ mm olduğunda yüksekliğin artması gerilme miktarını 33,41 MPa dan 26,9 MPa düşürerek gerilme oranını %32 azaltmaktadır. En düşük gerilme de polimer numunenin gerilmesi federsiz polimer numuneye göre yaklaşık %34 azalmaktadır (35 MPa dan 22,69 MPa düşmüştür).



Şekil 22. D yüzeyinde gerilme feder dip yarıçapı ilişkisi

D bölgesindeki basınçta farklı yüksekliklerde ve farklı açılardaki değişiminin gerilme üzerindeki etkisi Şekil 23'de verilmiştir. Yarıçap değeri ($r=0,8$ mm) ve feder kalınlığı ($t=1,35$ mm) sabittir. Düşük yüksekliklerde açının artması gerilme miktarını değiştirmektedir ancak feder yüksekliği arttıkça açının artışı gerilme miktarını da artırmaktadır. En düşük gerilme $h5$ ve açı α_1 olduğunda gerçekleşmiştir. Açı $\alpha=0,5^\circ$ olduğunda yüksekliğin artması gerilme miktarını 34,07 MPa'dan 22,86 MPa'a düşürerek gerilme oranı %33 azaltmaktadır. Ayrıca bu değerde gerilme oranı federsiz parçaya göre yaklaşık %34,6 azalmaktadır (35 MPa'dan 22,86 MPa'a düşmüştür).



Şekil 23. D yüzeyinde gerilme feder açısı ilişkisi

4. SONUÇ

Gerilme analizine göre federli ve federsiz polimer numunede gerilme dağılımının yaklaşık değerlerde olduğu tespit edilmiştir (Tablo 6).

Tablo 6. Federli numunede elde edilen en büyük/en küçük gerilme miktarları

Basınç uygulanan yüzey	En büyük gerilme miktarı	Değişim oranı %	En küçük gerilme miktarı	Değişim oranı %
A	41,99	+%20	31,49	-%10
B	39,03	+%19,7	26,3	-%25
C	42,35	+%21	28,68	-%18
D	56,38	+%61	21,57	-%39

- A bölgesinden uygulanan basınçta en düşük gerilme 31,49 MPa ve en yüksek gerilme 41,99 MPa da görülmektedir. Feder yüksekliği 6,75 mm, yarıçap

değerinin 1,6 mm, polimer numune kalınlığının 0,6 mm ve feder açısının $0,5^\circ$ olduğu tasarımda en düşük gerilme tespit edilmiştir. Feder yüksekliğinin 10,125 mm, yarıçap değerinin 0,2 mm, polimer malzeme kalınlığının 1,35 mm ve feder açısının $0,5^\circ$ olduğu tasarımda en yüksek gerilme olduğu tespit edilmiştir. Federlerin etkisi parçanın gerilme oranının %10 azaltmasında ve %20 artmasında görülmektedir.

- B bölgesinden uygulanan basınçta en düşük gerilme 26,3 MPa ve en yüksek gerilme 39,03 MPa da görülmektedir. Feder yüksekliği 3 mm, yarıçap değerinin 0,001 mm, polimer numune kalınlığının 0,6 mm ve feder açısının $0,5^\circ$ olduğu tasarımda en düşük gerilme tespit edilmiştir. Feder yüksekliği 3 mm, polimer malzeme kalınlığının 1,35 mm, yarıçap değerinin 0,2 mm ve feder açısının $0,5^\circ$ olduğu tasarımda en yüksek gerilme olduğu tespit edilmiştir. Federlerin etkisi parçanın gerilme oranının %25 azaltmasında ve %19,7 artmasında tespit edilmiştir.
- C bölgesinden uygulanan basınçta en düşük ve en yüksek gerilme 28,21 MPa ve 42,35 MPa da görülmektedir. Feder yüksekliği 10,125 mm, yarıçap değerinin 0,8 mm, polimer numune kalınlığının 2,025 mm ve feder açısının $0,5^\circ$ olduğu tasarımda en düşük gerilme tespit edilmiştir. Feder yüksekliği 2 mm, polimer malzeme kalınlığının 0,9 mm, yarıçap değerinin 1,6 mm ve feder açısının 1° olduğu tasarımda en yüksek gerilmenin olduğu tespit edilmiştir. Federlerin etkisi parçanın gerilme oranının %18 azaltmasında ve %21 artmasında tespit edilmiştir.
- D bölgesinden uygulanan basınçta en düşük gerilme 21,57 MPa ve en yüksek gerilme 56,38 MPa da görülmektedir. Feder yüksekliği 10,125 mm, yarıçap değerinin 0,8 mm, polimer numune kalınlığının 2,025 mm ve feder açısının $0,1^\circ$ olduğu tasarımda en düşük gerilme tespit edilmiştir. Feder yüksekliği 2 mm, polimer malzeme kalınlığının 2,025 mm, yarıçap değerinin 0,001 mm ve feder açısının 1° olduğu tasarımda en yüksek gerilmenin olduğu tespit edilmiştir. Federlerin etkisi parçanın gerilme oranının %39 azaltmasında ve %61 artmasında tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Guo W, Hua L, Mao H. Minimization of sink mark depth in injection-molded thermoplastic through design of experiments and genetic algorithm. *Int J Adv Manuf Technol.* 2014; 72(1-4):365-375.
- [2] Erzurumlu T, Özcelik B. Minimization of warpage and sink index in injection-molded thermoplastic parts using Taguchi optimization method. *Mater. Des.* 2006;27(10): 853-861.
- [3] Mathivanan D, Nouby M, Vidhya R. Minimization of sink mark defects in injection molding process-Taguchi approach. *Int J of Eng Science and Technol.* 2010; 2(2):13-22.
- [4] James P, Krishna DM, Kotresh G, Varughese B. Finite element analysis of inter spare ribs of composite wing of light transport aircraft against brazilian load. In National Conference on Scientific Achievements of SC and ST Scientists and Technologists. 2009, Bangalore:2009. 17.
- [5] Salimi H, Noorabadi M, Eskandari JJ. Vibration Analysis of Composite Cylindrical Shell Reinforced with Circumferential Rib. *Tabriz J of Mechanic.* 2016; 46(2):167-172.
- [6] Lam YC, Santhikumar S. Automated rib location and optimization for plate structures. *Struct Multidiscip Optim.* 2003; 25(1):35-45.
- [7] Manaf ARA, Zawawi MZ, Adly NZI. Thin Walled Part Warping Overcoming by Honeycomb Ribs Design. In *Adv Mater. Res.* 2014; 903:181-186.
- [8] Lan T, Chiu MC, Yeh LJ. An Approach to Rib Design of Injection Molded Product Using Finite Element and Taguchi Method. *Inf Technol J.* 2008;7(2): 299-305.
- [9] Chung J, Lee K. Optimal design of rib structures using the topology optimization technique, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. J of Mech. Eng Science.* 1997; 211(6):425-437.
- [10] Rostami LS, Akbari AR, Kolahdouz A. Effect of geometrical parameters of cylindrical composite grid structures in behavior buckling. *J of Mech Eng.* 2015;8(3) 197-207.
- [11] Khakzad F. Feder parametrelerinin plastik parça mukavemeti üzerindeki etkilerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Gazi Üniversitesi; 2017.
- [12] <http://www.matweb.com/search/datasheet.aspx?matguid=2d1f886e8e964ebf8cc57c4c400b7816&ckck=1>



The Inhibitory Effect of Poly (DMAA-co-MMA) on Bacteria, Yeast and Dermatophyte Fungi Which Cause Serious Illnesses in People

Pınar ERECEVİT SÖNMEZ^{1*}, Güzin PIHTILİ¹, Sevda KIRBAĞ²

¹ Munzur Üniversitesi, Pertek Sakine Genç Meslek Yüksek Okulu, Tıbbi Hizmetler Bölümü, Tunceli, Türkiye

² Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Elazığ, Türkiye

Pınar ERECEVİT SÖNMEZ ORCID No: 0000-0003-2389-0694

Güzin PIHTILİ ORCID No: 0000-0003-2261-6810

Sevda KIRBAĞ ORCID No: 0000-0002-4337-8236

*Corresponding author: perecevit@munzur.edu.tr

(Alınış: 20.02.2021, Kabul: 08.09.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Keywords

New antimicrobial polymeric compound, Inhibitory effect, Poly (DMAA-co-MMA)

Abstract: In this study, it was researched the inhibitor effects of solutions including dichloromethane of poly dimethylacrylamide-co-methylmethacrylate P(DMAA-co-MMA) on microorganisms such as bacteria, yeast and dermatophyte fungi which cause serious illnesses in people. This solution, which was examined by the disc diffusion method, has antimicrobial feature upon preventing the proliferation of all bacteria (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*) and dermatophyte fungi except *Bacillus megaterium* and *Klebsiella pneumoniae*. In antimicrobial susceptibility data; poly P(DMAA-co-MMA) dissolved in dichloromethane has an inhibitory effect against the growth of yeast and dermatophyte fungi (on *Candida* spp. with 11.3 mm / inhibition area - 12.3 mm / inhibition area and 11.3 mm / inhibition area on *Epidermophyton* sp. - 11.3 mm / inhibition area on *Trichophyton* sp.) (P <0.001). MIC (Minimal inhibition concentration) breakpoints that strengthen the disk diffusion method are 50-100 µL (4500- 9000 µg in 10 mL) as the smallest value that inhibits the growth of bacteria, yeasts, dermatophyta. The antimicrobial compound can be of great advantage to illuminate future studies in this area. The polymer used in the study will provide a promising new addition to antimicrobial polymers that fight microorganisms that cause inflammation and fungal infections.

İnsanlarda Ciddi Hastalıklara Neden Olan Bakteri, Maya ve Dermatofit Mantarları Üzerinde Poly (DMAA-co-MMA) 'nin İnhibe Edici Etkisi

Anahtar

Kelimeler

Yeni antimikrobiyal polimerik bileşik, İnhibitör etki, Poli (DMAA-co-MMA)

Öz: Bu çalışma da insanlarda ciddi hastalıklara neden olan bakteri, maya ve dermatofit mantarları gibi mikroorganizmalar üzerindeki poli dimetilakrilamid-ko-metilmetakrilat'ın poli P (DMAA-co-MMA) diklorometan içeren çözeltilerinin inhibitör etkilerini araştırıldı. Disk difüzyon yöntemi ile incelenen bu çözelti, *Bacillus megaterium* ve *Klebsiella pneumoniae* dışındaki tüm bakterilerin (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*) ve dermatofit mantarlarının çoğalmasını engelleyerek antimikrobiyal özelliğe sahiptir. Antimikrobiyal duyarlılık verilerinde, diklorometan içinde çözünen poli P (DMAA-ko-MMA) maya ve dermatofit mantarlarının büyümesine karşı inhibe edici bir etkiye sahiptir (*Candida* spp. üzerinde 11.3mm / inhibisyon alanı - 12.3 mm / inhibisyon alanı) ve *Epidermophyton* sp. üzerinde 11.3 mm / inhibisyon alanı - *Trichophyton* sp. üzerinde 11.3 mm / inhibisyon alanı) (P <0.001). Disk difüzyon yöntemini güçlendiren MIC (Minimal inhibisyon konsantrasyonu) sınır değerleri bakteriler, mayalar, dermatofitlerin büyümesini engelleyen en küçük değer olarak 50-100 µL'dir (10 mL de 4500- 9000 µg). Antimikrobiyal bileşik, gelecek bu alandaki çalışmalarını aydınlatmak için büyük avantaj sağlayabilir. Çalışmada kullanılan polimer, iltihaplanma ve mantar enfeksiyonlarına neden olan mikroorganizmalar ile savaşan antimikrobiyal polimerlere umut verici yeni bir katkı sağlayacaktır.

1. INTRODUCTION

In recent years, the use of polymers due to their antimicrobial properties has gained importance in scientific studies as well as in the industry [1-3]. Polymers are used efficiently and widely in antimicrobial areas due to their original properties [4]. In general, the mechanism of action of the polymers takes two forms. One of these is reactive oxygen formation on the main chain under infrared light and the other is known as the disruption of the bacterial cell membrane [5, 6]. Bacteria are developing resistance to conventional antibiotics. Therefore, it is extremely important to produce new antimicrobial materials with low bacterial resistance and high antibacterial activity. The interaction between the positive charges in the functional groups of the polymers and the negative charges of the bacterial membrane is very important [7, 8]. Cationic polymers show antimicrobial activity against bacteria and viruses because they contain many positive charges [9].

Most of the polymers having antimicrobial properties are classified as cationic quaternary polyelectrolytes and these are generally acrylate and methacrylate derivatives. Many parts of acrylate and methacrylate polymers are prepared by commercially available monomers. So as to investigate the inhibitor features of polymers, different type homo and copolymers were prepared by changing the parameters such as molecular weight, hydrophobic character and charges [10].

The activity of quaternary ammonium compounds, which are known to be biologically active, varies depending on the type of nitrogen-dependent atoms, the amount of nitrogen atoms and the counterion. The organic groups are usually aryl, alkyl and heterocyclic structures [11]. These substituents should be coherent with the hydrophobic structure of the cell wall. Therefore, it must be a hydrophobic group containing one or more long alkyl chains [12]. An increase in the alkyl chain length of a polymer has been shown to follow a rise in hydrophobic interactive relation with the lipid two layers of the cell wall, that rises the inhibitory effect of the polymer [13].

With the use of biocidal polymers, there is hope to increase the effectiveness of some existing antimicrobial compounds and also increasing their selectivity and extending the life of antibiotics [14].

Based on this statement, the development of new antimicrobials containing polymers highlights the importance of the work. Thus, we conducted the study to find out whether the polymer has an inhibitory effect on bacteria, yeast and dermatophyte fungi that cause serious diseases in humans, or whether it can be a candidate for new antimicrobial polymers. Moreover, there are no studies on the antimicrobial properties of this polymer.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Screening of Antimicrobial Effects

2.1.2. Materials

Poly (dimethylacrylamide-co-methyl methacrylate); P(DMAA-co-MMA) (0.63 g) was treated in 10 mL dichloromethane (% 99.9) solvent by keeping on a rotary shaker (100 rpm) for 24 h. These materials were filtered under suitable aseptic conditions and left at 4 °C for further study. Then, 100 µL of the solutions (25 mg L⁻¹) were injected into 6 mm diameter blank antibiotic paper discs (Schleicher & Schüll No: 2668, Germany) to try the test isolates separately.

2.1.3. Microbial Strain

The bacteria (*Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* DSM 50071, *Staphylococcus aureus* COWAN 1, *Bacillus megaterium* DSM 32), yeasts (*Candida albicans* FMC 17, *Candida glabrata* ATCC 66032) and dermatophyta (*Trichophyton* sp., *Epidermophyton* sp.) were tested as species for the current study. The tested pathogens were taken by the Department of Biology, Firat University, Microbiology Laboratory, Elazığ-Turkey.

2.1.4. Sensitivity Test

The agar disc diffusion method was performed in order to detect antimicrobial sensitivity test. Mueller Hinton Agar, Yeast Malt Extract Agar and Sabouraud Dextrose Agar were prepared separately in erlen-meyer bottles under laboratory conditions and brought to 45-50 °C pouring temperature, with the culture of microorganisms to be prepared as explained, will be added at the incidence of %1 (10⁶ cells mL⁻¹ of bacteria, 10⁴ cells mL⁻¹ yeast and cells mL⁻¹ dermatophyte fungi as per Mc Farland standard). 15 mL medium by shaking well is poured in to sterile petri plates and homogenously distributed. The discs (6 mm diameter) with treated 10 µL of plant solution were added to the appropriate agar media inoculated microorganism. Then, petri dishes were stored at 4 °C for 2 h. The cultivated petri dishes were incubated at 37 ± 0.1 °C at 24 h for bacterial isolates and also at 25 ± 0.1 °C at 72 h for yeasts and dermatophyte pathogens. The antibacterial, antifungal and antidermatophyte sensitivity of this polymer solution were evaluated by observing the inhibition area on the disks [15]. Micostatin and ampicillin sulbactam were used as positive control. Dichloromethane as negative control was used. The experiment was repeated twice.

2.1.5. Minimal Inhibition Concentration

MIC values of this polymer against analyzed microorganisms were revealed with a micro-well dilution method [16]. The cultures were obtained in Mueller Hinton Broth (Difco, Difco Laboratories, Detroit, MI, USA). The passages of microorganisms were prepared with 18-24 h broth cultures at 37±1° C for bacteria, 25 ± 0.1° C at 72 h broth cultures for yeast and

dermatophyte pathogens and they were set at a blur of 0.5 Mc Farland Standard. The polymer solution was first examined at a maximum concentration of 9000 μg and then serial 2-fold subutilizations of 6.25 to 100 μL (562.5 – 9000 μg) were performed on aseptic microtiter plates containing broth. These serial dilutions were then tested on broth cultures of bacteria, yeast, dermatophyte fungi read on an optical density meter. Microplates to be examined for growth later on were incubated for 18-24 h at $37\pm 1^\circ\text{C}$ for bacteria and 72 h at $25\pm 0.1^\circ\text{C}$ for yeast and dermatophyte pathogens. It was defined as the smallest value of that sample for the nominal value of the polymer used to prevent proliferation of microorganisms. This is the last tube symbolization (mg mL^{-1}) whose demetric is not microbial growth.

2.1.6. Statistical Analysis

Statistical comparisons were made between the solution and control groups (ampicillin sulbactam, micostatin) in relation to measurable preventive activity against bacteria, yeast and dermatophytes. SPSS 15 soft ware was used for statistical evaluation (SPSS Inc., Chicago IL). The values were achieved by analysis of variance (ANOVA) and the lowest significant difference (LSD) tests were specified as mean \pm SE. $P < 0.001$ were evaluated for the variations between solution and control groups. P value given as foot notes below **Table 1** and **2** were considered significant effect. This study was conducted in three repetition.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

Polymers can be obtained from components such as fibers, films, gels, beads, nanoparticles. Polyethylene (PE), polyurethane (PU), polytetrafluoroethylene (PTFE), polyacetal (PA), polymethylmethacrylate (PMMA), polyethylenethacrylate (PET), silicone rubber (SR), polysulfone (PS), polylactic acid (PLA), polyglycolic acid (PGA) and many polymers are used in healthcare. In this study, using the polymer containing polymethylmethacrylate (PMMA) mentioned in the health field with the discovery of new antimicrobial polymers It is aimed to enable the treatment of infections caused by microorganisms [17].

Polymer solutions inhibited yeast and dermatophyte isolates and other bacteria (*E. coli*; 8.6 mm / inhibition zone, *S. aureus*; 8.6 mm / inhibition zone, *P. aeruginosa*; 10.3 mm / inhibition zone) ($P < 0.001$; d) except for *B. megaterium* and *K. penumoniae* (a: $P > 0.05$) but compared to yeasts and dermatophytes it exhibited moderate inhibition zones (**Table 1**). Polymer solution, It showed a lower zone of inhibition on bacteria compared to ampicillin sulbactam.

The mean zone of inhibition for dermatophytes and yeasts ranged from 11.3 mm / zone of inhibition to 12.3 mm / zone of inhibition and polymer solutions showed a significant fungicidal effect notably on *C. glabrata* (11.33 mm / zone of inhibition), *Epidermophyton* sp. (11.33 mm / zone of inhibition), *Trichophyton* sp. (12.33 mm mm / zone of inhibition) control compared to that of the positive control. Mycostatin showed an effect

ranging from 8.6 mm / zone of inhibition to 12.3 mm / zone of inhibition. ($P < 0.001$; d) (**Table 1**). Negative control; dichloromethane is effective in inhibiting the growth of all microorganisms except gram negative bacteria (8.6 mm / inhibition zone). Compared to the negative control, it is varyingly effective in inhibiting the growth of all microorganisms except *B. megaterium*, *K. pneumoniae*.

Table 1. The inhibitory effects of P(DMAA-co-MMA) by the agar disc diffusion method.

Microorganism s	P(DMAA-co-MMA) solutions		
		Standart antibiotics	DM
<i>E. coli</i>	8.66 \pm 0.3 ^d	12.3 \pm 0.3*	-
<i>S. aureus</i>	8.66 \pm 0.3 ^d	10.3 \pm 0.3*	8.6 \pm 0.3
<i>B. megaterium</i>	-	12.3 \pm 0.3*	8.6 \pm 0.3
<i>P. aeruginosa</i>	10.3 \pm 0.3 ^d	12.3 \pm 0.3*	-
<i>K. pneumoniae</i>	-	19.6 \pm 0.3*	-
<i>C. albicans</i>	12.3 \pm 0.3 ^d	12.3 \pm 0.3**	9.6 \pm 0.3
<i>C. glabrata</i>	11.3 \pm 0.3 ^d	8.6 \pm 0.3**	9.6 \pm 0.3
<i>Epidermophyton</i> sp.	11.3 \pm 0.3 ^d	8.6 \pm 0.33**	8.66 \pm 0.3
<i>Trichophyton</i> sp.	12.3 \pm 0.3 ^d	8.6 \pm 0.33**	8.66 \pm 0.3

P(DMAA-co-MMA) solutions; P(DMAA-co-MMA) (0.63 g) was treated in 10 mL dichloromethane (% 99.9) solvent. The positive control; ampicillin sulbactam (*) and mycostatin (**) (100 μL and 20 μg /disc). Dichloromethane: DM Dichloromethane as negative control was used. Inhibition zone > 15 mm (highly inhibitory effect; $p < 0.0001$; cd), 9-14 mm (effective; $P < 0.001$; d), (a: $P > 0.05$): it has not inhibitory effect.

Table 2 gives the minimum inhibitory concentration of the polymer solution for complete inhibition. The initial dilution which tried to prevent the growth of the relevant microorganisms causing the disease was determined as 100 μL (9000 μg). According to this; results *C. albicans*, *Epidermophyton* sp. and the lowest inhibitor concentration on *Trichophyton* sp. is 50 μL :4500 μg and for *C. glabrata* 100 μL ; 9000 μg . On the other hand, it showed inhibitory effect with a concentration of 9000 μg effectiveness against *E. coli*, *S. aureus*, *P. aeruginosa*. The MIC values obtained for the fungi and dermatophyte species used were lower than for the bacterial species. This variability in sensitivity, We think it stems from differences in cells and cell wall structures [18]. In addition, studies on the antimicrobial effects of the polymer components (methacrylamide and methylmethacrylate) are scarcely any.

In a study, they could not find more antimicrobial feature of poly (methacrylic acid) (PMAA) copolymers, which is one of the components of the polymer we used, and they stated that electrostatic effects owing to negatively charged surfaces only delayed bacterial binding and biofilm formation [19].

In a study done It has been reported that acrylic acid groups in copolymers have a bactericidal feature as well as its known adhesion reducing effects. It has also been stated that the high amount of acrylic acid (about 40 % by weight) in the polymer creates a hostile micro-environment for bacteria and leads to the death of microorganisms [20].

Table 2. The antimicrobial characteristic of P(DMAA-co-MMA) by the minimum inhibition concentration (MIC in 100 µL; 9000 µg).

Microorganisms	Inhibition area (µg)
	Poly dimethylacrylamide-comethylmethacrylate P(DMAA-co-MMA) solutions MIC values as concentration
<i>E. coli</i>	9000
<i>S. aureus</i>	9000
<i>B. megaterium</i>	-
<i>P. aeruginosa</i>	9000
<i>K.pneumoniae</i>	-
<i>C. albicans</i>	4500
<i>C. glabrata</i>	9000
<i>Epidermophyton sp.</i>	4500
<i>Trichophyton sp.</i>	4500

P(DMAA-co-MMA) solution that we used in our study had a bacteriostatic effect on *E. coli*, *S. aureus*, *P. aeruginosa*. When the comparison is made in terms of acrylic acid groups, we think that it may have stopped the growth of bacteria instead of directly killing the bacteria due to the low amount used.

The feature that makes this study different from other studies is that; this polymer was first tested on these microorganisms and is a new drug component to be used in the pharmaceutical industry with its effectiveness on dermatophyte fungi and yeasts that cause serious diseases in humans.

In a study conducted, Amphiphilic methacrylate copolymers had a bacteriostatic effect on bactericidal on *E. coli*, bacteriostatic on *S. aureus* and *Acinetobacter baumannii*, *P. aeruginosa* and *Enterobacter* spp., Methacrylate copolymer had a bacteriostatic effect on *E. coli*, *S. aureus* and *Acinetobacter baumannii*, *P. aeruginosa* and *Enterobacter* spp. [21].

In one study, significant adhesion of *Proteus* sp. and *Pseudomonas* sp. was found in PMMA samples containing Gentamicin [22]. As is known, with its adhesion feature, bacteria are colonized in the environment and play an important role in pathogenesis [23]. Based on these statements and data, the PMMA substance contained in the poly-dimethylacrylamide-comethyl methacrylate P (DMAA-co-MMA) polymer has a positive effect on the development of *P. aeruginosa*. However, according to the results of our antimicrobial susceptibility test, we can say that this polymer containing PMMA substance has an inhibitory effect on gram negative bacteria such as *P. aeruginosa* by showing synergistic properties in terms of antimicrobial effect.

Polymethylmethacrylate (PMMA) has the biggest drawback promoting bacterial adhesion. In one study, *Staphylococcus* strains were stated to have an adherence feature against PMMA. However, when we performed antimicrobial susceptibility test of PMMA containing P (DMAA-co-MMA) polymer, it had a bacteriostatic effect on *S. aureus* proliferation. In this case, we can say that in terms of antimicrobial effect, the PMAA substance showed interaction with other

substances and destroyed the adhesion feature of *S. aureus* [24].

The absence of any studies on dermatophytes and yeasts and the results we have obtained on dermatophytes and yeasts prove that this polymer and its ingredients can be a new antifungal polymer that can be used in the pharmaceutical field. It will shed light on the development of new polymers and in vivo applications to treat resistant microbial diseases that existing drugs can not cure.

4.CONCLUSIONS

Polymeric biomaterials are becoming increasingly important materials in different applications in the medical field due to their antimicrobial effects. Polymeric biomaterials should not cause any reaction, allergy, coagulation or inflammation when used in biomaterials in living cells and tissues [17]. In other words, the most important requirement for its use in medical applications in terms of biocompatibility is that it is compatible with the properties that determine its behavior when it comes into contact with the body [25]. The polymer can also be an alternative to usage areas in implants, biomedical devices and biological protective materials. It used in this study will provide a promising new addition to antimicrobial polymers that fight microorganisms that cause inflammation.

REFERENCES

- [1] Chen H, Li M, Liu Z, Hu R, Li S, Guo Y, et al. Design of antibacterial peptide-like conjugated molecule with broad spectrum antimicrobial ability. *Sci China Chem.* 2018;61:113-117. Doi:10.1007/s11426-017-9034-y
- [2] Peng F, Qiu L, Chai R, Meng F, Yan C, Chen Y, et al. Conjugated polymer-based nanoparticles for cancer cell-targeted and image-guided photodynamic therapy. *Macromol Chem Phys.* 2018;219(4):1700440. Doi:10.1002/macp.201700440
- [3] Xu FJ, Neoh KG, Kang ET. Bioactive surfaces and biomaterials via atom transfer radical polymerization. *Prog Polym Sci.* 2009;34:719-61. Doi: 10.1016/j.progpolymsci.2009.04.005
- [4] Kenawy ER, Worley SD, Broughton R. The chemistry and applications of antimicrobial polymers: A state-of-the-art review. *Biomacromolecules.* 2007;8(5):1359-84. Doi: 10.1021/bm061150q
- [5] Chemburu S, Corbitt TS, Ista L, Ji E, Lopez G, Ogawa K, et al. Light-induced biocidal action of conjugated polyelectrolytes supported on colloids. *Langmuir.* 2008;24(19):11053-11062. Doi: 10.1021/la8016547.
- [6] Ma BC, Ghasimi S, Landfester K, Zhang KAI. Enhanced visible light promoted antibacterial efficiency of conjugated microporous polymer nanoparticles via molecular doping. *J Mater Chem B.* 2016; 4: 5112-5118. Doi: 10.1039/c6tb00943c.

- [7] Parthasarathy A, Pappas HC, Hill EH, Huang Y, Whitten DG, Schanze KS. Conjugated polyelectrolytes with imidazolium solubilizing groups. Properties and application to photodynamic inactivation of bacteria. *ACS Appl Mater Interfaces*. 2015;7(51):28027-28034. Doi:10.1021/acsami.5b02771.
- [8] Xu Q, He P, Wang J, Chen H, Lv F, Liu L, et al. Antimicrobial activity of a conjugated polymer with cationic backbone. *Dyes Pigm*. 2009;160: 519-523. Doi: 10.1016/j.dyepig.2018.08.049
- [9] Murata H, Koepsel RR, Matyjaszewski K, Russell AJ. Permanent, Non-Leaching antibacterial surface2: How high density cationic surfaces kill bacterial cells. *Biomaterials*. 2007;28(32):4870-9. Doi: 10.1016/j.biomaterials.2007.06.012
- [10] Gottenbos B, Grijpma DW, Van der Mei HC, Feijen J, Busscher HJ. Antimicrobial effects of positively charged surfaces on adhering gram-positive and gram-negative bacteria. *J Antimicrob Chemother*. 2001; 48:7-13. Doi: 10.1093/jac/48.1.7
- [11] Li G, Shen J, Zhu Y. A Study of pyridinium-type functional polymers. III. preparation and characterization of insoluble pyridinium-type polymers. *J Appl Polym Sci*. 2000; 78:668-75. Doi: [https://doi.org/10.1002/1097-4628\(20001017\)78:3<668::AID-APP230>3.0.CO;2-A](https://doi.org/10.1002/1097-4628(20001017)78:3<668::AID-APP230>3.0.CO;2-A)
- [12] Sauvet G, Dupond S, Kazmierski K, Chojnowski J. Biocidal polymers active by contact. synthesis of polysiloxanes with biocidal activity. *J Appl Polym Sci*. 2000; 75:1005-12. Doi: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4628\(20000222\)75:8<1005::AID-APP5>3.0.CO;2-W](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4628(20000222)75:8<1005::AID-APP5>3.0.CO;2-W)
- [13] Abel T, Cohen JI, Engel R, Filshtinskaya M, Melkonian A, Melkonian K. Preparation and investigation of antibacterial carbohydratebased surfaces. *Carbohydr Res*. 2002;337(24): 2495-9. Doi: 10.1016/s0008-6215(02)00316-6
- [14] Kenawy El-R, Worley SD, Broughton R. The chemistry and applications of antimicrobial polymers: A state-of-the-art review. *Biomacromolecules*. 2007;8(5):1359-1384. Doi: 10.1021/bm061150q
- [15] Torğut G, Pıhtılı G, Erecevit Sönmez P, Erden Y, Kırbağ S. Synthesis and antimicrobial and anticancer activities of Sodium acrylate copolymers. *J Bioact Compat Poly*. 2020; 35:179-188. Doi: 10.1177/0883911520913910
- [16] NCCLS. Methods for dilution and antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically; approved standard- fifth edition, NCCLS document M7-A5, NCCLS, Wayne, P A, USA: 2000.
- [17] Tüylek Z. Smart polymers used in the field of health. *J Inonu Univ Health Serv Voc Sch*. 2019;7(1):81-95. Doi: 10.33715/inonusaglik.518570
- [18] Ekpo MA, Etim PC. Antimicrobial activity of ethanolic and aqueous extracts of *Sida acuta* on microorganisms from skin infections. *J Med Plant Res*. 2009;3(9): 621-624.
- [19] Gottenbos B, Van der mei HC, Busscher HJ, Grijpma DW, Feijen J. Initial adhesion and surface growth of *Pseudomonas aeruginosa* on negatively and positively charged poly(methacrylates). *J Mater Sci Mater Med*. 2000;10(12):853-5. Doi: 10.1023/a:1008989416939
- [20] Gratzl G, Paulik C, Hild S, Guggenbichler JP, Lackner M. Antimicrobial activity of poly (acrylic acid) block copolymers. *Mater Sci Eng C*. 2014; 38:94-100. Doi: 10.1016/j.msec.2014.01.050
- [21] Kamaruzzaman NF, Tan LP, Hamdan RH, Choong SS, Wong WK, Gibson AJ, et al. Antimicrobial Polymers: The potential replacement of existing antibiotics? *Int J Mol Sci*. 2019;20(11): 2747. Doi: 10.3390/ijms20112747.
- [22] [Internet]. Anatomical structures of bacteria (Bakterilerin anatomik yapıları). [cited 2020 Febr10]. Available from: <http://cdn.istanbul.edu.tr/FileHandler2.ashx?f=bakterilerin-anatomik-yapilari.pdf>. 2020.
- [23] Chang CC, Merritt K. Effect of *Staphylococcus epidermidis* on adherence of *Pseudomonas aeruginosa* and *Proteus mirabilis* to polymethyl methacrylate (PMMA) and gentamicin-containing PMMA. *J Orthop Res*. 1991;9(2):284-8. Doi: 10.1002/jor.1100090217.
- [24] Veyries ML, Faurisson F, Joly-Guillou ML, Rouvei B. Control of Staphylococcal adhesion to Polymethylmethacrylate and enhancement of susceptibility to antibiotics by poloxamer. *A A C*. 2000;44(4):1093-1096. Doi:10.1128/aac.44.4.1093-1096.2000.
- [25] Moraes Porto ICC. Polymer Biocompatibility, Polymerization. [2012 Sept 12th]. Edited by Ailton De Souza Gomes, IntechOpen. Doi: 10.5772/47786. Available from: <https://www.intechopen.com/books/polymerization/polymer-biocompatibility>. 2012.



Fe ve Ti katkılı Çift Fazlı Kalsiyum Fosfatların Sentez ve Karakterizasyonu

Tankut ATEŞ^{1*}, Turan İNCE², Serdar ACAR², Ömer KAYGILI², Niyazi BULUT², Serhat KESER³, Süleyman KÖYTEPE⁴

¹ Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Mühendislik Temel Bilimleri Bölümü, Malatya, Türkiye

² Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, Elazığ, Türkiye

³ Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Elazığ, Türkiye

⁴ İnönü Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Malatya, Türkiye

Tankut ATEŞ ORCID No: 0000-0002-4519-2953

Turan İNCE ORCID No: 0000-0001-7885-1882

Serdar ACAR ORCID No: 0000-0001-8172-6660

Ömer KAYGILI ORCID No: 0000-0002-2321-1455

Niyazi BULUT ORCID No: 0000-0003-2863-7700

Serhat KESER ORCID No: 0000-0002-9678-1053

Süleyman KÖYTEPE ORCID No: 0000-0002-4788-278X

*Sorumlu yazar: tankut.ates@ozal.edu.tr

(Alınış: 23.02.2021, Kabul: 18.11.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Anahtar Kelimeler

Hidroksiapatit,
Beta trikalsiyum
fosfat (β -TCP),
X-ışını kırınımı
(XRD),
Morfoloji

Öz: Bu çalışmada, Ti katkısının Fe esaslı çift fazlı kalsiyum fosfat malzemelerinin yapısal, morfolojik ve termal özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. X-ışını kırınımı (XRD) analizi, üretilen numunelerin hem hidroksiapatit (HAp) hem de beta trikalsiyum fosfat (β -TCP) fazlarına sahip olduğunu doğrulamaktadır. Ayrıca, Ti katkısındaki artışla β -TCP fazının miktarının arttığı görülmektedir. Fourier dönüşümlü kızılötesi (FTIR) spektroskopisi sonuçları, numunelerdeki karakteristik fonksiyonel grupların varlığını doğrulamaktadır. Ti miktarı morfolojiyi etkilemektedir. Numunelerin ısıl davranışları birbirine benzerdir ve oda sıcaklığından 1000 °C'ye kadar tüm numuneler termal olarak kararlıdır. Bu sıcaklık aralığında numunelerdeki kütle kayıpları % 1,63'e eşit veya altındadır.

Synthesis and Characterization of Fe and Ti Doped Biphasic Calcium Phosphates

Keywords

Hydroxyapatite,
Beta tricalcium
phosphate (β -TCP),
X-ray diffraction
(XRD),
Morphology

Abstract: In this study, the effects of Ti doping on the structural, morphological, and thermal properties of the Fe-based biphasic calcium phosphates have been investigated. X-ray diffraction (XRD) analysis has verified that the-as produced samples have both hydroxyapatite (HAp) and beta-tricalcium phosphate (β -TCP) phases. Besides, it has been seen that the amount of β -TCP phase increases with the increase in Ti doping. Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy results have verified the existence of the characteristic functional groups in the samples. Ti amount affects the morphology. The thermal behaviors of the samples are similar to each other, and all the samples are thermally stable from room temperature to 1000 °C. In this temperature range, the mass losses in the samples are equal to or smaller than 1.63 %.

1. GİRİŞ

Kalsiyum ortofosfat ailesinin en önemli üyelerinden biri olan hidroksiapatit (HAp), kemiğin yapısına benzerliği, mükemmel biyouyumluluğu ve osteokondüflüğü sayesinde diş ve kemik gibi sert dokuların tedavisinde sıklıkla kullanılan bir biyoseramik malzemedir [1-5]. HAp'in kimyasal formülü $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ şeklinde

olup, stokiyometrik HAp için Ca:P molar oranı 1,67'dir [6]. Benzer şekilde kalsiyum ortofosfatların bir diğer üyesi de $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ kimyasal formülüne sahip olan beta trikalsiyum fosfattır (β -TCP). HAp'e nazaran daha yüksek çözünmeye sahiptir ve Ca:P molar oranı 1,5'e eşittir [7-10]. Gerek HAp'in gerekse β -TCP'in saf üretilmesinden bu iki fazın birlikte bulunması daha avantajlı bir durumdur. Her iki yapının da

sentezlenmesinde kullanılan sayısız yöntem mevcuttur. Bu yöntemlerden bazıları; sol-jel [11,12], yanma [13,14], piroliz [15,16], mikrodalga [17,18], mekanokimyasal [19,20], hidrotermal [21,22] ve yaş kimyasal [23] yöntemlerdir. Bu yöntemlerin her birinin ayrı ayrı avantajları vardır. Bu üretim metotlarından biri olan yaş kimyasal yöntem vasıtasıyla nano boyutta ve yüksek saflıktaki numunelerin, düşük maliyette üretilmesi mümkündür. Basit, hızlı ve bir o kadar kullanışlı bir yöntemdir [24].

Her iki kalsiyum fosfat türünün farklı element veya iyonik katkılar kullanılarak üretilmesi, çoğu araştırmacı tarafından mevcut malzemenin karakteristik özelliklerini geliştirmek ve/veya kontrol edebilmek amaçlı kullanılan önemli bir araştırma sahasıdır. İnsan vücudu için hayati önem arz eden elementlerden biri olan demir (Fe), özellikle manyetik özellikler üzerine etkisi bakımından HAp üretiminde kullanılan önemli bir katkı elementidir [25-27]. Fe katkılı HAp malzemelerin güçlü antibakteriyel özellik sergilediğini [28], yine Fe katkılı hidroksiapatit nanoparçacıklar ile oluşturulan biyosensörün mükemmel bir seçicilik, iyi tekrarlanabilirlik, uzun vadeli kararlılık sergilediği belirtilmiştir [29]. Titanyum (Ti), toksik olmaması ve biyoyoumluluğu sayesinde kalça eklemi, diz ve diş implantlarında başarılı bir şekilde kullanılmaktadır [30,31]. Hidroksiapatit yapıya Ti ilavesinin daha iyi biyoyoumluluk sağladığı, sertliği ve elastik modülünü artırdığı ve yüzeylerin mekanik özelliklerini geliştirdiği, böylece implantlar ve kemik ikameleri olarak kullanılabilir olduğu kaydedilmiştir [32]. Ayrıca Ti katkılı hidroksiapatitin, yüksek antibakteriyel aktivite ve hücre canlılığı sunduğu, yüksek bir yara iyileşme oranı sağladığı belirtilmiştir [33].

Bu çalışmada, insan vücudu için büyük bir önem arz eden Fe sabit bir oranda tutulmak suretiyle değişken miktarlarda Ti ile birlikte yaş kimyasal yöntem vasıtasıyla Fe ve Ti katkılı çift fazlı kalsiyum fosfat numuneleri üretilmiştir ki bu iki elementin birlikte katılanmasıyla üretilen çift fazlı kalsiyum fosfatlar üzerine literatürde bir çalışma mevcut değildir. Üretilen bu numunelerin karakterizasyonu ise X-ışını kırınımı (XRD), Fourier dönüşümlü kızılötesi (FTIR) spektroskopisi, taramalı elektron mikroskopisi (SEM), termogravimetrik analiz (TGA) ve diferansiyel termal analiz (DTA) yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

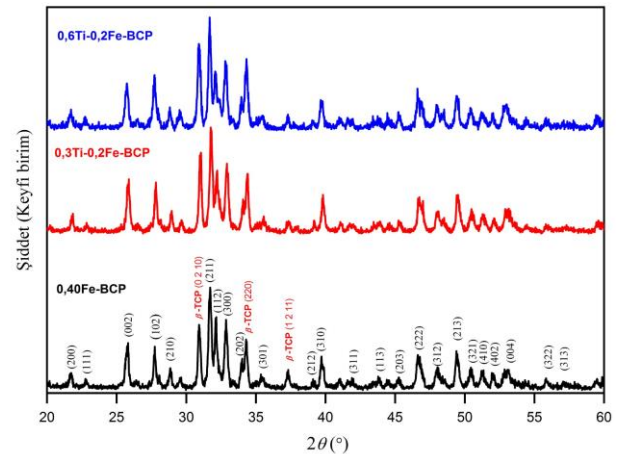
Bir balon joje içerisinde (49,9-x) mmol kalsiyum nitrat tetra hidrat ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, Carlo-Erba), 0,10 mmol demir (III) nitrat nonahidrat ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, Sigma-Aldrich) ile x mmol titanyum (IV) bütoksit kimyasalları ve çözücü olarak da saf etanol (Sigma-Aldrich) kullanılmak suretiyle 50 mL'lik bir çözelti hazırlandı. Burada bahsi geçen x değerleri sırasıyla 0, 0,3 ve 0,6'dır. Başka bir joje içerisinde çözücü olarak saf su kullanarak 50 mL'lik 30 mmol diamonyum fosfat ($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$) çözeltisi hazırlandı. Hazırlanan ilk çözelti 400 mL'lik bir behere boşaltıldı ve ardından ikinci çözelti damla damla

dökülerek yeni bir çözelti elde edildi. Bir manyetik karıştırıcı vasıtasıyla oda sıcaklığında 2 saat boyunca karıştırılan bu son çözelti daha sonra sentezde çözücü olarak kullanılan etanolün çözeltiden tamamen uzaklaştırılması amacıyla 70 °C sıcaklıktaki etüvde 46 saat boyunca kurutuldu. Kurutma işlemi sonrası elde edilen tozlar porselen krozeler içerisinde konularak, bir elektrikli fırın içerisinde yerleştirildi ve kurutulmuş toz numuneler içerisindeki nitrat ve karbonat benzeri grupların numunelerden uzaklaştırılması için yeterli kabul edilebilecek bir sıcaklık olan 875 °C'de 2 saat kalsine edilerek planlanan numuneler üretilti.

Karakterizasyon sürecinde X-ışını kırınımı (XRD) analizleri Rigaku Rad B-DMAX II (Japonya) cihazında Cu-K α radyasyonu kullanılarak gerçekleştirildi. Fourier dönüşümlü kızılötesi (FTIR) spektroskopisi ölçümleri için PerkinElmer Spectrum One cihazı (Amerika Birleşik Devletleri) kullanıldı. Söz konusu ölçümler 400 – 4000 cm^{-1} dalga sayısı spektral aralığında kaydedildi. Taramalı elektron mikroskopisi (SEM) incelemelerinde LEO EVO 40xVP (Amerika Birleşik Devletleri) cihazı kullanıldı. Ayrıca bu cihaza entegre olan Bruker XFlash detector 4010 analizörü (Amerika Birleşik Devletleri) yardımıyla görüntü alınan bölgelere ait elementel bileşimler de araştırıldı. Termogravimetrik analiz (TGA) ve diferansiyel termal analiz (DTA) ölçümleri ise sırasıyla Shimadzu DTA 50 ve Shimadzu TGA 50 (Japonya) cihazları vasıtasıyla tamamlandı.

3. BULGULAR

3.1. XRD Sonuçları



Şekil 1. XRD analiz sonuçları

Şekil 1'de verilen XRD grafiklerine bakıldığında; üretilen her bir numunenin iki fazlı bir yapıya haiz olduğu ve bu gözlemlenen fazların ise baskın olanı hidroksiapatit (HAp, JCPDS pdf no: 09-0432) ve ikincil olanı beta trikalsiyum fosfat (β -TCP, JCPDS pdf no: 09-0169) olduğu gözlenmektedir. Tüm numuneler için β -TCP fazına ait olan (0 2 10), (2 2 0) ve (1 2 11) difraksiyon pikleri haricindeki gözlemlenen tüm pikler HAp yapıyla mükemmel uyum sağlamaktadır. XRD verileri kullanılarak, her bir pikin altında kalan alanın hesaplanmasıyla HAp ve β -TCP fazlarının miktarı tespit edildi ve bu sayede her bir numunenin faz bileşimi bulundu. HAp fazının artan Ti miktarıyla % 62,6, % 56,7

ve % 54,9 şeklinde azaldığı ve β -TCP fazının % 37,4, % 43,3 ve % 45,1 biçiminde artış gösterdiği tespit edilmiştir.

Her iki faza ait örgü parametreleri (a ve c) ile birim hücre hacmi (V) değerlerinin hesaplanmasında, hekzagonal yapıya ait Eşitlik 1. ve Eşitlik 2. temel bağıntılar kullanıldı [34]

$$\frac{1}{d^2} = \frac{4}{3} \left(\frac{h^2 + hk + k^2}{a^2} \right) + \frac{l^2}{c^2} \quad (1)$$

$$V = 0,866a^2c \quad (2)$$

Burada d , iki komşu düzlem arasındaki mesafedir. Her bir faza ait kristal büyüklüğü (D) değeri Eşitlik 3.'de verilen Scherrer denklemi kullanılmak suretiyle hesaplandı [34]:

$$D = \frac{0,9\lambda}{\beta \cos \theta} \quad (3)$$

İlgili denklemde β yarı maksimumdaki tam genişlik ve θ ise kırınım açısıdır. Fe^{+3} iyonu 0,0645 nm ve Ti^{+4} ise 0,0680 nm'lik iyonik yarıçapa sahipken, Ca^{+2} için bu değer 0,0990 nm'dir [35,36]. Nispeten birbirine yakın iyonik yarıçapa sahip bu iki katkının kendilerinden daha büyük iyonik yarıçapa sahip Ca ile yer değiştirmesi, muhtemelen kristal örgüde bazı değişiklikler meydana getirebilecektir. Zira bu farklılığa ilave olarak, bu üç iyon arasında aynı zamanda elektriksel yük bakımından da farklılıklar vardır. Elektriksel yükleri farklı olan iyonlar kullanıldığında iyonik dengenin sağlanması için iyonların bire bir oranda yer değiştirmesi yeterli olmaz [37]. Bu durumu kullanmış olduğumuz Fe ve Ti katkıları için açıklamak gerekirse; normalde iyonik dengeyi sağlamak için, iki Fe^{+3} iyonuyla üç Ca^{+2} iyonunun yer değiştirmesi gerekir. İşin içine +4 değerlikli Ti iyonunun girmesi ise durumu daha da karmaşık bir hale sürükler ki sözcülemi yapıya ilave edilen iki Fe^{+3} ve iki Ti^{+4} iyonunu dengelemek için bunlarla yedi tane Ca^{+2} iyonunun yer değiştirmesi durumu meydana gelir. Bu durum ise Tablo 1'de rapor edilen değişimlerin sebeplerinden biri olarak kabul edilebilir.

Kristalleşme yüzdesi ($X_C\%$) değerlerinin hesaplanmasında Eşitlik 4.'de verilen bağıntı kullanılmıştır [38]:

$$X_C\% = \frac{\sum A_c}{\sum A_c + \sum A_a} \times 100 \quad (4)$$

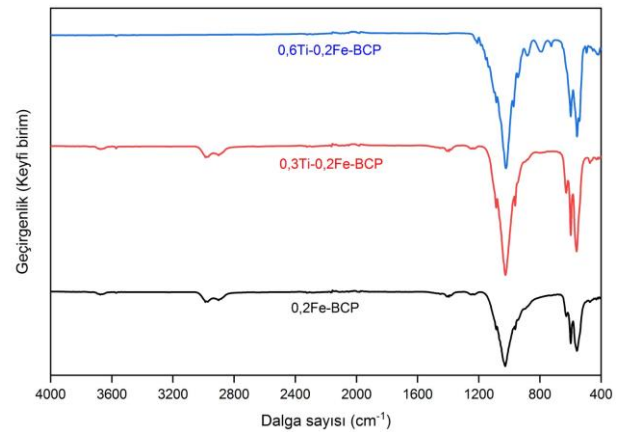
Denklemde verilen $\sum A_c$ ve $\sum A_a$ terimleri sırasıyla kristal yapıyı ve amorf yapıyı temsil eden pikler altında kalan toplam alanları ifade etmektedir. Numunelerin kristalleşme yüzdeleri artan Ti katkısıyla % 85,99, % 81,05 ve % 78,52 şeklinde sürekli bir düşüş göstermektedir.

Tablo 1. Numunelerde gözlemlenen her iki faz için; kristal büyüklüğü (D), örgü parametreleri (a ve c) ve birim hücre hacmi (V) parametrelerinin hesaplanan değerleri

		0,2Fe-BCP	0,3Ti-0,2Fe-BCP	0,6Ti-0,2Fe-BCP	
HAp	D (nm)	32,10	30,92	29,68	
	a (nm)	0,9434	0,9417	0,9445	
	Fazı için	c (nm)	0,6906	0,6880	0,6916
		V (nm) ³	0,5323	0,5284	0,5343
β -TCP	D (nm)	33,18	35,16	31,68	
	a (nm)	1,0449	1,0420	1,0443	
	Fazı için	c (nm)	3,7554	3,7387	3,7608
		V (nm) ³	3,5508	3,5154	3,5518

3.2. FTIR Analiz Sonuçları

Şekil 2'de verilen FTIR spektroskopisi sonuçları sayesinde, numunelerde bulunan fonksiyonel gruplar belirlenmiştir. 400–4000 cm^{-1} dalga sayısı aralığında alınan bu ölçümlerde dedekte edilen bantlar ve bunların karşılık geldiği fonksiyonel gruplar şu şekildedir: Hidroksil grubuna atfedilen bantlardan belirgin olanı 631 cm^{-1} ve zayıf şiddette olanı ise 3573 cm^{-1} 'de tespit edilmiştir [39,40]. Ayrıca 631 cm^{-1} 'deki bant, en yüksek Ti içeriğine sahip olan 0,6Ti-0,2Fe-BCP numunesinde gözden kaybolmaktadır. Bu durum malzeme içerisinde yapılan katkılamanın, yapıya nüfuz etmesinin bir göstergesi olarak kabul edilebilir. β -TCP fazı hidroksil grubuna sahip olmadığından hidroksil grubuna ait bandın gözden kaybolması yapı içerisinde bu fazın miktarının arttığına da işaret eder [41]. Bu sonuç, XRD de tespit edilen ikincil β -TCP fazının miktarının artmasını destekler niteliktedir. 1238, 1088, 1027, 962, 600, 561 ve 472 cm^{-1} 'de gözlemlenen bantlar, fosfat grubuna ait titreşim modlarına karşılık gelmektedir [41,42]. 1406 cm^{-1} 'de tespit edilen bant (0,6Ti-0,2Fe-BCP numunesi hariç), karbonat grubuyla ilgilidir [43]. 3671 cm^{-1} 'deki yayvan bantlar (0,6Ti-0,2Fe-BCP numunesi hariç) numuneler içerisinde kalan su ile ilişkilendirilebilir [44]. Bahsi geçen ve Şekil 2'de verilen FTIR sonuçları, çift fazlı kalsiyum yapının oluşumunu desteklemektedir ve literatürle uyum içindedir [45]. Görüldüğü üzere, Ti miktarının fonksiyonel gruplar üzerinde etkisi mevcuttur.

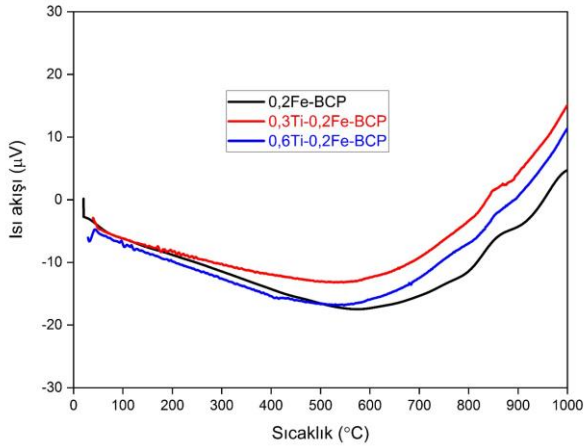


Şekil 2. Üretilen çift fazlı kalsiyum fosfat numunelerine ait FTIR ölçüm sonuçları

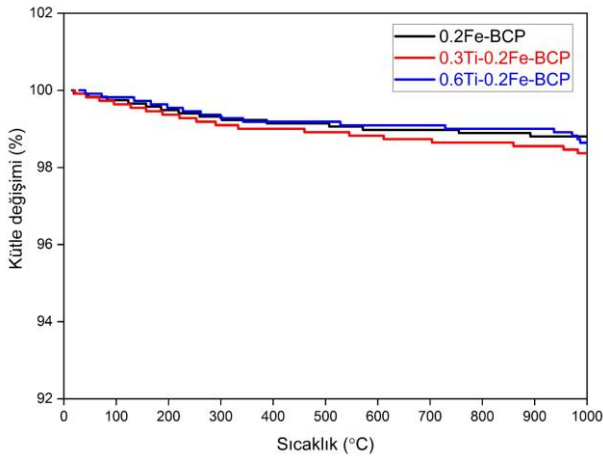
3.3. Termal Analiz Sonuçları

Numunelere ait DTA ve TGA grafikleri sırasıyla Şekil 3 ve Şekil 4'te gösterildiği gibidir. Her iki ölçüm de oda sıcaklığından 1000 °C'ye kadar alınmıştır. Şekil 3'teki

DTA grafiklerine bakıldığında, her üç numunenin de bu sıcaklık aralığında benzer termal davranış sergilediğini ve numunelerde herhangi bir faz geçişi veya kristalleşme gibi bir davranışın gözlenmediğini söyleyebiliriz. Şekil 4'teki TGA eğrileri, bu sıcaklık aralığında numunelerde kütle kaybı meydana geldiğini göstermektedir. Bununla beraber gözlemlenen kütle kayıpları neredeyse ihmal edilebilir düzeydedir. Şöyle ki, 0,2Fe-BCP için % 1,20, 0,3Ti-0,2Fe-BCP için % 1,63 ve 0,6Ti-0,2Fe-BCP için % 1,36 kütle kaybı tespit edilmiştir. Ti katkılı numunelerde, katkısız numuneye kıyasla nispeten biraz daha fazla kütle kaybı mevcuttur. İş bu dedekte edilen kütle kayıpları, kristal örgüye adsorbe olmuş suyun numuneden buharlaştırma yoluyla uzaklaştırılması ile ilişkilendirilebilir [46].



Şekil 3. Sentezlenen numunelerin DTA grafikleri

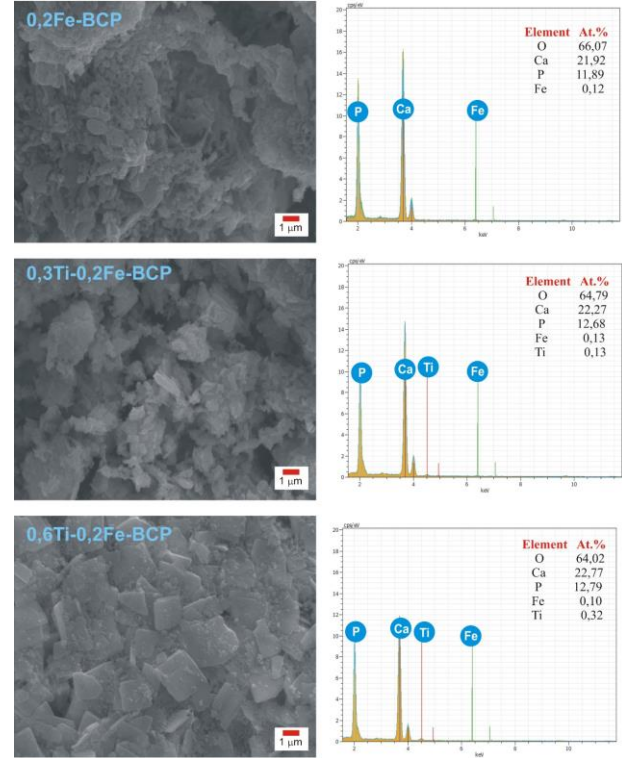


Şekil 4. Üretilen numunelerin TGA grafikleri

3.4. SEM ve EDX Sonuçları

Şekil 5'teki SEM görüntüleri, Ti katkılanmasının malzemenin morfolojisini etkilediğinin bir göstergesi niteliğindedir. Ti ilavesi yapılmamış Fe-esaslı BCP için genel itibarıyla mikrometrenin altındaki boyutlardaki partiküllerden oluşmuş bir morfoloji mevcuttur. Bu partiküllerin üst üste gelerek topaklandığı gözlenmektedir. Katkılamayla beraber dikdörtgenler prizması şeklindeki oluşumlara rastlanmaktadır. Aynı şekilde SEM resimleri ile beraber verilen EDX analiz sonuçları, sentezlenen numuneler içerisinde sentezin başında ilave edilen elementler haricinde bir kirliliğin

olmadığını göstermektedir. Şekil 5'te rapor edilen EDX analiz sonuçları kullanılarak numunelere ait (Ca+Fe+Ti):P molar oranları 0,2Fe-BCP için 1,85, 0,3Ti-0,2Fe-BCP için 1,78 ve 0,6Ti-0,2Fe-BCP için ise 1,81 şeklinde hesaplandı. Bu sonuç, Fe katkılı BCP numuneleri için daha önce elde edilen değerlere oldukça yakındır [35]. Bununla birlikte EDX analizi, numuneler içerisinde Fe miktarının neredeyse değişmediğini ve Ti'un beklendiği gibi artan miktarda olduğunu desteklemektedir.



Şekil 5. Üretilen numunelere ait SEM fotoğrafları ve EDX analizleri

4. SONUÇ

- Fe esaslı farklı oranlarda Ti katkılanmış çift fazlı kalsiyum fosfat numuneleri yaş kimyasal yöntem kullanılarak üretildi. Sentezlenen bu numunelerin karakterizasyonu gerçekleştirildi.
- Hem XRD hem FTIR sonuçları çift fazlı kalsiyum fosfat numunelerinin oluşumunu teyit eder nitelikteydi. Ti katkısının miktarındaki artış; β -TCP fazının oluşumunu artırırken HAp fazının miktarında düşüşe neden oldu.
- Ti katkısıyla kristalleşme yüzdesinde sürekli bir azalma meydana geldi.
- Ti katkısı az miktarda olmasına rağmen, morfoloji üzerine etki etmektedir.
- Numunelerin oda sıcaklığından 1000 °C'ye kadar incelenen ısıl davranışları Ti katkısından etkilenmemektedir. Numuneler bu sıcaklık aralığında termal olarak kararlı olup, 1000 °C'ye kadar tüm numunelerde ihmal edilebilecek düzeyde (% 1,20 ile % 1,63 arasında) kütle kaybı gözlenmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma, Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (FÜBAP) tarafından FF.20.16 proje kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Dorozhkin SV. Calcium Orthophosphates in Nature, Biology and Medicine. *Materials*. 2009;2(2):399-498.
- [2] Fang J, Li P, Lu X, Fang L, Lü X, Ren F. A strong, tough, and osteoconductive hydroxyapatite mineralized polyacrylamide/dextran hydrogel for bone tissue regeneration. *Acta Biomater*. 2019;88:503-13.
- [3] Bazin T, Magnaudeix A, Mayet R, Carles P, Julien I, Demourgues A, et al. Sintering and biocompatibility of copper-doped hydroxyapatite bioceramics. *Ceram Int*. 2021, <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2021.01.225>.
- [4] Sharifianjazi F, Esmailkhanian A, Moradi M, Pakseresht A, Asl MS, Karimi-Maleh H, et al. Biocompatibility and mechanical properties of pigeon bone waste extracted natural nano-hydroxyapatite for bone tissue engineering. *Mater Sci Eng B Solid State Mater Adv Technol*. 2021;264:114950.
- [5] Tamagawa H, Tenkumo T, Sugaya T, Kawanami M. Effect of nano-hydroxyapatite on bone morphogenetic protein-2-induced hard tissue formation and dentin resorption on a dentin surface. *Appl Surf Sci*. 2012;262:140-5.
- [6] Singh RP, Singh JP, Singh C, Kaur T, Pal A. Synthesis, characterization and in-vitro bioactivity evaluation of mesoporous $\text{Ca}_{10-x}\text{Fe}_x(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ nanorods-like particles. *Ceram Int*. 2020;46:12156-64.
- [7] Chaair H, Labjar H, Britel O. Synthesis of β -tricalcium phosphate. *Morphologie*. 2017;101:120-4.
- [8] Arbez B, Libouban H. Behavior of macrophage and osteoblast cell lines in contact with the β -TCP biomaterial (beta-tricalcium phosphate). *Morphologie*. 2017;101:154-63.
- [9] Ates T, Dorozhkin SV, Kaygili O, Kom M, Ercan I, Bulut N, et al. The effects of Mn and/or Ni dopants on the in vitro/in vivo performance, structural and magnetic properties of β -tricalcium phosphate bioceramics. *Ceram Int*. 2019;45:22752-8.
- [10] Frasnelli M, Pedranz A, Biesuz M, Dire S, Sglavo VM. Flash sintering of Mg-doped tricalcium phosphate (TCP) nanopowders. *J Eur Ceram Soc*. 2019;39:3883-92.
- [11] Ruiz-Aguilar C, Olivares-Pinto U, Aguilar-Reyes EA, López-Juárez R, Alfonso I. Characterization of β -tricalcium phosphate powders synthesized by sol-gel and mechanosynthesis. *Bol Soc Esp Ceram V*. 2018;57:213-20.
- [12] Tautkus S, Ishikawa K, Ramanauskas R, Kareiva A. Zinc and chromium co-doped calcium hydroxyapatite: Sol-gel synthesis, characterization, behaviour in simulated body fluid and phase transformations. *J Solid State Chem*. 2020;284:121202.
- [13] Aghayan MA, Rodríguez MA. Influence of fuels and combustion aids on solution combustion synthesis of bi-phasic calcium phosphates (BCP). *Mater Sci Eng C*. 2012;32:2464-8.
- [14] Batista HA, Silva FN, Lisboa HM, Costa ACFM. Modeling and optimization of combustion synthesis for hydroxyapatite production. *Ceram Int*. 2020;46:11638-46.
- [15] An GH, Wang HJ, Kim B-H, Jeong YG, Choa YH. Fabrication and characterization of a hydroxyapatite nanopowder by ultrasonic spray pyrolysis with salt-assisted decomposition. *Mater Sci Eng A*. 2007;449-451:821-4.
- [16] Chou YJ, Ningsih HS, Shih S-J. Preparation, characterization and investigation of antibacterial silver-zinc co-doped β -tricalcium phosphate by spray pyrolysis. *Ceram Int*. 2020;46:16708-15.
- [17] Jiang J, Long Y, Hu X, Hu J, Zhu M, Zhou S. A facile microwave-assisted synthesis of mesoporous hydroxyapatite as an efficient adsorbent for Pb^{2+} adsorption. *J Solid State Chem*. 2020;289:121491.
- [18] Thomas D, Su S, Qiu J, Pantoya ML. Microwave synthesis of functionally graded tricalcium phosphate for osteoconduction. *Mater Today Commun*. 2016;9:47-53.
- [19] Bulina NV, Chaikina MV, Prosanov IY, Dudina DV. Strontium and silicate co-substituted hydroxyapatite: Mechanochemical synthesis and structural characterization. *Mater Sci Eng B*. 2020;262:114719.
- [20] Karlinsey RL, Mackey AC, Walker ER, Frederick KE. Preparation, characterization and in vitro efficacy of an acid-modified β -TCP material for dental hard-tissue remineralization. *Acta Biomater*. 2010;6:969-78.
- [21] Cui W, Song Q, Su H, Yang Z, Yang R, Li N. Synergistic effects of Mg-substitution and particle size of chicken eggshells on hydrothermal synthesis of biphasic calcium phosphate nanocrystals. *J Mater Sci Technol*. 2020;36:27-36.
- [22] Daryan SH, Khavandi A, Javadpour J. Surface engineered hollow hydroxyapatite microspheres: Hydrothermal synthesis and growth mechanisms. *Solid State Sci*. 2020;106:106301.
- [23] Yelten-Yilmaz A, Yilmaz S. Wet chemical precipitation synthesis of hydroxyapatite (HA) powders. *Ceram Int*. 2018;44:9703-10.
- [24] Yelten A, Yilmaz S. Various Parameters Affecting the Synthesis of the Hydroxyapatite Powders by the Wet Chemical Precipitation Technique. *Mater. Today: Proc*. 2016;3:2869-76.
- [25] Curcio M, Rau JV, Santagata A, Teghil R, Laureti S, De Bonis A. Laser synthesis of iron nanoparticle for Fe doped hydroxyapatite coatings. *Mater Chem Phys*. 2019;225:365-70.
- [26] Veerla SC, Kim DR, Kim J, Sohn H, Yang SY. Controlled nanoparticle synthesis of Ag/Fe co-doped hydroxyapatite system for cancer cell treatment. *Mater Sci Eng C*. 2019;98:311-23.
- [27] Rau JV, Cacciotti I, De Bonis A, Fosca M, Komlev VS, Latini A, et al. Fe-doped hydroxyapatite

- coatings for orthopedic and dental implant applications. *Appl Surf Sci.* 2014;307:301–5.
- [28] Jose S, Senthilkumar M, Elayaraja K, Haris M, George A, Raj A, et al. Preparation and characterization of Fe doped n-hydroxyapatite for biomedical application. *Surf. Interfaces.* 2021;25:101185.
- [29] Kanchana P, Lavanya N, Sekar C. Development of amperometric l-tyrosine sensor based on Fe-doped hydroxyapatite nanoparticles. *Mater. Sci. Eng. C.* 2014;35:85-91.
- [30] Li B, Xia X, Guo M, Jiang Y, Li Y, Zhang Z, et al. Biological and antibacterial properties of the micronanostructured hydroxyapatite/chitosan coating on titanium. *Sci Rep.* 2019;9:14052.
- [31] Zhang H, Shi X, Tian A, Wang L, Liu C. Electrochemical properties of Ti^{3+} doped Ag-Ti nanotube arrays coated with hydroxyapatite. *Appl Surf Sci.* 2018;436:579–84.
- [32] Vladescu A, Padmanabhan S, Ak Azem F, Braic M, Titorencu I, Birlik I. et al. Mechanical properties and biocompatibility of the sputtered Ti doped hydroxyapatite. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2016;63:314-325.
- [33] Han J, Qi J, Du J, Zhang G. Fabrication of chitosan hydrogel incorporated with Ti-doped hydroxyapatite for efficient healing and care of joint wound. *Mater. Lett.* 2020;278:128415.
- [34] Cullity BD. *Elements of X-ray Diffraction.* 2nd ed. Addison-Wesley Publishing Company, Massachusetts, 1978.
- [35] Kaygili O. Synthesis and characterization of Fe-containing biphasic calcium phosphate ceramics. *J Aust Ceram Soc.* 2019;55:381–5.
- [36] Ribeiro CC, Gibson L, Barbosa MA. The uptake of titanium ions by hydroxyapatite particles—structural changes and possible mechanisms. *Biomaterials,* 2006;27(9):1749–61.
- [37] Kaygili, O. Combustion synthesis and characterization of Mg-based Fe-doped biphasic calcium phosphate ceramics. *Appl. Phys. A.* 2019;125:431.
- [38] Kaygili O, Tatar C. The investigation of some physical properties and microstructure of Zn-doped hydroxyapatite bioceramics prepared by sol-gel method. *J Sol-gel Sci Technol.* 2012;61:296–309.
- [39] Yang WZ, Zhou DL, Yin GF, Li GD. Surface modification of biphasic calcium phosphate bioceramic powders. *Appl Surf Sci.* 2008;255:477–9.
- [40] Garai S, Sinha A. Three dimensional biphasic calcium phosphate nanocomposites for load bearing bioactive bone grafts. *Mater Sci Eng C.* 2016;59:375–83.
- [41] Ebrahimi M, Botelho MG, Dorozhkin SV. Biphasic calcium phosphates bioceramics (HA/TCP): Concept, physicochemical properties and the impact of standardization of study protocols in biomaterials research. *Mater Sci Eng C.* 2017;71:1293-1312.
- [42] Montañez ND, Estupiñan HA, García SJ, Peña DY. Fabrication and Characterization of Novel Biphasic Calcium Phosphate and Nanosized Hydroxyapatite Derived from Fish Otoliths in Different Composition Ratios. *Chem Eng Trans.* 2018;64:307-12.
- [43] Zhang L, Zhang C, Zhang R, Jiang D, Zhu Q, Wang S. Extraction and characterization of HA/ β -TCP biphasic calcium phosphate from marine fish. *Mater Lett.* 2019;236:680–2.
- [44] Hammood AS, Hassan SS, Alkhafagy MT, Jaber HL. Effect of calcination temperature on characterization of natural hydroxyapatite prepared from carp fish bones. *SN Appl Sci.* 2019;1:436.
- [45] Vuong BX. Synthesis and characterization of HA/ β -TCP bioceramic powder. *Vietnam J Chem.* 2018;56(2):152-5.
- [46] Kaygili O, Vural G, Keser S, Yahia IS, Bulut N, Ates T, et al. Ce/Sm co-doped hydroxyapatites: synthesis, characterization, and band structure calculation, *J Aust Ceram Soc.* 2021;57:305–17.



Floral origin, Antioxidant and Antimicrobial Activity of Some Floral Honey

İlginç KIZILPINAR TEMİZER^{1*}, Esra Deniz CANDAN¹, Aytaç GÜDER¹, Figen ÇİÇEK¹

¹Giresun University, Vocational High School of Health Services, Department of Medical Services and Techniques, Giresun, Turkey

İlginç KIZILPINAR TEMİZER ORCID No: 0000-0003-0425-5898

Esra Deniz CANDAN ORCID No: 0000-0003-2515-9643

Aytaç GÜDER ORCID No: 0000-0002-1190-8749

Figen ÇİÇEK ORCID No: 0000-0002-0821-800X

*Corresponding author: ilginc.kizilpinar@giresun.edu.tr

(Alınış: 01.03.2021, Kabul: 24.11.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Keywords

Antimicrobial activity,
Antioxidant activity,
Apis mellifera,
Honey,
Physicochemical analysis

Abstract: The study was aimed to assess botanic origin, antioxidant activity, antimicrobial activity and physicochemical properties of four honey samples were collected in Turkey. The melissopalynologic results revealed that Sample 1 and 2 are polyfloral, and others are unifloral. Total contents of phenolics (116.47-1711.13 mg GAE/100g) and flavonoids (1.46-27.25 mg CAE/100g) were analyzed, and the antioxidant activities measured by ferrous ion chelating activity (FICA) (71.32-93.35%), hydrogen peroxide scavenging activity (HPSA) (SC_{50} : 217.8-1238.39 μ g/mL), 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) radical scavenging (SC_{50} : 20.15-27.14 μ g/mL), 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity (SC_{50} : 22.93-308.17 μ g/mL) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) (71.03-99.54%) differed notably. For comparison of the samples, butylated hydroxy anisol (BHA), rutin (RUT) and trolox (TRO) were used as standard antioxidant compounds. According to these results, samples showed more efficient antioxidant activity than TRO except for ABTS assay. Also, Sample 1 and 4 have higher FICA activity and Sample 2 and 3 demonstrated more FRAP activity than standards. Honey samples demonstrated an inhibitory effect on the growth of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*, according to agar diffusion assays and minimum inhibitory concentration (MIC) values.

Bazı Çiçek Balların Botanik Çeşitliliği, Antioksidan ve Antimikrobiyal Aktivitesi

Anahtar Kelimeler

Antimikrobiyal aktivite,
Antioksidan aktivite,
Apis mellifera,
Bal,
Fizikokimyasal analiz

Öz: Çalışma, Türkiye'de toplanan dört bal örneğinin botanik kökenini, antioksidan aktivite, antimikrobiyal aktivite ve fizikokimyasal özelliklerini değerlendirmek amacıyla yapılmıştır. Melissopalinojik sonuçlar, Örnek 1 ve Örnek 2'nin polifloral, diğerlerinin ise unifloral olduğunu ortaya çıkardı. Toplam fenolik (116,47- 1711,13 mg GAE/100g) ve flavonoid (1,46-27,25 mg CAE/100g) miktarları belirlendi. Ayrıca, antioksidan aktiviteler demir iyon şelatlama aktivitesi (FICA) (%71,32-93,35), hidrojen peroksit giderme aktivitesi (HPSA) (SC_{50} : 217,8-1238,39 μ g/mL), 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit) (ABTS) radikal giderme (SC_{50} : 20,15-27,14 μ g/mL), 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) radikal giderme aktivitesi (SC_{50} : 22,93-308,17 μ g/mL) ve demir indirgeme gücü (FRAP) (%71,03-99,54) ile değerlendirildi. Örneklerin karşılaştırılması için standart antioksidan bileşikler olarak bütil hidroksi anisol (BHA), rutin (RUT) ve troloks (TRO) kullanıldı. Bu sonuçlara göre, örnekler ABTS analizi dışında TRO'dan daha verimli antioksidan aktivite göstermiştir. Ayrıca, Örnek 1 ve 4 daha yüksek FICA aktivitesine sahiptir ve Örnek 2 ve 3, standartlardan daha fazla FRAP aktivitesi göstermiştir. Bal örneklerinde yapılan agar difüzyon analizi ve minimum inhibitör konsantrasyon (MIC) değerleri; bu örneklerin *Staphylococcus aureus* ve *Escherichia coli*'nin gelişiminde inihibe edici etkisi olduğunu göstermiştir.

1. INTRODUCTION

Honey is a crucial and unique substance derived from bees and plants. Turkey is located at the geographic crossroads of Europe, and Asia and has wide range climates (temperate climate, arid type climate, continental climate) [1]. Therefore, plant and animal diversity is also quite high. There are five different honeybee races (*Apis mellifera carnica*, *Apis mellifera anatoliaca*, *Apis mellifera meda*, *Apis mellifera caucasica* and *Apis mellifera syriaca*) in Turkey and these races adapted to the several climates and territorials [2]. In addition, Anatolia is one of the very fertile area of the world in terms of the plant species on it. The number of taxa in Turkey is around 11.400. The number of endemic taxa is about 3.700 and the rate of endemism is around 32% according to Flora of Turkey [3]. When the consideration of this biodiversity in Turkey is not surprising that a wide variety of honey produced [4].

Honeys are natural food with antioxidant and antimicrobial activities, which has been used for decades for different curative purposes [5, 6]. Several studies have been reported the relationships between antibacterial and antioxidant activities and the content of phenolic and flavonoid compounds in honey [6]. Previous studies have found out that the botanical origin of honey is a significant point regulating honey's antioxidant and antimicrobial activities [7, 8]. For this reason, pollen analysis was performed from four Turkish honeys by mellisopalynological method. In addition, we determined the antioxidant and antimicrobial activities of honey. We investigated it to contribute to better perception of the relationship between antioxidant and antimicrobial activities of honey in terms of botanic origin. The study also aims to evaluate the use of honey samples in food or medicine as a result of physicochemical, antioxidant and antimicrobial analyzes.

2. MATERIAL AND METHODS

Four honey samples from different localities in Turkey (İspir-Erzurum; Sample 1, Fethiye-Muğla; Sample 2 and 3, and Bulancak-Giresun; Sample 4) were provided by individual beekeepers and kept at room temperature. These samples were collected from places where beekeeping activities are intense in Turkey (Fig. 1). All the reagents and chemicals used in the experiments were of analytical grade.



Figure 1. Geographical locations of honey samples

2.1. Mellisopalynological Analysis

10 g sample of each honey was analyzed following the conventional method without acetolysis [9]. Floristic arrangements of each honey sample were determined using Nikon Eclipse Ci. The next terms were used for density groups: >45%; predominant pollen, 16–45%; secondary pollen, 3–15%; important minor pollen and <3%; trace pollen [10]. The following equation (Eq. 1) was used to obtain the frequency per taxon.

$$\text{Frequency} = \frac{\text{Total number of pollen of particular species}}{\text{Total number of observed pollen}} \times 100 \quad (1)$$

2.2. Physicochemical Analysis

The pH of honey was measured directly using a pH meter (Ohaus, Starter 3100, USA). Refractometer (Abbe 60 Refractometer, Bellingham Stanley, Kent, UK) was used to measure directly the refractive index and total soluble solids (°Brix) at 20 °C. The moisture content was measured based on the refractometric method [11]. The analysis was performed in duplicate for each sample. The g/100 g moisture content values corresponding to the corrected refractive index values were calculated using Wedmore's table.

2.3. Preparation of Honey Sample Solutions

A 10 g of honey samples were added to 50 ml of distilled water and kept in a water bath until the samples dissolved. Finally, total volumes are adjusted to 100 mL by using distilled water.

2.4. Antioxidant Analysis

2.4.1. Total flavonoids content (TFC) assays

Total flavonoid contents of honey samples were assigned via colorimetric method with minor modifications [12]. In this assay, sample solutions (0.5 mL) were mixed with 1.5 mL of absolute ethanol. And then $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (0.1 mL, 10.0%) and potassium acetate (0.1 mL, 1.0 mol/L) were added. Distilled water was used for bringing the total volume to 5.0 mL. 30 min later, the absorbance values were read at 415 nm. The obtained results were calculated as μg catechin equivalent by using catechin standard calibration graphic ($R^2=0.9979$).

2.4.2. Total phenolics content (TPC) assays

Total phenolic content assays were done according to previous method [13]. For this assay, sample solutions (0.5 mL) were added to distilled water (7.0 mL) and Folin C reagent (0.5 mL), respectively. 3 min later, sodium carbonate solution (3.0 mL, 2.0 %) was mixed with this solution. Color development expected during 1 h and the absorbance values were recorded at 760 nm. For expression of the total phenolic contents, standard gallic acid graphic was used ($R^2= 0.9995$).

2.4.3. 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity assays

The 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity assays were carried out according to previous method with minor modifications [14]. For this reason, the diluted samples (3.0 mL) at the different concentrations (10-100 µg/mL) were mixed with stable DPPH radical solutions (1.0 mL, 0.2 mM in ethanol). The obtained mixtures were shaken vigorously and left to stand for 30 min at room temperature and in an unlit environment. Finally, absorbance values were measured at 517 nm. The radical scavenging activity results were calculated as SC₅₀ (µg/mL).

2.4.4. Hydrogen peroxide scavenging activity (HPSA) assays

The hydrogen peroxide scavenging activities (HPSA) of samples were tested out by using spectrophotometric method [15]. According to this common method, the samples (3.4 mL) were added to hydrogen peroxide (0.6 mL, 40 mM prepared in the phosphate buffer solution (PBS)). The results were given as SC₅₀ values (µg/mL) via absorbance values at 230 nm.

2.4.5. Ferrous ion chelating activity (FICA) assays

Ferrous ions chelating activities (FICA) were examined by using previous method [16] with slowly modifications. Briefly, the tested solutions (0.4 mL) added to FeCl₂ solution (0.05 mL, 2 mM) and kept at the room temperature for 10 min. Finally, ferrozine solution (0.2 mL, 5 mM) and pure ethanol (3.3 mL) were mixed with this solution, respectively and all tubes were vortexed about 5 min. After these mixing processes, absorbance values were recorded at 562 nm and FICA values were expressed as activity (Eq. 2).

$$\text{Ferrous Ions Chelating Activity (\%)} = \left[1 - \left(\frac{As}{Ac}\right)\right] \times 100 \quad (2)$$

2.4.6. 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) radical scavenging assays

The 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) radical cation scavenging assays were performed via spectrophotometric method [17]. In this experimental method, ABTS (2.0 mM) and potassium per sulfate (2.45 mM) was stirred to product ABTS•+. The fresh prepared solution was stand up for 16 h at room temperature and in an unlit environment. The absorbance of this solution was fixed to 0.750 ± 0.020 at 734 nm. Therefore, dilution process was realized by using the PBS (0.1 M, pH 7.4). The obtained ABTS radical cation solution is stable for 2 days. For determination of activity, the adjusted ABTS•+ (1.0 mL) was added to serially diluted sample solutions (3.0 mL) at the different concentrations (1-10 µg/mL in PBS). The activities were enounced as SC₅₀ values (µg/mL).

2.4.7. Ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays

The ferric reducing antioxidant power assays (FRAP) were exerted according to Oyaizu method [18] with minor modifications. Firstly, PBS (2.5 mL, pH 6.6, 0.2 M) and potassium ferricyanide (2.5 mL, 1.0%) were stirred with samples (2.5 mL), respectively. Later, the colored mixture solutions were incubated for 20 min at 50°C. Then, TCA (2.5 mL, 10%) were mixed with this solution. Lastly, this solution (2.5 mL) was stirred with FeCl₃ (0.5 mL, 0.1%) and distilled water (2.5 mL). The absorbance value of the obtained solution was recorded at 700 nm. The ferric reducing antioxidant power results were given as % (Eq. 3).

$$\text{FRAP (\%)} = \left[\frac{As}{Ac}\right] \times 100 \quad (3)$$

2.5. Antimicrobial Activity

2.5.1. Microorganisms and culture

Antimicrobial activities of pollen extracts were tested against *Staphylococcus aureus* (ATCC 29213), *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Bacillus cereus* (ATCC 10876), *Candida albicans* (ATCC 10231) strains. The strains were stored in media containing 15% concentration of glycerol and kept at -80 °C before use. Bacterial and yeast cultures were incubated in Mueller-Hinton Broth (MHB) for 6 hours at 37°C. Each culture was then transferred to MHB and incubated at 37 °C for 24 h. A culture solution containing a 0.5 McFarland concentration was prepared.

2.5.2. Agar diffusion assay

Antimicrobial activities of pollen extracts was done by agar diffusion method [19]. Pollen extracts were prepared at a concentration of 83.3 mg/mL in ethanol. Ethanol was used as negative control. Each strain was inoculated on Muller-Hinton Agar (MHA) medium with sterile swabs. Each pollen extract solution (100 µL) and controls were dropped into 8 mm diameter wells in the medium. Microbial cultures were incubated at 37 °C for 24 h. After incubation, the diameter of the inhibition zone occurred around each well was measured and evaluated.

2.5.3. Minimum inhibitory concentration (MIC) assay

Minimum inhibitory concentration (MIC) was determined using the microplate method [20]. Each pollen extract (83.3 mg/ml) was diluted 50% with Muller-Hinton Broth medium and 50 µl of a microorganism culture solution was added to 12 wells of a 96-well microplate. Microplates were incubated at 37 °C for 24 h. The absorbance values of the samples after incubation were measured at 450 nm using an automated microplate reader (Multiskan FC, Thermo).

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Mellisopalynological Analysis

The palynological analysis of four honey samples produced in different biogeographical regions of Turkey was performed. Findings indicated huge diversity in the floral origin of samples. In addition, two samples were polyfloral honey, two were unifloral honey from distinctive floral sources such as *Medicago* and *Melilotus* sp. from Fabaceae. Pollen analysis supplied the description of 23 taxa belonging to 14 botanical families (Table 1). The most common are the ones from Fabaceae and Asteraceae family.

Table 1. The pollen spectrum in four honey samples collected from Turkey

Taxa	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 4
Asteraceae				
<i>Achillea</i>	2.7			
<i>Anthemis</i>		15.7		0.8
<i>Artemisia</i>	4.5	7.4	17.6	3.1
<i>Cirsium</i>			3.5	2.3
<i>Senecio</i>	4.5	1.9		
<i>Taraxacum</i>		5.6		
Apiaceae				
<i>Daucus</i>		2.8	2.4	0.8
Brassicaceae				
	3.6	5.6		1.5
<i>Sisymbrium</i>				0.8
Betulaceae				
<i>Betula</i>				0.8
Boraginaceae				
	2.7	2.8	1.2	6.9
<i>Cynoglossum</i>				4.6
Chenopodiaceae				
		0.9		
Cupressaceae				
<i>Juniperus</i>			1.2	0.8
Fabaceae				
	18			
<i>Astragalus</i>	19.8			
<i>Lathyrus</i>		29.6		
<i>Lotus</i>				16.9
<i>Medicago</i>			65.9	
<i>Melilotus</i>				57.7
<i>Trifolium</i>		6.5		
<i>Vicia</i>	15.3	1.9	5.9	
Juglandaceae				
			2.4	
Lamiaceae				
<i>Stachys</i>	6.3			
<i>Thymus</i>	22.5	3.7		0.8
Oleaceae				
		12		
Poaceae				
				0.8
Rosaceae				
<i>Amygdalus</i>		3.7		
<i>Sanguisorba</i>				0.8
Scrophulariaceae				
<i>Verbascum</i>				
Undetermined				
				0.8

3.2. Physicochemical Analysis

The moisture, refractive index (nd), brix, pH values of honey samples are showed in Table 2. The values obtained for the moisture and pH of honeys are within the range reported previously for several honey types from different regions [21-23]. However, the brix results were lower than those reported studies. The high sugar concentration and low water content in honey are known to contribute to honey's antibacterial activity by helping to provide a protective barrier. Furthermore, mild acidity content in honeys have antimicrobial effects [8].

Table 2. The moisture, nd, brix, pH values of honey samples

Honey samples	Moisture (%/100 g)	nd	Brix (10 g/L)	pH
Sample 1	21.8	1.482±0.003	76.96±1.27	3.93±0.16
Sample 2	20.4	1.485±0.004	78.43±1.53	4.6±0.04
Sample 3	19.8	1.487±0.008	78.9±2.16	4.15±0.2
Sample 4	23.8	1.477±0.002	74.93±0.58	3.64±0.08

The moisture content in all honey samples ranges between 19.8% and 23.8% (Table 2). The moisture content of honey can also vary between different types of honey. The low moisture content in honey can have a protective effect against microbial strains [24].

3.3. Antioxidant Analysis

The antioxidant activity of four honey samples was determined by various methods and was showed in Table 3. The total phenolic amount of samples was defined from 116.47 to 1322.22 mg GAE/100g. Rababah et al. (2014) [25] determined that total phenolic amount of honey samples from Jordan found 33.7- 86.3 mg GAE/100g. Gül and Pehlivan [26] declared that total phenolic amount of the 23 different monofloral honey samples from Turkey varied between 34.37 to 470.70 mg GAE/100g. The total phenolic compound content of the 67 honey samples from 14 municipalities of western Paraná ranged from 11.39-61.27 mg GAE/100g [27]. Phenolic components are important in protecting various biomolecules of living cells. For this reason, it is recommended that these phenolic components be taken daily in the diet.

Table 3. The antioxidant activity of the four honey samples (¹ mg GAE/100g, ² mg CAE/100g, ³ %, ⁴ SC₅₀ µg/mL)

	TPC ¹	TFC ²	FICA ³	HPSA ⁴	ABTS ⁴	DPPH ⁴	FRAP ³
Sample 1	374.04	2.39	91.35	217.94	20.15	22.93	83.28
Sample 2	1711.13	27.25	71.32	247.43	27.14	24.74	99.16
Sample 3	1322.22	21.59	77.32	1238.39	25.11	25.01	99.54
Sample 4	116.47	1.46	93.35	232.8	20.3	308.17	71.03
BHA*			84.03	192.78	8.42	8.24	71.94
RUT*			86.17	122.07	15.54	16.27	92.1
TRO*			68.97	444.47	4.18	26.03	52.91

*Butylated Hydroxy Anisol (BHA), Rutin (RUT) and Trolox (TRO)

The flavonoid amount of samples was found between 1.46 to 27.25 mg CAE/100 g. Glahardo et al. [27] flavonoid contents of the honey samples analyzed varied from 7.97 to 44.99 mg QE/100g Temizer et al. [28] showed that the total flavonoid content of fifteen honey samples from Ordu in Turkey found between 1.65 and 38.75 mg CAE/100g. Bayram et al. [29] indicated total flavonoid content of sixty different honey samples

collected from Bayburt, ranged from 31.29 to 118.7 mg CAE/kg. İbrahimi and Hadjari [30] claimed that total flavonoid content of the one-hundred honey samples of different botanic origin ranged from 1.11 ± 0.62 to 7.51 ± 3.75 mg CE/100g. Flavonoids constitute the main class of polyphenols, one of the most researched compounds recently. Flavonoids have several important biological activities such as antioxidant, antimutagenic, anticancer, antiviral and anti-inflammatory [31]. Nowadays, many ingredients belonging to this class have been defined and many foods consumed daily are available [32].

We detected that the honey samples and standards showed between 22.93 to 308.14 and 8.24 to 26.03 $\mu\text{g}/\text{mL}$ for DPPH activity, respectively. Sample 1, 2 and 3 have more DPPH activity than TRO Table 3). This activity experiment is very important in terms of measuring the activity of removing both endogenous and exogenous radicals in the body. Kivrak and Kivrak [33] disclosed that DPPH of 60 Turkish honey samples of nineteen different floral origins found between SC₅₀: 54.33–99.40 $\mu\text{g}/\text{mL}$. Temizer et al. [22] claimed that DPPH activity of *Castanea sativa* honeys varied from 584.86 ± 0.06 to 595.04 ± 0.29 $\mu\text{g}/\text{mL}$. Alzahrani et al. [34] stated that DPPH activity of Manuka, Acacia, and Wild carrot honey ranged from 0.004 ± 0.001 to 53.31 ± 0.084 $\mu\text{g}/\text{mL}$ in terms of SC₅₀.

ABTS activity in this study found between 20.15 to 27.14 $\mu\text{g}/\text{mL}$ and the studied honeys showed less ABTS activity than the standards. All used standards showed influential ABTS activity than our samples (Table 3). The results obtained from this experiment are also important in terms of reducing the effect of radicals in living cells, as in DPPH radical scavenging activity. Kivrak and Kivrak [33] found 10.33–41.20 $\mu\text{g}/\text{mL}$ in terms of SC₅₀ for ABTS activity of honey samples. Alzahrani et al. [34] determined that ABTS activity of those honeys varied from 0.083 ± 0.005 to 202.26 ± 1.033 $\mu\text{g}/\text{mL}$ in terms of SC₅₀.

FICA, FRAP and HPSA are very important values for antioxidant activities, but literature deal with these parameters of honey are not enough. Antioxidant activity of honeys in this study showed 71.32-93.35% for FICA, 217.94-1238.39% for HPSA and 71.03-99.54% for FRAP.

3.4. Antibacterial Activity

It was determined that all honey samples showed high antimicrobial activity against *E. coli* ATCC 25922 and *S. aureus* ATCC 29213 (Table 4). Among all microorganisms, *B.cereus* ATCC 10876 and *C.albicans* ATCC 10231 was most resistant against all honey samples. In the present study, Sample 2 (Muğla) and 3 determined high antibacterial activity on *E.coli* and *S.aureus*. Molan and Cooper [35] reported that the differences in antimicrobial effects between honeys may be related to their geographical, seasonal and botanical source. Moreover, some studies have reported that the

variation in plant source in honey significantly affects honey's antibacterial activity [8].

Table 4. A diameter of inhibition zone (mm) and MIC (mg/ml) of four honey samples.

	<i>C.albicans</i>		<i>B.cereus</i>		<i>E.coli</i>		<i>S.aureus</i>	
	MIC (mg/ml)	Zone diameter (mm)	MIC (mg/ml)	Zone diameter (mm)	MIC (mg/ml)	Zone diameter (mm)	MIC (mg/ml)	Zone diameter (mm)
Sample 1	-	-	-	-	41.7	12	41.7	12
Sample 2	-	-	-	-	83.3	12	83.3	18
Sample 3	-	-	-	-	20.8	14	83.3	14
Sample 4	-	-	-	-	41.7	12	83.3	12

4. CONCLUSION

In this study found that honey content is rather variable, depending mainly on floral sources, providing its antioxidant and antimicrobial ability. Most of honey's antioxidant and antimicrobial activities are related to the floral origin, climate, and topographic diversity. In the present study, Sample 3 with the greatest inhibition power against *E.coli* strains showed a floral association of *Artemisia* typ and *Medicago*, *Medicago* being the dominant pollen. Sample 1 with the biggest barrier ability against *S. aureus* strains indicated being preeminent sources Fabaceae family and *Thymus* sp. While FRAP activity is higher in Sample 3, HPSA activity is higher in Sample 1 than others. Sample 2 had the hugest total phenolic and flavonoid amount, however showed not higher effect against *E. coli* and *S.aureus* strain than others. These results suggest that these honey samples have the potential for use in the human diet with physicochemical, antioxidant, and antimicrobial properties.

REFERENCES

- [1] Öztürk MZ, Çetinkaya G, Aydın S. Climate Types of Turkey According to Köppen-Geiger Climate Classification. J Geog. 2017;35:17-27.
- [2] Palmer M, Smith D, Kaftanoğlu O. Brief communication. Turkish honeybees: genetic variation and evidence for a fourth lineage of *Apis mellifera* mtDNA. J. Hered.. 2000;91(1):42-6.
- [3] Davis PH. Flora of Turkey. Flora of Turkey. 1965.
- [4] Kılıç Altun S, Dinç H, Paksoy N, Temamoğulları FK, Savrunlu M. Analyses of Mineral Content and Heavy Metal of Honey Samples from South and East Region of Turkey by Using ICP-MS. Int. J. Anal. Chem.. 2017;2017:6391454.
- [5] İsrailli ZH. Antimicrobial properties of honey. Am. J. Ther.. 2014;21(4):304-23.
- [6] Bueno-Costa FM, Zambiasi RC, Bohmer BW, Chaves FC, da Silva WP, Zanusso JT, et al. Antibacterial and antioxidant activity of honeys from the state of Rio Grande do Sul, Brazil. LWT.. 2016;65:333-40.

- [7] Taormina PJ, Niemira BA, Beuchat LR. Inhibitory activity of honey against foodborne pathogens as influenced by the presence of hydrogen peroxide and level of antioxidant power. *Int. J. Food Microbiol.* 2001;69(3):217-25.
- [8] Lusby PE, Coombes AL, Wilkinson JM. Bactericidal activity of different honeys against pathogenic bacteria. *Arch Med Res.* 2005;36(5):464-7.
- [9] Louveaux J, Maurizio A, Vorwohl G. Methods of melissopalynology. *Bee world.* 1978;59(4):139-57.
- [10] Pound M, Dalgleish A, McCoy J, Partington J. Melissopalynology of honey from Ponteland, UK, shows the role of Brassica napus in supporting honey production in a suburban to rural setting. *Palynology.* 2018;42(3):400-5.
- [11] AOAC. Association of Official Agricultural Chemists. Official methods of analysis (15th ed.): Arlington, VA; 1990.
- [12] Chung Y-C, Chang C-T, Chao W-W, Lin C-F, Chou S-T. Antioxidative activity and safety of the 50 ethanolic extract from red bean fermented by *Bacillus subtilis* IMR-NK1. *J. Agric. Food Chem.* 2002;50(8):2454-8.
- [13] Slinkard K, Singleton VL. Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *AJEV.* 1977;28(1):49-55.
- [14] Blois MS. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature.* 1958;181(4617):1199-200.
- [15] Ruch RJ, Cheng S-j, Klaunig JE. Prevention of cytotoxicity and inhibition of intercellular communication by antioxidant catechins isolated from Chinese green tea. *Carcinogenesis.* 1989;10(6):1003-8.
- [16] Dinis TC, Madeira VM, Almeida LM. Action of phenolic derivatives (acetaminophen, salicylate, and 5-aminosalicylate) as inhibitors of membrane lipid peroxidation and as peroxyl radical scavengers. *Arch. Biochem. Biophys.* 1994;315(1):161-9.
- [17] Gökce H, Alpaslan YB, Zeyrek CT, Açar E, Güder A, Özdemir N, et al. Structural, spectroscopic, radical scavenging activity, molecular docking and DFT studies of a synthesized Schiff base compound. *J. Mol. Struct.* 2019;1179:205-15.
- [18] Oyaizu M. Studies on products of browning reaction antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *J Nutr Diet.* 1986;44(6):307-15.
- [19] Rios J, Recio M, Villar A. Screening methods for natural products with antimicrobial activity: a review of the literature. *J Ethnopharmacol.* 1988;23(2-3):127-49.
- [20] Wiegand I, Hilpert K, Hancock RE. Agar and broth dilution methods to determine the minimal inhibitory concentration (MIC) of antimicrobial substances. *Nat. Protoc.* 2008;3(2):163.
- [21] Karabagias IK, Maia M, Karabagias VK, Gatzias I, Badeka AV. Quality and origin characterisation of Portuguese, Greek, Oceanian, and Asian honey, based on poly-parametric analysis hand in hand with dimension reduction and classification techniques. *Eur Food Res Technol.* 2020;246(5):987-1006.
- [22] Temizer IK, Güder A, Temel FA, Cüce H. Antioxidant activities and heavy metal contents of *Castanea sativa* honey. *Global Nest J* 2018;20(3):541-50.
- [23] Albu A, Simona-Maria C-M, Pop IM. Physicochemical parameters and spectral structure (ft-ir) of honey from iasi county (North-Eastern Romania). *Scientific Papers: Series D, Animal Science-The International Session of Scientific Communications of the Faculty of Animal Science.* 2019;62(2).
- [24] Chirife J, Zamora MC, Motto A. The correlation between water activity and% moisture in honey: Fundamental aspects and application to Argentine honeys. *J. Food Eng.* 2006;72(3):287-92.
- [25] Rababah TM, Al-Omouh M, Brewer S, Alhamad M, Yang WD, Alrababah M, et al. Total Phenol, Antioxidant Activity, Flavonoids, Anthocyanins and Color of Honey as Affected by Floral Origin Found in the Arid and Semiarid Mediterranean Areas. *J Food Process Pres.* 2014;38(3):1119-28.
- [26] Gül A, Pehlivan T. Antioxidant activities of some monofloral honey types produced across Turkey. *Saudi J. Biol. Sci.* 2018;25(6):1056-65.
- [27] Galhardo D, Garcia RC, Schneider CR, Braga GC, Chambó ED, França DLBD, et al. Physicochemical, bioactive properties and antioxidant of *Apis mellifera* L. honey from western Paraná, Southern Brazil. *Food Sci. Technol.* 2020.
- [28] Temizer İK, Güder A, Türkmen Z. Assessment of Palynological Characterization and Total Phenol-Flavonoid Content of Some Honeys from Ordu in Turkey. *Erzincan University Journal of Science and Technology.* 2019;12(3):1275-82.
- [29] Bayram NE, Kara HH, Can AM, Bozkurt F, Akman PK, Vardar SU, et al. Characterization of physicochemical and antioxidant properties of Bayburt honey from the North-east part of Turkey. *J. Apic. Res.* 2020:1-11.
- [30] Ibrahim H, Hajdari A. Phenolic and flavonoid content, and antioxidant activity of honey from Kosovo. *J. Apic. Res.* 2020;59(4):452-7.
- [31] Brodowska KM. Natural flavonoids: classification, potential role, and application of flavonoid analogues. *Eur. J. Biol. Res.* 2017;7(2):108-23.
- [32] Terahara N. Flavonoids in foods: a review. *Natural product communications.* 2015;10(3):1934578X1501000334.
- [33] Kivrak Ş, Kivrak İ. Assessment of phenolic profile of Turkish honeys. *Int J Food Prop.* 2017;20(4):864-76.
- [34] Alzahrani HA, Boukraa L, Bellik Y, Abdellah F, Bakhotmah BA, Kolayli S, et al. Evaluation of the antioxidant activity of three varieties of honey from different botanical and geographical origins. *Glob J Health Sci.* 2012;4(6):191-6.
- [35] Molan P, Cooper R. Honey and sugar as a dressing for wounds and ulcers. *Tropical Doctor.* 2000;30(4):249-50.



Çatılı Bina Modellerinde Binalar Arası Mesafenin ve Bina Yüksekliğinin Akış Yapısı Üzerindeki Etkisinin Deneysel ve Sayısal Olarak İncelenmesi

Deniz GÖLBAŞI¹, Ertan BUYRUK², Koray KARABULUT^{3*}

¹Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Müh. Bölümü, Sivas, Türkiye

²Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Müh. Bölümü, Sivas, Türkiye

^{3*}Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas Teknik Bilimler M. Y. O. Elektrik ve Enerji Bölümü, Sivas, Türkiye

Deniz GÖLBAŞI ORCID No: 0000-0003-0080-9996

Ertan BUYRUK ORCID No: 0000-0002-6539-7614

Koray KARABULUT ORCID No: 0000-0001-5680-0988

*Sorumlu yazar: kkarabulut@cumhuriyet.edu.tr

(Alınış: 08.03.21, Kabul: 03.08.21, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Anahtar Kelimeler

Bina aerodinamiği, Parçacık görüntülemeli hız ölçümü (PIV), Girdap

Öz: Aerodinamik, atmosferdeki zararlı gazların ve partiküllerin binaların etrafındaki akış yapısını etkileyerek bitki örtüsü ve binalar ile etkileşiminde önemli bir faktördür. Binaları etkileyen Rüzgâr etkileşimlerinin belirlenmesinde ve uygun tasarım parametrelerinin göz önüne alınmasında bina etrafındaki ayrılma bölgeleri ve girdap grupları büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, çatılı-çapraz olarak yerleştirilmiş binalar arası mesafenin 6,25 cm olduğu 5cmx5cmx5cm ve 5cmx5cmx10cm boyutlarında ve 10 cm binalar arası mesafe bulunan 5cmx5cmx10cm boyutlarındaki binalar etrafındaki akış yapıları deneysel olarak Parçacık Görüntülemeli Hız Ölçüm (PIV) tekniği kullanılarak araştırılmıştır. Ayrıca, ayrı ayrı çatılı 5cmx5cmx5cm ve 5cmx5cmx10cm boyutlarındaki binaların etrafındaki akış analizi daimî, üç boyutlu, k-ε türbülans modeli ANSYS Fluent programıyla sayısal olarak yapılmış ve ulaşılan sonuçlar deneysel sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Çalışmada, akım çizgisi $\langle\psi\rangle$ ve hız vektörleri $\langle V \rangle$ dağılımları çizilmiş ve ortalama eşdeğer hız eğrileri farklı binalar arası mesafeler ve bina yükseklikleri için incelenmiştir. 6,25 cm' lik binalar arası mesafeye göre 10 cm' lik mesafede çapraz olarak yerleştirilen binanın ön bölgesindeki yukarı ve aşağı akış bölgelerinin mesafelerinde bir artış gözlemlenmiştir. Ayrıca, deneysel ve sayısal sonuçlar arasında en fazla %3' lük bir farklılık bulunmuştur.

101

Experimental and Numerical Investigation of the Effect of Distance Between Buildings and Building Height At Roofed Building Models

Keywords

Building aerodynamic, Particle image velocimetry (PIV), Vortex

Abstract: Aerodynamics is an important factor in the interaction of harmful gases and particles in the atmosphere with vegetation and buildings by affecting the flow structure around buildings. Separation zones and vortex groups around the building are of great importance in determining the wind interactions affecting the buildings and considering the appropriate design parameters. In this study, flow structures around buildings with roof and placed diagonal, 6,25 cm distances between buildings with dimensions of 5cmx5cmx5cm and 5cmx5cmx10cm and 10 cm distances between buildings with dimensions of 5cmx5cmx10cm were investigated as experimental by using Particle Image Velocimetry (PIV) technique. Besides, flow analysis vicinity buildings with roof and dimensions of 5cmx5cmx5cm and 5cmx5cmx10cm as numerical with ANSYS Fluent program having steady, 3D, k-ε turbulence model was carried out separately and the obtained results were matched with those of experimentals. In the work, distributions of streamline $\langle\psi\rangle$ and velocity vectors $\langle V \rangle$ were drawn and average equivalent velocity curves were researched for different distances between buildings and building heights. It was observed an increment in distances of the upstream and downstream regions at the front zone of the building, placed diagonally at a distance of 10 cm compared to the distance between the buildings of 6,25 cm. Besides, it was found that there is at most a 3% differences between experimental and numerical results.

1. GİRİŞ

Aerodinamik, insanlar için sağlıklı ve konforlu bir çevre yaşamı oluşturulmasında ortamın ısı şartlarını değiştiren rüzgârı hesaba katan bir iklim unsurudur. Çeşitli büyüklüklerdeki binalar ve baca yapıları, köprüler gibi birçok mühendislik uygulamaları üzerindeki akışlar araştırmacılar tarafından önemli olması sebebiyle özel bir inceleme konusu haline gelmiştir. Bina ve çevre mahalli arasında rüzgâr dolayısıyla meydana gelen ayrılma bölgeleri ve çeşitli girdap oluşumları binalar üzerinde etkili olan rüzgâr sistemlerinin belirlenmesinde ve en uygun tasarım değişkenlerinin dikkate alınmasında oldukça büyük bir öneme sahiptir. Rüzgârın binalar üzerindeki etkisiyle oluşan girdapların büyümesiyle meydana gelen titreşimler gürültü ve hasara sebebiyet verebilmektedir [1]. Tutar ve Oğuz [2] tek ve çift olarak yerleştirilmiş kare şeklindeki bina yapıları etrafındaki türbülanslı akış bölgelerini farklı rüzgâr açıları ve farklı geometrik düzenlemeler için sonlu hacim yöntemiyle incelemişlerdir. RNG türbülanslı model için bulunan sonuçları rüzgâr tüneli sonuçları ile kıyaslamışlardır. Sayısal ve deney sonuçları arasındaki uyumun tek bina düzenlemesi için özellikle bina çatısı civarında olduğunu belirlemişlerdir.

Blocken ve ark. [3] Montreal şehir merkezinde belirledikleri bina etrafındaki kirlilik durumunu Rüzgâr tüneli deneyleriyle 2 farklı türbülans modelini kullanarak araştırmışlardır. Rüzgâr tüneli sonuçlarını CFD ile doğrulamışlardır. RANS ve LES türbülans modelleri kullanılarak çalışmalar yapılmış ve LES yaklaşımının her iki Rüzgâr yönü için CFD ve deneysel sonuçlarla uyum içerisinde olduğu tespit edilmiştir. Cheng ve ark. [4] yaptıkları çalışmada matematiksel olarak iyi tasarlanmış yüksek Re sayılı simülasyon yöntemini önererek kullanılan diğer modellerdeki hataları azaltmayı ve hesaplama yöntemini kolaylaştırmayı hedeflemişlerdir. Yüksek çözünürlüklü simülasyon yöntemi ile ortalama ve dalgalanan Rüzgâr basıncını nesnel ve kolay bir şekilde yeniden üretebilir ve yerinde ölçülen dağılımlar olarak model özelliklerini belirlemişlerdir. Huang ve ark. [5], bir plakanın aerodinamiği üzerinde Re sayısının, dönme oranının, kaldırma ve sürüklenme katsayılarının etkilerini incelemişler ve en boy oranı daha büyük ve kalınlık oranı daha küçük olan plakanın kaldırma katsayısının, en boy oranı 2' den küçük olduğunda daha büyük olduğunu belirlemişlerdir. Aksi takdirde, kalınlık oranındaki artışla kaldırma katsayısının önce artmakta ve sonra azalmakta olduğunu saptamışlardır. Liu ve ark. [6] büyük girdap simülasyonları ile kasırga benzeri girdaplarda akış alanları üzerindeki Re etkilerini araştırmışlardır. Ortalama hızlar, hız dalgalanmalarının ortalama karekökünün yanı sıra momentumu sistematik olarak incelemişlerdir. Eğer, Re sayısı yeteri kadar yüksekse, radyal basınç değişimi ve merkezkaç kuvveti arasındaki momentuma ana denge yerine yakın yükseklikte bile ulaşılacağını bildirmişlerdir. Gölbaşı ve ark. [7] çatısız 5x5x5cm ve 30o eğimli çatılı 5x5x5cm boyutlarında binalar etrafındaki akış yapılarını aralarında 13,75cm boşluk olacak şekilde ikili olarak yerleştirilmesiyle Parçacık Görüntülemeli Hız (PIV) tekniğini kullanarak

deneysel olarak incelemişlerdir. Gölbaşı ve ark. [8] yaptıkları bir diğer çalışmada, farklı yüksekliklere sahip iki bina modeli civarındaki akış özelliklerini üst görünüş olarak iki farklı ölçüm yüzeyi ($y/h = 0,5$ ve $y/h = 1$) ve yan görünüş olarak ise $y/h = 0,5$ yüzeyi için parçacık görüntülemeli hız ölçüm tekniğini kullanarak deneysel olarak araştırmışlardır. Çalışmalarında ayrıca, sonlu hacimler yöntemi ANSYS Fluent programıyla sayısal olarak da incelemişlerdir. Binaların köşelerinden ve kenarlarından gelen Rüzgârların ayrılmasının bir sonucu olarak çatı yüzeylerinde, binaların yan kenarları boyunca ön ve arkalarında ters akış bölgeleri oluştuğunu belirlemişlerdir. Daemei ve Eghbali [9], yüksek binaların türbülanslı bölgesinin uzunluğunu azaltmak için yuvarlatılmış köşeler, oluklu köşeler ve girintili köşeler dahil üzere aerodinamik modifikasyonlar yoluyla kare ve üçgen formlarında aerodinamik davranışın analizini gerçekleştirmişlerdir. 16 bina modeli üzerinde gerçekleştirilen Rüzgâr tüneli sayısal simülasyonuna benzer şekilde Autodesk akış tasarımı yazılımını kullanmışlardır. Yaklaşık 150 m yüksekliğe sahip 50 katlı yüksek binalar tasarlamak için üçgen şekle sahip modelin Rüzgâr yönüne bakan oluklu köşesinin aerodinamik modifikasyonu ile diğer modellere kıyasla en iyi aerodinamik davranışa sahip olduğunu saptamışlardır. Wheatley ve ark. [10] kat kat inşa etme ilkeleri olan origami ve kirigamiyi kullanarak tasarlanmış dinamik bina yapılarını dikkate alarak şiddetli Rüzgârlı darbeleri sönmek için daha kapsamlı bir yapı tasarımını gerçekleştirmişlerdir. Rüzgâr akışına bir açıda yönlerin sayısını artırarak ve bina cephesinin boyutunu azaltarak, Rüzgâr akışına karşı doğrudan gövde boyutunun en aza indirilebileceğini ve Rüzgâr direncinin azaltılabileceğini belirlemişlerdir. Yan ve Li [11] aerodinamik düzenleme ile ikiz yüksek binalar arasındaki etkileşimin sonuçlarını incelemek amacıyla Rüzgâr tüneline deneyler yapmışlardır. Çalışmada, Rüzgârın oluşturduğu tepkiyi, yerel basınç katsayılarını ve küresel aerodinamik yüklerle etkileşimin etkilerinin bir bütün olarak değerlendirilebilmesi için kontur çizimini sunmuşlardır. Sonuçlar, dinamik Rüzgâr yüklerinin ve tepkilerinin, ikiz kulelerin sıralı ve çapraz düzenlemelerinde önemli ölçüde arttığını ve en az değerdeki negatif basınç katsayısı değerlerinin, etkileşimli olmayanlardan yaklaşık olarak %30 daha büyük olduğunu kanıtlamıştır.

Yapılar ve etraflarındaki Rüzgâr etkileşimleri, ayrılma bölgelerini ve çoklu girdap sistemlerini şekillendirmektedir. Oluşan ayrılma bölgeleri ve girdaplar, binalara etkileyen Rüzgâr kuvvetlerini belirlemede büyük bir öneme sahiptir. Ayrıca, binalardaki akış yapılarının bilinmesi hem tasarım açısından hem de zemin seviyesinde bulunan toz, toprak, yaprak, yağmur ve kar gibi parçacıkların girdap hareketleri ile yükselerek bina iç ortamına karışmasının engellenmesine katkı sağlamaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada bina merkezleri arası mesafenin 6,25 cm olduğu 5cmx5cmx5cm ve 5cmx5cmx10cm boyutlarında ve 10 cm binalar arası mesafe bulunan 5cmx5cmx10cm boyutlarındaki çapraz olarak konumlandırılmış üç adet çatılı bina modelinin etrafındaki akış yapıları deneysel olarak Parçacık Görüntülemeli Hız tekniği (PIV)

kullanılarak araştırılmıştır. Bunun yanı sıra, ayrı ayrı çatılı 5cmx5cmx5cm ve 5cmx5cmx10cm boyutlarındaki binaların etrafındaki akış analizi daimî, üç boyutlu, k-ε türbülans modeli ANSYS Fluent programıyla sayısal olarak yapılmış ve ulaşılan sonuçlar deneysel sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Başlangıçta deneylerde anlık hız alanlarına ulaşılmış ve sonra bu veriler kullanılarak akım çizgisi $\langle \psi \rangle$ ve hız vektörleri $\langle V \rangle$ dağılımları çizilmiştir. Bununla birlikte, ayrıca ortalama eşdeğer hız eğrileri dağılımları her iki binalar arası mesafe ve bina yükseklikleri için analiz edilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada gerçekleştirilen deneyler, kapalı devre olarak işlem gören açık yüzeyli bir su kanalında Parçacık Görüntülemeli Hız Ölçme Tekniğiyle yapılmıştır. Kanal malzemesi olarak fiberglas malzeme kullanılmıştır. Kanal, iki adet su tankı ve tanklar arasında yerleştirilen test kanalı adı verilen şeffaf akrilik bir parçadan meydana gelmektedir.

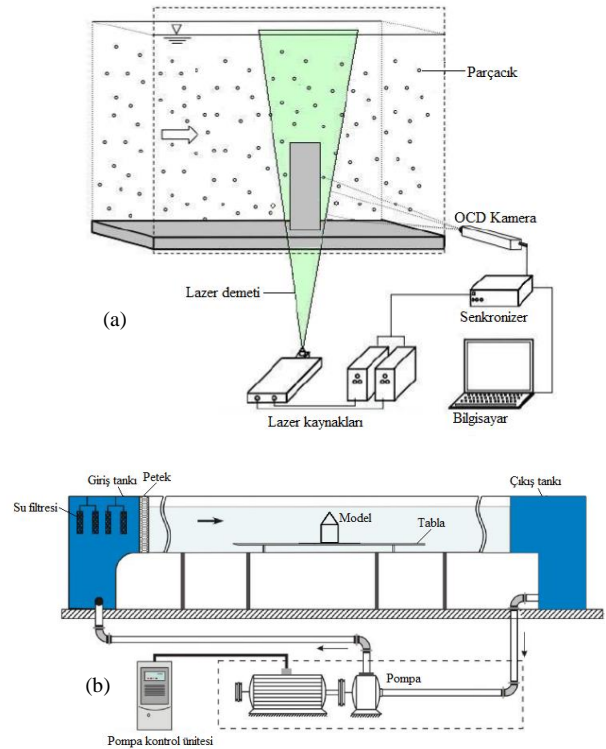
Test kanalı 750 mm yüksekliğe, 1000 mm genişliğe ve 9000 mm uzunluğa sahiptir. Suyun su depoları arasındaki dolaşımı 15 kW gücünde santrifüj bir pompa ile sağlanmaktadır. Test bölgesinde farklı hızlarda deneyler gerçekleştirebilmek için santrifüj pompanın periyodu frekans kontrolü olan hız ünitesi vasıtasıyla ayarlanabilmektedir. Pompa, çıkıştaki su tankından suyu emip, girişteki su tankına göndermektedir. Deneyler sırasında, test kanalında akışın sürekliliğini temin edebilmek için girişteki tankın çıkışına akış düzenleyici bir bal peteği biçiminde levha yerleştirilmiş ve giriş rezervuarının çıkışı ve test kanalının birleşimi arası oran olarak 2:1 daraltılarak bağlantı yapılmıştır. Test sisteminde giriş deposu aynı zamanda su bekleme odası olarak da hizmet vermekte ve buradan su akış düzenleme bölümüne geçerek test kanalına girmektedir. Sistemde suyu tank içerisindeki yabancı parçacık ve kirlerden ayıran filtrasyon sistemi bulunmaktadır. Bununla birlikte, su kanalı ile parçacık dolaşım sistemlerinin ısıl temasını minimum düzeyde tutabilmek amacıyla laboratuvar 22 °C' lik bir oda sıcaklığında tutulmuştur. Bunun yanı sıra, lazer ışını güneş ışığından korumak için laboratuvar camları özel perdelerle kapatılmıştır. Test kanalının görünüşü Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Test kanalı (Gölbaşı [12])

Genel olarak, parçacık görüntülemeli hız ölçüm tekniği iki adımdan oluşur: hız ölçümünü görselleştirme ve görüntü işleme. Akışı takip edebilmek amacıyla akış

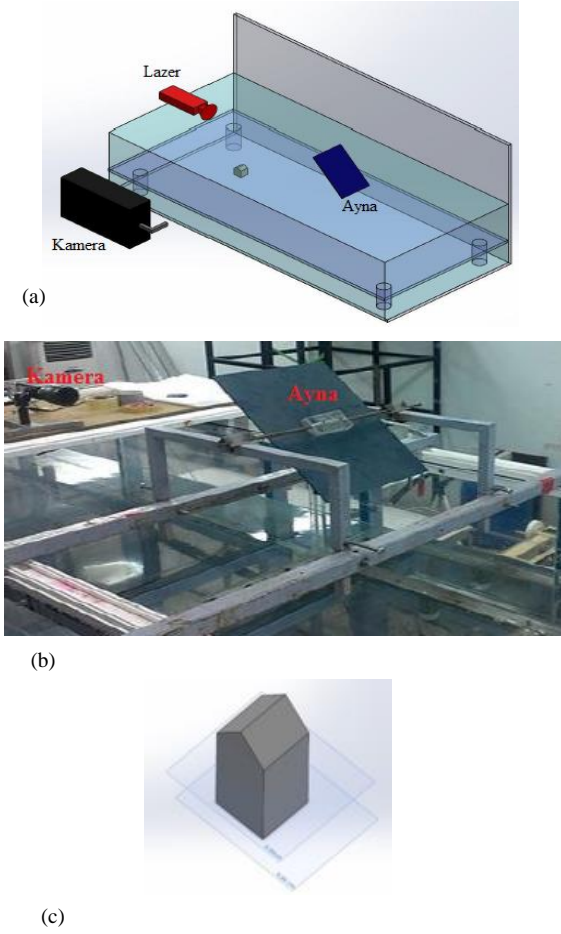
alanına küçük boyutlu parçacıklar katılmaktadır. Katılan parçacıklar, ölçülecek yüzeydeki bir ışık kaynağı ile kısa sürede iki kez aydınlatılır. Işık kaynağının ardışık aydınlatması (çoğunlukla lazer) arasında geçen zamansal fark, görüntülemenin ortalama akış hızına ve büyütme ölçeğine göre ayarlanır. Parçacıklar, iki aydınlatma arası geçen süre itibarıyla yerel akış hızında hareket ederler. Parçacıkların saçtığı ışık, ışık katmanına dik yerleştirilen yüksek çözünürlüklü kamera ile algılanır ve iki kare üzerine kaydedilir. Elde edilen fotoğrafik PIV kayıtları daha sonra bir tarayıcı kullanılarak sayısallaştırılır ve bilgisayara aktarılır [9]. Şekil 2 (a), PIV' nin çalışma prensibini göstermektedir. Akış özelliklerini araştırmak için şeffaf akrilik malzemeden yapılmış 3 yapı modeli kullanılmıştır. Su kanalı içindeki test alanının şematik görünümü Şekil 2 (b)'de verilmiştir. Deneyler sırasında su kanalındaki su yüksekliği sabit 0.45 m olarak alınmıştır. Düzlem platformunun ön kenarı, akışın bozulmasını önlemek için pah kırma ile inceltirilmiştir. Model, türbülans etkilerine karşı koruma sağlamak amacıyla kanalın girişinden 1,5 m uzağa monte edilmiştir. Deneyler, 210 mm s⁻¹ lik bir serbest akış hızında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. (a) PIV çalışma prensibi (b) su kanalının şematik görünüşü (Gölbaşı [12])

2.1. Üst Görünüş Ölçüm Yüzeyleri

Şekil 3 (a)' da gösterildiği gibi kamera kanalın karşısına yerleştirildiğinde, lazer, üst görünüş için binanın önüne yerleştirilmekte ve deneysel sistem, kameranın önünde 45°' lik bir eğimle ayna konumlandırılarak oluşturulmaktadır. Deneysel sistemde üst görünüş için kamera ve ayna yerleşimleri Şekil 3 (b)' de belirtilmektedir. Bununla birlikte, Şekil 3 (c)' de gösterilen simetri yüzeyi, üst görünüş için y/H = 0,5' de alınmıştır.

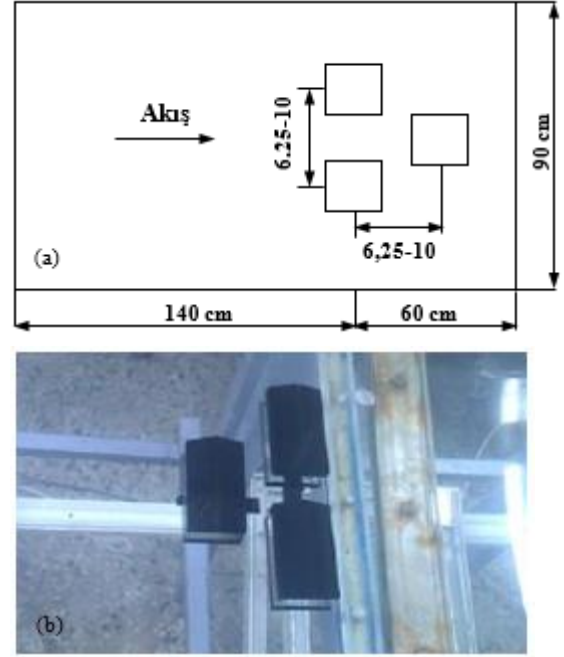


Şekil 3. (a) Üstten görünüş için tertibatın yerleşimi (b) deneysel sistemde üstten görünüş için kamera ve aynanın yerleşimi (c) üstten görünüş ölçüm yüzeyi (Gölbaşı [12])

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Herhangi bir konum ve zamandaki hız, türbülans hız bileşenlerini ve ortalamaların toplamını içermektedir. Bu çalışmada, her bir ölçüm yüzeyi için ortalama hızlar ortalama olarak 500 görüntü için hesaplanmıştır. Akım çizgileri, herhangi bir anda yerel hız vektörlerinin tanjantı olan çizgilerin birleşimi olarak tanımlanmıştır. Bununla birlikte, girdap akış parçacıklarının dönmesinin bir ölçüsüdür. Her bir ölçüm yüzeyi için girdap değerleri, ortalama hızlar kullanılarak hesaplanmıştır.

Deneylein sonucu olarak, binalar etrafında oluşan akış yapısı akım çizgileri $\langle \psi \rangle$ ve hız dağılımı $\langle V \rangle$ olarak sunulmuştur. Elde edilen deneysel verilerde, hız vektörleri akış dağılımı ve yönünü belirtirken, akım çizgileri anlık akış verilerinin anlaşılmasını kolaylaştırmaktadır. Ortalama eşdeğer hız eğrileri, türbülans sınır tabakanın etkisiyle oluşmuştur. Ayrıca, Şekil 4 (a) ve (b)' de sırasıyla birbirlerinden farklı mesafelerde yerleştirilmiş binaların şematik ve deneysel konumlanmaları gösterilmektedir.



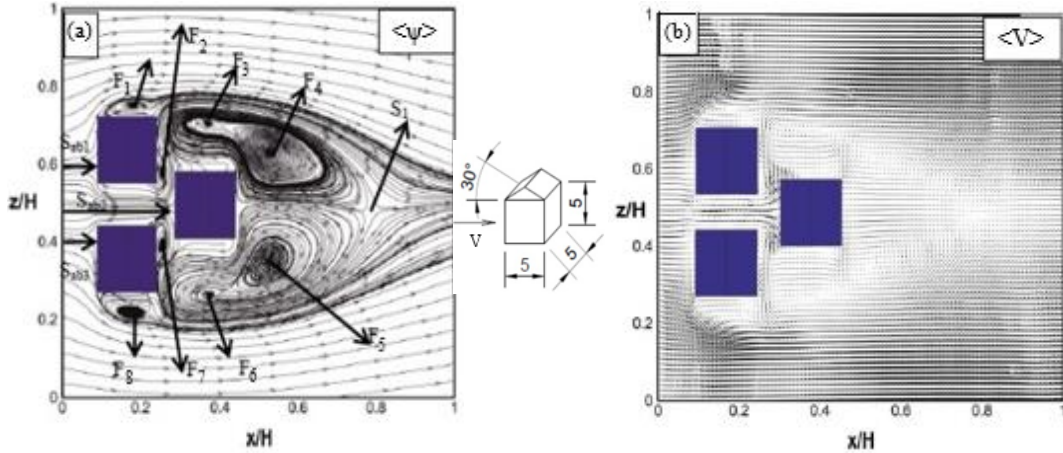
Şekil 4. Farklı yerleşim mesafeli üçlü bina modelleri gösterimi (a) şematik (b) deneysel

3.1. Deneysel Sonuçlar

Şekil 5 (a), (b)'de sırasıyla 5cmx5cmx5cm boyutlarında 30° çatı eğimli üç adet çatılı bina modelinin kanal içerisindeki plaka üzerine bina merkezleri arası mesafenin 6,25 cm olduğu durum için çapraz olarak yerleştirilmesiyle akım çizgileri $\langle \psi \rangle$ ve hız vektörleri $\langle V \rangle$ dağılımları incelenmiştir. Şekil.5 (a)'da görüldüğü gibi binaların yan kısımlarında ve bina arkalarındaki girdaplar birbirine simetrik bir yapıdadır. Arka kısma yerleştirilen binanın yan yüzeylerinde küçük girdap bölgeleri oluşmakla birlikte, meydana gelen girdaplar bölünmeden oluşmuştur. Üst bina modelinde, bina ön yüzeyinde Sab1 noktasından yukarıya doğru ayrılan akış model sol yan köşesinden ayrılarak bir F₁ girdap bölgesi oluşturmaktadır. Bu girdap merkezinin koordinatları x = 55,89 mm ve z = 176,28 mm noktasındadır. Aşağıya doğru ayrılan akış, model sağ yan köşesinden yukarıya doğru yönelmiştir. Binanın arka tarafında çatı kısmından dolayı ikincil bir ayrılmış akış bölgesi (F₂) oluşmuştur. Bu girdap saatin tersi yönünde dönmekte olup, merkezinin koordinatları x = 80,93 mm ve z = 135,18 mm noktasındadır. Üst bina ile alt bina arasında mesafe çok kısa olduğundan dolayı jet akış oluşmuştur. İki bina arasında oluşan bu jet akış, yüksek hızla arkadaki binaya çarparak Sab2 noktasından aşağıya doğru ve yukarıya doğru ayrılmaktadır. Üst bina arkasındaki akış yapısı incelendiğinde, jet akış etkisiyle binanın sağ yan tarafından yukarıya doğru yönelmiş akışla binanın sol yan tarafından tekrar tutunan akış birleşmiştir. Bununla birlikte, üst bina arkasında ve arka bina üst yan kısmından başlayıp bina arkasına kadar yayılan büyük bir girdap bölgesi oluşmuştur. Oluşan bu büyük girdap bölgesi kendi içerisinde ikiye ayrılmıştır. Arka bina üst kısmında oluşan küçük girdap F₃ merkezinin koordinatları x = 117,248 mm ve z = 164,94 mm noktasında olup saat yönünde dönmektedir. Aynı

zamanda, burada oluşan büyük girdap F_4 merkezi $x = 188,44$ mm ve $z = 162,74$ mm noktasında olup saat yönünde dönmektedir. Bununla birlikte, arka binanın alt yan kısmında F_3 ve F_4 girdabına simetrik olan F_6 ve F_5 girdabı oluşmaktadır. Büyük olan F_5 girdap merkezinin koordinatları $x = 179,181$ mm ve $z = 57,97$ mm noktasındadır. Büyük girdaptan ayrılan küçük F_6 girdap merkezi F_3 girdap merkezinin x koordinatı ile aynı olup $x = 117,248$ mm ve $y = 61,48$ mm noktasındadır. Bu iki girdabın uzunluğu eşit olup $160,33$ mm olarak belirlenmiştir. Durma noktası olan S_1 noktası $x = 248,36$ mm ve $z = 112,50$ mm noktasındadır. Arka binanın Sab2

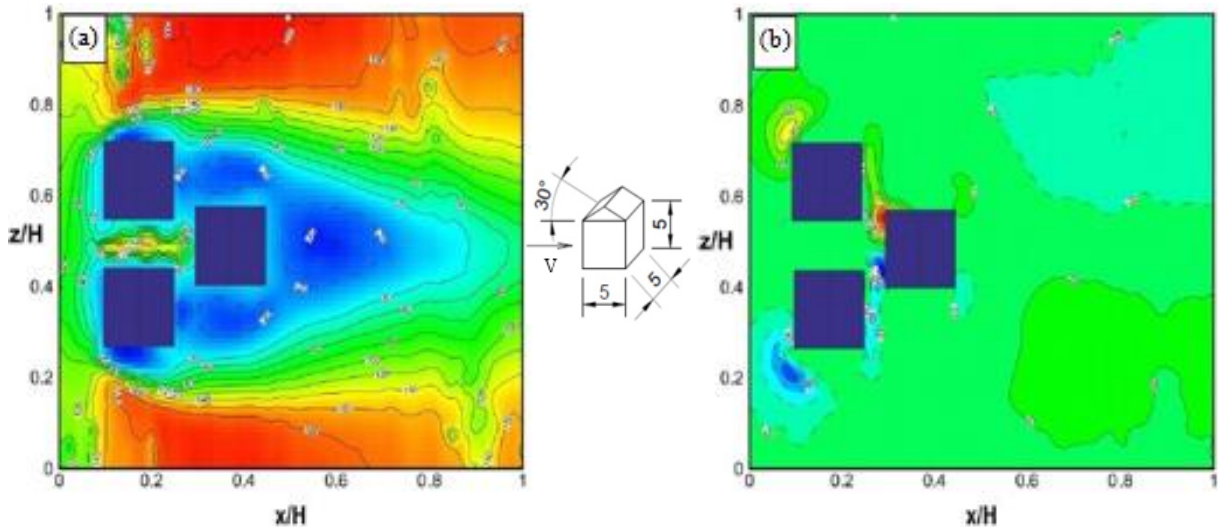
noktasından aşağı ayrılan akış yukarı tarafa ayrılan akışta olduğu gibi bir girdap bölgesi oluşturmuştur. F_7 girdabı olarak adlandırılan bu girdap, F_2 girdabıyla x doğrultusunda aynı merkezde oluşmuş olup $x = 80,93$ mm ve $z = 92,19$ mm noktasındadır. Alt tarafa yerleştirilen bina modelinde Sab3 noktasından aşağı ve yukarı ayrılan akış, üst taraftaki bina modelinin akış yapısına benzer olup aşağı ayrılan akış bina sağ köşesinden ayrılarak F_8 girdap bölgesini oluşturmaktadır. Bu girdap merkezinin koordinatları $x = 55,31$ mm ve $z = 50,62$ mm noktasındadır.



Şekil 5. Üçlü olarak yerleştirilmiş binalar arası 6,25 cm mesafe olan 5cmx5cmx5cm boyutlarındaki bina modelleri etrafındaki akış için $y/H = 0,5$ simetri yüzeyi zaman ortalamalı (a) akım çizgileri $\langle \psi \rangle$, (b) hız dağılımı $\langle V \rangle$

Şekil 5 (b)'de ölçüm sonucu elde edilen zaman ortalamalı hız alanlarında $\langle V \rangle$ görülebildiği gibi bina yakınlarında hız vektörlerinde azalma olmakta ve hız vektör uzunluklarının azalması nedeniyle bu bölgelerde hızlar azalmaktadır. Bina çevresinden uzaklaştıkça hız vektörlerinin bulunduğu alanlar ve hız vektör uzunluklarının artması sebebiyle de hız değerleri artmaktadır. Özellikle bina üzerinde oluşan girdap üst bitim noktalarında hızın yükseldiği bölgeler görülebilmektedir. Ayrıca binaların arasında bir jet akış oluşmuş olup özellikle, iki bina arasındaki bölgelerde hızların yükseldiği görülmektedir.

Üçlü olarak çapraz şekilde yerleştirilen üç adet çatılı model için binalar arası mesafenin 6,25 cm olması durumunda x ve y yönlerindeki ortalama eşdeğer hız eğrileri dağılımları sırasıyla Şekil 6 (a) ve (b)'de gösterilmektedir. Şekil 6 (a)'da öndeki ikili binanın üst yan ve arka bölgelerinde ve arka bina çevresinde oluşan ayrılmış akış bölgeleri (koyu mavi renkli kısımlar) görülmektedir. Arka binada oluşan ayrılmış akış bölgesi $x/H = 0,7$ noktasına kadar uzanmaktadır.



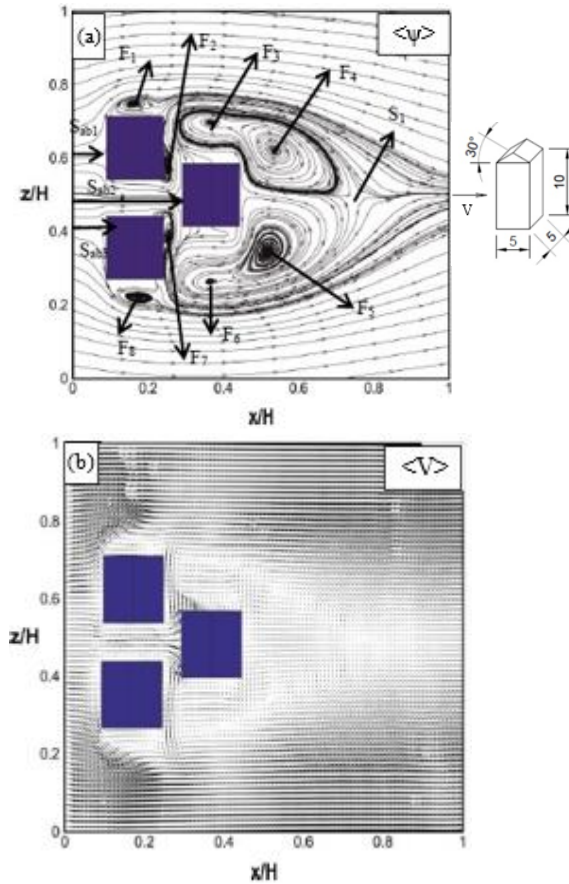
Şekil 6. Üçlü olarak yerleştirilmiş binalar arası 6,25 cm mesafe olan çatılı 5cmx5cmx5cm boyutlarındaki bina modelleri etrafındaki akış için $y/H = 0,5$ simetri yüzeyi zaman ortalamalı (a) $\langle u \rangle$ hız dağılımı (b) $\langle v \rangle$ hız dağılımı

İki bina arasındaki mesafenin çok az olması nedeniyle oluşan jet akış bu bölgede hız artışlarına sebep olmaktadır. Bununla birlikte, genel olarak zaman ortalamalı $\langle u \rangle$ eşdeğer hız dağılımları binalar çevresindeki akış yapısı açısından simetrik bir şekilde oluşmuştur. Şekil 6 (b)'de y yönündeki ortalama eşdeğer hız eğrileri incelendiğinde, bina önünde akış doğrultusunda yalnızca üst kısımlarda birbirlerine simetrik $\langle V \rangle$ eşdeğer hız dağılımları oluşurken, alt kısımda oluşmadığı görülmektedir. Üst kısımdaki bina keskin kenarındaki köşede yukarı akım bölgesi oluşurken, alt kısımdaki bina keskin kenarının köşesinde ise aşağı akım bölgesi oluşmaktadır. Bununla birlikte, iki bina arasında herhangi bir hız eğrisi meydana gelmezken, iki bina arkası ve çapraz duran bina ön bölgesinde yukarı ve aşağı akış bölgeleri oluşmuştur. Ayrıca, arka kısımda bulunan çapraz binanın hemen arkasında keskin köşelerin üst ve alt kısımlarında küçük yukarı ve aşağı akış bölgeleri meydana gelmiştir.

Boyutları $5\text{cm} \times 5\text{cm} \times 10\text{cm}$ ve bina merkezleri arası mesafenin $6,25\text{ cm}$ olduğu üç adet çatılı bina modeli için binalar etrafındaki zaman ortalamalı akım çizgileri $\langle \psi \rangle$ ve hız vektörleri $\langle V \rangle$ dağılımları sırasıyla Şekil 7 (a) ve (b)'de sunulmaktadır. Şekil 7 (a)'da görüldüğü gibi binaların yan kısımlarında ve bina arkalarındaki girdaplar incelendiğinde birbirlerine simetrik bir yapıda oldukları görülmektedir. Bununla birlikte, üst bina modelinde bina ön yüzeyinde S_{ab1} noktasından yukarıya doğru ayrılan akış, model sol yan köşesinden ayrılarak bir F_1 girdap bölgesi oluşturmaktadır. Bu girdap merkezinin koordinatları $x = 50,10\text{ mm}$ ve $z = 174,39\text{ mm}$ noktasındadır. Aşağı ayrılan akış, model sağ yan köşesinden yukarıya doğru yönelmiş ve bina arka kısmında çatı kısmından dolayı ikincil bir ayrılmış akış bölgesi meydana getirmiştir. Bu F_2 girdabı saatın tersi yönünde dönmekte olup, merkezi $x = 78,46\text{ mm}$ ve $z = 135,65\text{ mm}$ noktasındadır. Üst bina ile alt bina arasındaki mesafe çok kısa olduğundan dolayı jet akış oluşmuş ve iki bina arasında oluşan bu jet akış yüksek hızla arkadaki binaya çarparak S_{ab2} noktasından aşağı ve yukarıya doğru ayrılmıştır. Üst bina arkasındaki akış yapısı incelendiğinde, jet akış etkisiyle binanın sağ yan tarafından yukarıya doğru yönelmiş akışla, binanın sol yan tarafından tekrar tutunan akış birleşmektedir. Ayrıca, üst bina arkasında ve arka bina üst yan kısmından başlayıp bina arkasına kadar yayılan büyük bir girdap bölgesi oluşmaktadır. Büyük bir girdap bölgesi olduğu için girdap kendi içerisinde ikiye ayrılmıştır. Arka bina üst kısmında oluşan küçük girdap F_3 'ün merkezinin koordinatları $x = 117,24\text{ mm}$ ve $z = 163,94\text{ mm}$ noktasında olup saat yönünde dönmektedir. Burada oluşan büyük girdap olan F_4 'ün merkezi $x = 168,74\text{ mm}$ ve $z = 145,74\text{ mm}$ noktasında olup saat yönünde hareket etmektedir. Bununla birlikte, arka binanın alt yan kısmında F_3 ve F_4 girdaplarına simetrik olan F_6 ve F_5 girdapları oluşmuştur. Büyük olan F_5 girdabının merkezi $x = 162,97\text{ mm}$ ve $z = 80,37\text{ mm}$ noktasındadır. Büyük girdaptan ayrılan küçük F_6 girdap merkezi F_3 girdap merkezinin x koordinatı ile aynı olup $x = 117,24\text{ mm}$ ve $y = 61,48\text{ mm}$ noktasındadır. Bu iki girdabın uzunluğu eşit olup $149,93\text{ mm}$ olarak belirlenmiştir. Durma noktası olan S_1 noktasının koordinatları $x = 237,641\text{ mm}$

ve $z = 114,87\text{ mm}$ olarak belirlenmiştir. Arka binanın S_{ab2} noktasından aşağı ayrılan akış, yukarı tarafa ayrılan akışta olduğu gibi bir girdap bölgesi meydana getirmiştir. F_7 girdabı olarak adlandırılan bu girdap F_2 girdabıyla x doğrultusunda aynı merkezde oluşmuş olup $x = 78,46\text{ mm}$ ve $z = 135,65\text{ mm}$ noktasındadır. Alt tarafa yerleştirilen bina modelinde ise S_{ab3} noktasından aşağı ve yukarı doğru ayrılan akış, üst taraftaki bina modelinin akış yapısına benzer olup, aşağı ayrılan akış bina yan sağ köşesinden ayrılarak F_8 girdap bölgesini oluşturmuştur. Bu girdap merkezinin koordinatları ise $x = 54,731\text{ mm}$ ve $z = 51,56\text{ mm}$ noktasındadır.

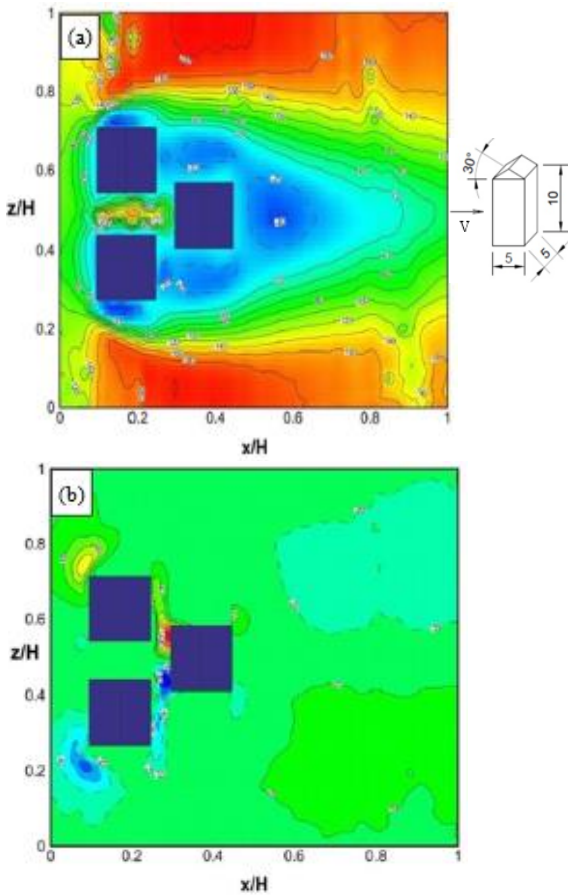
Şekil 7 (b)'de gösterilen zaman ortalamalı hız alanları $\langle V \rangle$ grafiğinde bina yakınlarda hız vektörlerinde azalma gözlenirken, bu bölgelerdeki hızlar azalmaktadır. Bina çevresinden uzaklaştıkça, hız vektörlerinin bulunduğu alanlar ve hız değerleri artmaktadır. Bu durum, hız vektör uzunluklarının artmasından anlaşılabilir. Binalar arası bölgede ise jet akış nedeniyle hızın arttığı kısımlar ve akışın arka binaya çarptığı bölgedeki akış ayrılması nedeniyle hız vektörlerinin yoğunluklarının arttığı bölgeler görülebilmektedir.



Şekil 7. Üçlü olarak yerleştirilmiş binalar arası $6,25\text{ cm}$ mesafe olan $5\text{cm} \times 5\text{cm} \times 10\text{cm}$ boyutlarındaki bina modelleri etrafındaki akış için $y/H = 0,5$ simetri yüzeyi zaman ortalamalı (a) akım çizgileri $\langle \psi \rangle$, (b) hız dağılımı $\langle V \rangle$

Üçlü olarak çapraz şekilde yerleştirilen binalar arası mesafenin $6,25\text{ cm}$ olduğu $5\text{cm} \times 5\text{cm} \times 10\text{cm}$ boyutlarındaki çatılı bina modellerinin etrafındaki ortalama eşdeğer hız eğrileri dağılımları $y/H = 0,5$ simetri yüzeyinde x ve y yönleri için sırasıyla Şekil 8 (a)

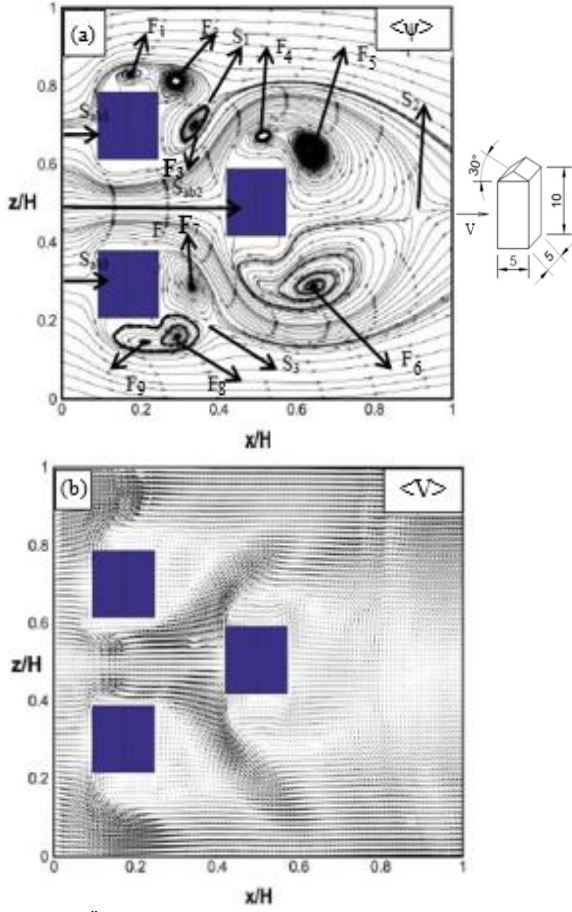
ve (b)'de sunulmaktadır. Öndeki çatılı ikili binanın yan ve arka kısımları ile arkadaki çapraz olarak yerleştirilmiş çatılı binanın yan ve arka bölgelerinde oluşan ayrılmış akış bölgeleri Şekil 8 (a)'da görülmektedir. Arka binada oluşan ayrılmış akış bölgesi $x/H = 0,68$ noktasına kadar uzanmaktadır. Bununla birlikte, 5 cm yükseklikli çatılı binadakine benzer şekilde (Şekil 6 (a)) genel olarak $\langle u \rangle$ eşdeğer hız dağılımlarının binalar çevresindeki akış yapısı açısından simetrik bir şekilde oluştuğu söylenebilmektedir. Bununla birlikte, Şekil 6 (a)'daki çatılı kısa modele göre akış yapısı çok az farklılık göstermektedir. Ayrıca, Şekil 8 (b)'de verilen y yönündeki ortalama eşdeğer hız eğrileri incelendiğinde Şekil 6 (b)'deki eşdeğer hız eğrileri ile benzer akış yapısı olduğu görülmektedir.



Şekil 8. Üçlü olarak yerleştirilen binalar arası 6,25 cm mesafe olan 5cmx5cmx10cm boyutlarındaki çatılı bina modelleri etrafındaki akış için $y/H = 0,5$ simetri yüzeyi zaman ortalamalı (a) $\langle u \rangle$ hız dağılımı (b) $\langle v \rangle$ hız dağılımı

Şekil 9 (a) ve (b)'de sırasıyla boyutları 5cmx5cmx10cm ve bina merkezleri arası mesafenin 10 cm olduğu üç adet çatılı bina modeli için binalar etrafındaki zaman ortalamalı akım çizgileri $\langle \psi \rangle$ ve hız vektörleri $\langle V \rangle$ dağılımları gösterilmektedir. Şekil 9 (a)'da görüldüğü gibi binaların yan kısımlarında ve bina arkalarındaki girdaplar incelendiğinde birbirlerine simetrik bir yapıda olmadıkları dikkati çekmektedir. Bu duruma binalar arası mesafenin artışıyla gelen akışın binaların köşe ve kenarlarından ayrılması sonucu binanın yan duvarları ve arka kısmında oluşan ters akış bölgeleri neden olmaktadır ki buralarda akış hızları azalmaktadır. Alt taraftaki bina modelinde, üst taraftakinden farklı olarak

alt yan ve arka kısmında tek bir girdap bölgesi oluşmuştur. Üst bina modelinin bina ön yüzeyinde Sab1 noktasından yukarı doğru ayrılan akış için model sol yan köşesinden ayrılarak birbirleriyle bağlantılı iki girdap bölgesi meydana getirmiştir. F_1 ve F_2 olarak adlandırılan girdap merkezlerinden F_1 için koordinat merkezi $x = 55,88$ mm ve $z = 194,70$ mm noktasında iken F_2 için $x = 92,34$ mm ve $z = 189,98$ mm olarak belirlenmiştir. Aşağı ayrılan akışta model sağ yan köşesinden akışın bir kısmı küçük bir girdap oluştururken, bir kısmı da ayrılmadan yukarıya doğru akışına devam edip F_1 girdabının tekrar birleşme noktasındaki akışla birleşmektedir. Bu noktada S_1 durma noktası meydana gelmiş olup, bu noktanın merkezi $x = 120,70$ mm ve $z = 178,64$ mm olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte, S_1 durma noktasının alt kısmında F_3 girdabı oluşmuştur. F_3 girdap merkezinin koordinatları ise $x = 108,55$ mm ve $z = 164$ mm noktasında olup saat yönünün tersine dönmektedir. İki bina arasında oluşan jet akış yüksek hızla arkadaki binaya çarparak S_{ab2} noktasından aşağı ve yukarı doğru ayrılmaktadır. Arka binanın üst yan, alt yan ve üst köşe bölgelerinde birbirlerine simetrik olmayan girdap bölgeleri meydana gelmektedir. Üst yan ve arka bölgede oluşan girdap bölgeleri eşit boyutlarda bölünerek F_4 ve devamında F_5 girdap bölgelerini oluşturmuştur. F_4 girdap merkezinin koordinatları $x = 161,79$ mm ve $z = 156,91$ mm noktasında olup saat yönünde dönmektedir. Bununla birlikte, F_5 girdap merkezinin koordinatları ise $x = 200,57$ mm ve $z = 148,88$ mm noktasında olup saat yönünde dönmektedir. Alt yan ve arka bölgede tek bir F_6 girdabı oluşmuş olup merkez koordinatları $x = 204,62$ mm ve $y = 67,15$ mm noktasında olup saat yönünün tersine dönmektedir. Şekilden de görülebildiği gibi alt kısma yerleştirilen bina modelinde akış yapısından farklıdır. Alt tarafa yerleştirilen bina modelinde Sab3 noktasından aşağıya ve yukarıya doğru ayrılan akışlar, üst taraftaki bina modelinin akış yapısına simetrik bir akış yapısı oluşturmamış olup, yukarı ayrılan akışın bir kısmı ayrılmadan aşağıya doğru hareket etmektedir. Akışın diğer kısmı, binanın arka kısmında tek bir girdap bölgesi oluşturmuştur. Bu girdap noktası olan F_7' nin merkez koordinatları $x = 102,76$ mm ve $z = 66,68$ mm noktasındadır ve saat yönünde dönmektedir. Bina ön yüzünden aşağı ayrılan akış, bina sağ yan köşesinden ayrılarak F_8 ve F_9 girdap bölgesini oluşturmuştur. F_8 ve F_9 girdap merkezlerinin koordinatları sırasıyla $x = 90,61$ mm ve $z = 37,39$ mm ve $x = 65,14$ mm ve $z = 34,08$ mm noktalarında belirlenmiştir. Bu girdabın sağ yanında S_3 durma noktası oluşmuş olup, merkezi $x = 119,55$ mm ve $z = 46,37$ mm noktasındadır. Şekil 9 (b)'de zaman ortalamalı hız dağılımında $\langle V \rangle$ jet akış etkisi ile hızın yüksek yoğunluklu olduğu alanlarda vektörlerin sık olduğu bölgeler görülmektedir. Özellikle, iki bina arası bölgede ve akışın bina yüzeylerine çarptığı kısımlarda hızlar nedeniyle vektörlerin yoğunlukları fazladır. Bununla birlikte, binaların yan ve arka kısımlarında girdapların olduğu yerlerde vektör yoğunluklarında azalmalar görülmektedir. Bu kısımlar akış hızının az olduğu bölgeleri temsil etmektedir.

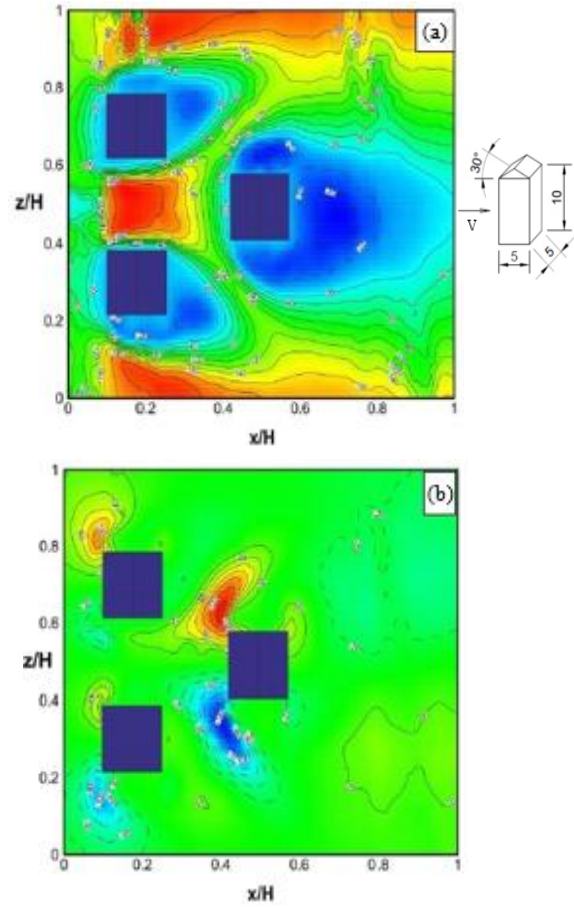


Şekil 9. Üçlü olarak yerleştirilmiş binalar arası 10 cm mesafe olan 5cmx5cmx10cm boyutlarındaki bina modelleri etrafındaki akış için $y/H = 0,5$ simetri yüzeyi zaman ortalamalı (a) akım çizgileri $\langle \psi \rangle$, (b) hız dağılımı $\langle V \rangle$

Şekil 10 (a) ve (b)'de sırasıyla üçlü olarak çapraz şekilde yerleştirilen ve binalar arası mesafenin 10 cm olduğu 5cmx5cmx10cm boyutlarındaki çatılı bina modellerinin etrafındaki ortalama eşdeğer hız eğrileri dağılımları $y/H = 0,5$ simetri yüzeyinde x ve y yönleri için sırasıyla verilmektedir. Şekil 8 (a)'daki binalar arası mesafenin 6,25 cm olduğu durumla karşılaştırıldığında Şekil 10 (a)'da jet akış bölgesinin oldukça genişlediği ve çapraz olarak yerleştirilen bina çevresindeki ayrılmış akış bölgesinin küçüldüğü görülmektedir. Bununla birlikte, aynı durum Şekil 10 (b)'deki y yönündeki ortalama eşdeğer hız dağılımları için de geçerli olmakla beraber kanal girişindeki ikili binaların üst ve alt kısımlarındaki bölgelerinde yukarı ve aşağı akış bölgeleri meydana gelmiştir. Ayrıca, çapraz bina ön bölgesindeki yukarı ve aşağı akış bölgelerinin mesafeleri artmıştır.

3.2. Sayısal Sonuçlar

Sayısal çalışma, üç boyutlu ve daimi olarak $k-\epsilon$ türbülans modeli sonlu hacimler yöntemi olan ANSYS Fluent bilgisayar programı kullanılarak yapılmıştır. Çalışmada, tek 5cmx5cmx5cm ve 5cmx5cmx10cm boyutlu çatılı bina için elde edilen deneysel çalışma sonucunun (PIV), sayısal çalışmadan elde edilen sonuçlarla karşılaştırılması amaçlanmıştır.

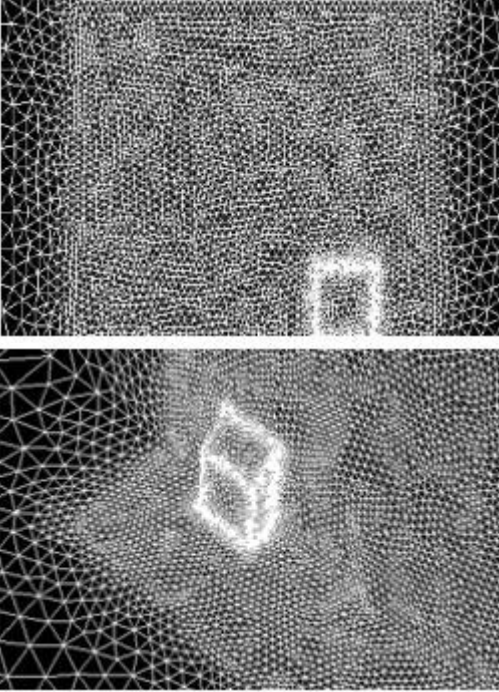


Şekil 10. Üçlü olarak yerleştirilen binalar arası 10 cm mesafe olan 5cmx5cmx10cm boyutlarındaki çatılı bina modelleri etrafındaki akış için $y/H = 0,5$ simetri yüzeyi zaman ortalamalı (a) $\langle u \rangle$ hız dağılımı (b) $\langle v \rangle$ hız dağılımı

Sonlu hacim yöntemi, bölümlerin her biri için bir çözüm bulmak üzere çözülecek geometriyi parçalara ayırma ve daha sonra soruna genel bir çözüm bulmak amacıyla bu çözümleri birleştirmek ilkesine dayanmaktadır. Bu yöntem, ısı, akış denklemlerini sayısal olarak çözülebilen cebirsel denklemlere dönüştürmek için kontrol hacmine dayalı bir teknik kullanır. Diğer bir deyişle, bu teknik, her bir kontrol hacminde ısı, akış denklemlerinin integrasyonunun alınması esasına dayanmaktadır. Bu integrasyon sonucu, oluşan her bir kontrol hacmini temsil eden denklemleri sağlar. En uygun ağ modelinin hazırlanması için hız, basınç ve sıcaklık gibi değişkenlerdeki değişimin daha büyük olduğu bölgelerde ince bir ağ yapısı oluşturulmalıdır. Bu nedenle, model binası çevresindeki hacim bölgeleri için en iyi ağ yapısı kullanılmış ve diğer bölgelerde daha seyrek bir ağ tercih edilmiştir. Sayısal çalışmada kullanılan 5cmx5cmx5cm boyutlarındaki çatılı model 1 381 920 adet eleman içerirken, 5cmx5cmx10cm boyutlarındaki çatılı model 1 734 746 adet eleman içermektedir. Hesaplamaların yakınsaması, süreklilik ve momentum denklemleri için yakınsama ölçeği 10^{-6} 'dan küçük olduğunda, enerji denklemleri için ise 10^{-7} 'den küçük olduğunda durdurulmuştur. Simülasyon için üç boyutlu piramitten oluşan ızgara yapısı kullanılmıştır (Şekil 11).

Bununla birlikte, sayısal model deneysel ortam koşulları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. $0,193 \text{ m s}^{-1}$ akış hızı durumu için model etrafında üç boyutlu detaylı akış

yapıları elde edilmiştir. Su kanalının girişinde ortalama türbülans yoğunluğu oldukça düşük olduğundan (%0,5), sayısal çalışmada kanal girişinde düzgün hız profili, u_{∞} uygulanmıştır. Çalışmada, bina çevresinde simetri ve duvar sınır koşulları kullanılmıştır. Kanal akışı için ise çıkış akışı sınır koşulundan yararlanılmıştır. Ayrıca, sayısal çalışmada binaların akışta türbülansa neden olması nedeniyle, aerodinamikte sıklıkla kullanılan k- ϵ türbülans modeli kullanılarak akış alanının kanal için laminer olduğu varsayılmıştır.



Şekil 11. Sayısal modellemede kullanılan ağ yapısı

Geometri boyunca akış ve ısı transferi, kütle, momentum ve enerjinin korunumu yasalarından üretilen ve bir gövde kuvveti olmaksızın zamandan bağımsız olarak türetilen ve aşağıdaki gibi ifade edilen kısmi diferansiyel denklemler çözülerek elde edilmiştir ([12], [13], [14]). Süreklilik denklemi Eşitlik 1. , x, y ve z momentum denklemleri sırasıyla Eşitlik 2.1., 2.2. ve 2.3.' de gösterilirken, enerji denklemi Eşitlik 3. ile verilmektedir.

Süreklilik denklemi

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

Momentum denklemi

x momentum denklemi

$$\rho \left(u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \quad (2.1)$$

y momentum denklemi

$$\rho \left(u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p}{\partial y} + \mu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) \quad (2.2)$$

z momentum denklemi

$$\rho \left(u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p}{\partial z} + \mu \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) \quad (2.3)$$

Enerji denklemi

$$u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z} = \left(\frac{k}{\rho c_p} \right) \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) \quad (3)$$

Bu denklemlerde, ρ yoğunluğu, μ dinamik viskoziteyi, p basıncı, k ısı iletkenliği, T sıcaklığı, c_p özgül ısıyı ve u , v , w sırasıyla x , y ve z yönlerindeki hızları göstermektedir.

Kullanılan standart k- ϵ türbülans modelinde, k' türbülans kinetik enerji, ϵ yayılma oranı ve ϕ viskoz dağılım terimidir. Bununla birlikte, Eşitlik 4.' de daimi akış türbülans kinetik enerji denklemi verilirken, Eşitlik 5. , 6. , 7. ve 8.' de sırasıyla türbülans viskozitesi, türbülans kinetik enerji, viskoz dağılım terimi ve türbülans kinetik enerji kaybolma denklemi gösterilmektedir.

Daimi akış türbülans kinetik enerji denklemi

$$\frac{\partial(\rho u k')}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v k')}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w k')}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\mu_t}{\sigma_k} \frac{\partial k'}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\mu_t}{\sigma_k} \frac{\partial k'}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\mu_t}{\sigma_k} \frac{\partial k'}{\partial z} \right) + \mu_t \phi - \rho \epsilon \quad (4)$$

Türbülans viskozitesi

$$\mu_t = C_\mu \rho \frac{k'^2}{\epsilon} \quad (5)$$

Türbülans kinetik enerji

$$k' = \frac{1}{2} \left(\overline{u^2} + \overline{v^2} + \overline{w^2} \right) \quad (6)$$

Viskoz dağılım terimi

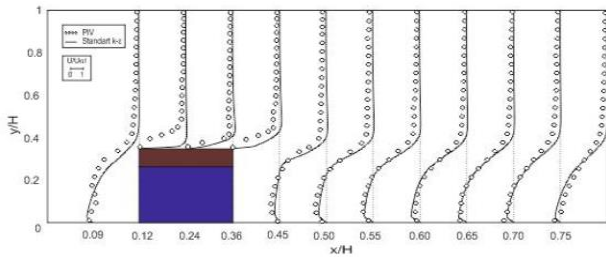
$$\phi = 2\mu \left[\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial z} \right)^2 \right] + \mu \left[\left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 \right] \quad (7)$$

Türbülans kinetik enerji kaybolma denklemi

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho u \varepsilon)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v \varepsilon)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w \varepsilon)}{\partial z} = \\ \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} \right) + \\ C_{1\varepsilon} \mu_t \frac{\varepsilon}{k'} \phi - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k'} \end{aligned} \quad (8)$$

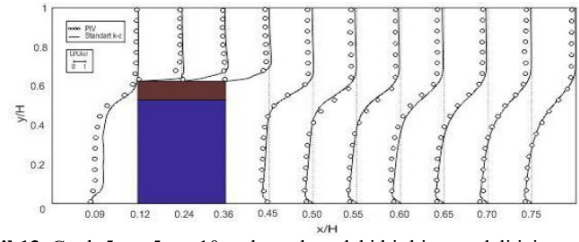
Model sabitleri C_μ , $C_{1\varepsilon}$, $C_{2\varepsilon}$, σ_k ve σ_ε standart k-ε türbülans modeli için kullanılan varsayılan değerlerdir ([4], [6], [8]). Bu sabitlerin değerlerine, çok çeşitli türbülanslı akışlar için çok sayıda veri uydurma yinelemesi ile ulaşılmıştır. Bu sabitler şu şekildedir; $C_\mu = 0,09$, $C_{1\varepsilon} = 1,44$, $C_{2\varepsilon} = 1,92$, $\sigma_k = 1$ ve $\sigma_\varepsilon = 1,3$.

Şekil 12' de çatılı 5cmx5cmx5cm boyutlarındaki bina modeli için bina ön, üst ve özellikle de arka bölgelerinde oluşan akış yapısını incelemek amacıyla zaman ortalamalı $\langle u \rangle$ hız bileşeninin kanal yüksekliğine göre değişimi boyutsuz deneysel ve sayısal olarak karşılaştırılmıştır. Şekil 12 incelendiğinde deneysel ve sayısal sonuçlar arasında bazı bölgelerde en yüksek %3 farklılık olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, bina arka bölgesinde oluşan hız profillerinin değiştiği belirlenmiştir. Bu durum, bina arkasında oluşan girdabın çatı etkisi nedeniyle büyüdüğünü göstermektedir. Ayrıca, $z/H = 0,09$ profili parabolik bir değişim sergilemekle birlikte $z/H = 0,45$ profilinden başlayarak ters akış oluşmuş ve $z/H = 0,75$ profiline kadar azalarak devam etmiştir.



Şekil 12. Çatılı 5cmx5cmx5cm boyutlarındaki bir bina modeli için $z/H = 0,5$ simetri yüzeyinde u/U_∞ hız profillerinin deneysel (PIV) ve sayısal (Standart k-ε) olarak karşılaştırılması

5cmx5cmx10cm boyutlarında çatılı bina modeli için bina ön, üst ve arka bölgelerindeki zaman ortalamalı $\langle u \rangle$ hız bileşeninin kanal yüksekliğine göre değişiminin boyutsuz deneysel ve sayısal olarak karşılaştırılması Şekil 13' de gösterilmektedir. Bu modelde bina üst bölgelerinde farklılık oluşmuş olmakla birlikte Şekil 12' de sunulan 5cmx5cmx5cm boyutlarındaki bina modeline göre farklılığın azaldığı belirlenmiştir. Deneysel ve sayısal sonuçlar arasında bazı bölgelerde en fazla yalnızca %2 farklılık olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte, 5cmx5cmx5cm ölçülerindeki binanın arka bölgesinde oluşan hız profillerine benzer hız profillerinin oluştuğu ve bina arka bölgesinde ayrılmış akış profillerinin olduğu görülmektedir.



Şekil 13. Çatılı 5cmx5cmx10cm boyutlarındaki bir bina modeli için $z/H = 0,5$ simetri yüzeyinde u/U_∞ hız profillerinin deneysel (PIV) ve sayısal (Standart k-ε) olarak karşılaştırılması

4. GENEL SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, bina merkezleri arası mesafenin 6,25 cm olduğu durumda 5cmx5cmx5cm ve 5cmx5cmx10cm boyutlarındaki binalar ile 10 cm olduğu durumda 5cmx5cmx10cm boyutlarındaki çapraz olarak yerleştirilmiş üç adet çatılı bina modelinin etrafındaki akış yapısını deneysel olarak Parçacık Görüntülemeli Hız tekniği (PIV) kullanılarak karşılaştırmalı şekilde incelenmiştir. Ayrıca, 5cmx5cmx5cm ve 5cmx5cmx10cm boyutlarındaki çatılı binaların kanala tekil olarak yerleştirilmeleri durumunda etraflarındaki akış yapılarının analizi sayısal olarak üç boyutlu, daimi, k-ε türbülans modeli ile ANSYS Fluent bilgisayar programı kullanılarak ayrı ayrı yapılmış ve ulaşılan sayısal sonuçlar deneysel sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Böylece, aşağıda belirtilen sonuçlara ulaşılmıştır.

1- Çatılı binalar arasında 6,25 cm mesafe bulunan durumlar için binaların yan kısımlarında ve bina arkalarındaki girdaplar incelendiğinde birbirlerine simetrik bir yapıda oldukları görülürken, 10 cm' lik binalar arası mesafe olan durumda binaların yan kısımları ve bina arkalarındaki girdapların simetrik bir yapıda olmadıkları görülmektedir. Bu duruma, binalar arası mesafenin artmasıyla gelen akışın binaların köşe ve kenarlarından ayrılması sonucu yapıların yan duvarları boyunca ve arka kısmında oluşan ters akış bölgeleri sebep olmaktadır. Bu durumun sonucu olarak da girdapların olduğu bölgelerde akış hızında azalma görülmektedir.

2- Binaların akış ortamında bir arada bulunmaları, binalar etrafındaki akış yapılarının birbirleriyle karşılıklı etkileşim içerisinde bulunmalarına sebep olmaktadır. Bununla birlikte, binalar arası mesafeye bağlı olarak binalar arasında oluşan jet akış nedeniyle özellikle binalara yakın bölgelerde hızlar yükselmiş ve binalar arkasındaki girdap büyüklükleri değişiklik göstermiştir.

3- Binalar arası mesafenin 10 cm olduğu durumda, 6,25 cm olduğu duruma göre jet akış alanı genişlemiş ve buna bağlı olarak bina arka bölgelerinde farklı girdap yapıları oluşmuştur. Ayrıca, çapraz olarak yerleştirilen bina çevresindeki ayrılmış akış bölgesinin küçüldüğü görülmektedir.

4- 10 cm' lik binalar arası mesafe durumunda arkadaki çapraz olarak yerleştirilen binanın ön bölgesindeki yukarı ve aşağı akış bölgelerinin mesafeleri artmıştır.

5- Özellikle binalar arası mesafenin 6,25 cm olduğu durumda görülebildiği gibi çatı kısmından dolayı binanın arka tarafında ikincil bir ayrılmış akış bölgesi oluşmaktadır.

6- Deneysel ve sayısal sonuçlar arasında çatılı 5cmx5cmx5cm boyutlarındaki kısa model için en fazla % 3' lük bir fark görülürken, 5cmx5cmx10cm ölçülerindeki çatılı bina modeli için bu fark azalarak %2 olarak belirlenmiştir. Bu farklılığa da bina üst kısımlarında oluşan girdaplar nedeniyle akışın değişkenlik göstermesinin sebep olduğu düşünülmektedir.

7- 5cmx5cmx5cm boyutlarındaki çatılı bina için bina arkasında oluşan girdabın çatı etkisi nedeniyle büyüdüğü bina arka bölgesinde oluşan hız profillerinin değişiminden anlaşılmaktadır.

8- 5cmx5cmx5cm boyutlarındaki çatılı bina ile karşılaştırıldığında, 5cmx5cmx10cm ölçülerindeki bina için bina arka bölgesinde oluşan hız profillerinin benzer olduğu ve bina arka bölgesinde ayrılmış akış profillerinin olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak, binalar etrafında oluşan akış yapısına ve binalar üzerine etkiyen Rüzgâr kuvvetlerine, gelen Rüzgârın yönü ve şiddetinin yanı sıra binaların yerleşim planının, binalar arası mesafenin ve çatı kısmının da etkili olduğu görülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (CÜBAP) birimi tarafından M-531 proje numarası ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Gölbaşı D, Buyruk E, Şahin B, Karabulut K. Değişik bina modelleri için akış alanlarının deneysel ve sayısal olarak incelenmesi. Tesisat Müh. 2017; 6 (162): 32-47.
- [2] Tutar M, Oguz G. Large eddy simulation of wind flow around parallel buildings with varying configurations, Fluid Dyn Res. 2002; 31 (5-6): 289-315.
- [3] Blocken B, Dezsö G, Beeck J, Carmeliet J. The mutual influence of two buildings on their wind driven rain exposure and comments on the obstruction factor. J Wind Eng Ind Aero. 2009; 97 (5-6):180-196.
- [4] Chang XX, Zhao L, Ge YJ. High-Reynolds-number effects simulations for wind effects on a cooling tower model in a wind tunnel based on a statistical approach. J Brazi Soc Mech Sci Eng. 2021; 43 (99): 1-12.
- [5] Huang P, Lin H, Gu M. Wind tunnel investigation of autorotation of plate: the effects of geometry, Reynolds number and rotation direction. J Wind Eng Ind Aerodyn. 2020; 196:104012.
- [6] Liu Z, Cao S, Liu H, Hua X, Ishihara T. Effects of Reynolds number in the range from 1.6×10^3 to

1.6×10^6 on the flow fields in tornado-like vortices by LES: a systematical study. J Wind Eng Ind Aerodyn. 2020; 196:104028.

- [7] Gölbaşı D, Buyruk E, Karabulut K. Experimental and numerical research of the flow features around the building pairs with different types. Cumhuriyet Sci J. 2018; 39 (4): 1089-1106.
- [8] Gölbaşı D, Buyruk E, Şahin B, Karabulut K, Kılınc F. Bina yüksekliği değişiminin akış yapıları üzerindeki etkisinin deneysel ve sayısal olarak incelenmesi. 21. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, ULİBTK'17. Çorum: 2017. p. 356-66.
- [9] Daemei AB, Eghbali SR. Study on aerodynamic shape optimization of tall buildings using architectural modifications in order to reduce wake region. Wind Str. 2019; 29 (2): 139-147.
- [10] Wheatley C, Baumann M, Gutierrez SM. Aerodynamic mitigation of origami-inspired building structures subjected to hurricane wind loads. Behavior and Mechanics of Multifunctional Materials IX, Proc. SPIE 11377. Online: 2020. p. 1137708.
- [11] Yan B, Li QS. Wind tunnel study of interference effects between twin super-tall buildings with aerodynamic modifications. J Wind Eng Ind Aero. 2016; 156: 129-145.
- [12] Gölbaşı D. Yerleşim alanları içerisinde farklı geometrilere sahip yapılar üzerinde ısı transferi ve akış yapılarının deneysel ve teorik olarak incelenmesi [Doktora Tezi]. Sivas: Sivas Cumhuriyet Üniversitesi; 2015.
- [13] Gousseau P, Blocken B, Stathopoulos T, Heijst GJF. CFD simulation of near field pollutant dispersion on a high resolution grid: a case study by les and rans for a building group in downtown Montreal. Atm Env. 2011; 45 (2): 428-438.
- [14] FLUENT. Fluent 6.1 user's guide. 2003; Fluent Inc., Lebanon.



Yapay Zekâ Yöntemleri ile Adıyaman ve Diyarbakır İstasyonlarının Aylık Tava Buharlaşmalarının Tahmin Edilmesi

Veysel GÜMÜŞ^{1*}, Yunus YEŞİLTAS¹, Oğuz ŞİMŞEK¹

¹ Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye

Veysel GÜMÜŞ ORCID No: 0000-0003-2321-9526

Yunus YEŞİLTAS ORCID No: 0000-0002-2301-2712

Oğuz ŞİMŞEK ORCID No: 0000-0001-6324-0229

*Sorumlu yazar: gumus@harran.edu.tr

(Alınış: 09.03.2021, Kabul: 07.09.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Anahtar Kelimeler
 Adıyaman,
 Diyarbakır,
 Buharlaşma tahmini,
 GEP,
 YSA,
 ANFİS

Öz: Buharlaşma, hidrolojik çevrimin en önemli elemanlarından biridir. Buharlaşmanın doğru bilinmesi sulama sistemi tasarımı, hidrolojik modelleme, nehir akışı tahmini ve sulama planlaması da dâhil olmak birçok alanda temel bir parametre olarak kullanılmaktadır. Tahmini için farklı ampirik yaklaşım bulunmasına rağmen, son zamanlarda yapay zekâ yöntemleri de kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Güney Doğu Anadolu Bölgesinde bulunan Adıyaman ve Diyarbakır meteoroloji gözlem istasyonlarında ölçülen aylık tava buharlaşması; sıcaklık, rüzgâr hızı, nisbi nem, basınç, güneşlenme şiddeti ve aylık açık gün sayısı parametreleri kullanılarak tahmin edilmiştir. Buharlaşmanın tahmininde farklı girdi kombinasyonlarıyla, Yapay Sinir Ağları (YSA), Uyarlamalı Ağ Tabanlı Bulanık Mantık Çıkarım Sistemi (ANFİS) ve Gen Ekspresyon Programlama (GEP) yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemlerin buharlaşmayı tahmin etmedeki başarı sıralaması R^2 , Ortalama Karesel Hata (OKH) ve Ortalama Mutlak Hata (OMH) kriterleri kullanılarak belirlenmiştir. Ölçülen ve bu yöntemlerle tahmin edilen değerlerin karşılaştırılmasından, GEP yönteminin kullanılan diğer iki yönteme göre daha başarılı olduğu ve bu yöntemle test sürecinde hesaplanan en yüksek R^2 değerleri, Adıyaman istasyonu için 0.923, Diyarbakır istasyonu için ise 0.963 olmuştur.

112

Estimation of Monthly Pan Evaporation of Adıyaman and Diyarbakır Stations with Artificial Intelligence Methods

Keywords
 Adıyaman,
 Diyarbakır,
 Evaporation forecast,
 GEP,
 ANN,
 ANFİS

Abstract: Evaporation, one of the most important elements of the hydrological cycle. In addition, accurate estimation of evaporation is used as a fundamental parameter in many areas including design of irrigation system, hydrological modeling, river flow estimation and irrigation planning. Although there are different empirical approaches to prediction of evaporation, artificial intelligence methods have also been used. In this study, monthly pan evaporation measured at Adıyaman and Diyarbakır stations in the Southeastern Anatolia Region are estimated using the different climatic parameters such as temperature, wind speed, relative humidity, pressure, solar radiation and monthly open days. Artificial Neural Networks (ANN), Adaptive Network Based Fuzzy Logic Inference System (ANFİS) and Gene Expression Programming (GEP) methods are used to predict pan evaporation with different input combinations. To determine performance of these methods to prediction of pan evaporation, R^2 , Mean Square Error (MSE) and Mean Absolute Error (MAE) criteria are used. The GEP method is more successful than the other two methods used and the highest R^2 values calculated with this method during the test process are 0.923 for Adıyaman station and 0.963 for Diyarbakır station.

1. GİRİŞ

Hidrolojik çevrimin önemli parametrelerinden biri olan buharlaşma, su kaynaklarının yönetilmesinde sıklıkla kullanılır. Özellikle, baraj gölleri ya da sulama amaçlı tasarlanan göletlerde buharlaşma, bu yapıların tasarımında ana faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Buharlaşma bütün su kaynakları çalışmaları için göz ardı

edilemez bir parametre olduğundan, bitkilerin su tüketim miktarını, havzalardaki verimi, haznelerin kapasitelerini ve pompa istasyonlarının büyüklüğünü etkilemektedir.

Buharlaşma atmosferik basınç, sıcaklık, rüzgâr hızı, bağıl nem, güneşlenme süresi ve güneşlenme şiddeti gibi birçok iklim parametresinden etkilenir. Buharlaşmanın birçok parametreye bağlı olması nedeniyle, hesaplanması

ve doğru tahmin edilmesi oldukça zordur. Buharlaştırma miktarını belirli bir zaman aralığında belirlemek için genellikle buharlaştırma tavaşı kullanılmaktadır. Bunun yanında, buharlaştırma tavaşı kullanılmadan, geleneksel yöntemlerle de meteorolojik veriler girdi olarak kullanılarak buharlaştırma tahmin edilebilmektedir [1-5]. Bunun yanında, hidro-meteorolojik verilerin analiz edildiği çalışmalarda, yapay zekâ yöntemlerinin önemi ve kullanım faaliyetleri gün geçtikçe çoğalmaktadır. Özellikle, doğrusal olmayan sistemlerin davranışlarını modellemede yapay zekâ yöntemleri (Yapay Sinir Ağları-YSA, Uyarlamalı Ağ Tabanlı Bulanık Mantık Çıkarım Sistemi-ANFIS, Gen Expression Programlama-GEP, Genetik Programlama-GP vb.) sıklıkla kullanılmaktadır. Uygulama kolaylığı açısından, fazla girdiye ihtiyaç duymamasından ötürü bu yöntemler oldukça kullanışlıdır. Örneğin, Rahimikhoob [6], İran'ın güneybatısı Khuzestan Ovası'nda bulunan Safiabad Tarımsal Araştırma Merkezi (SARC)'ndeki tava buharlaştırmasını, YSA yöntemiyle tahmin etmiş ve bu yöntemin sonuçlarını ampirik Hargreaves denklemi ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırmıştır. Buharlaştırma tahmin etmede, SARC hava istasyonunda 1996-2001 yılları arasında kapsayan günlük minimum sıcaklık, maksimum sıcaklık ve güneşlenme şiddeti verileri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, YSA yönteminin buharlaştırmayı tahmin etmede Hargreaves yönteminden daha iyi olduğunu bildirmiştir. Shiri et al. [7], günlük iklim parametrelerini kullanarak günlük buharlaştırma modellemesi için ANFIS ve YSA yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Çalışmada, ABD'nin Illinois eyaletindeki üç farklı meteoroloji istasyonuna ait 2005-2008 arasında kapsayan günlük hava sıcaklığı, güneşlenme şiddeti, rüzgâr hızı, bağıl nem, yüzey toprak sıcaklığı ve yağış parametreleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, özellikle sınırlı iklim parametreleri kullanıldığında ANFIS yönteminin buharlaştırmayı modellemesinde daha başarılı olduğunu göstermiştir. Kisi ve ark. [8], çalışmalarında günlük buharlaştırma tahmini için GP'nin yeteneklerini araştırmışlardır. Buharlaştırmanın tahmininde hava sıcaklığı, güneşlenme süresi, rüzgâr hızı ve bağıl nemi kullanarak çeşitli kombinasyonlarını içeren farklı GP modelleri geliştirmişlerdir. GP'nin yeteneklerini değerlendirmek için aynı veri setini kullanarak farklı ANFIS ve YSA modelleri kurulmuş ve GP'nin ANFIS ve YSA yaklaşımlarına üstünlüğü belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, GP modelinin mevcut iklim verileri ile buharlaştırmayı tahmin edilmesinde oldukça başarılı olduğunu bildirmişlerdir. Terzi [9], hidrolojik ve meteorolojik araştırmalarda önemli bir parametre olan günlük tava buharlaştırmasını tahmin etmek için GEP ve ANFIS yöntemlerini ele almıştır. Girdi parametresi olarak 1998-2005 yılları arasındaki Kovada Gölü ve Karacaören Baraj Gölüne ait buharlaştırma değerleri ile Eğirdir Gölünün 1, 2 ve 3 gün önceki buharlaştırma değerleri kullanılmıştır. Çeşitli girdi kombinasyonları deneyerek yapılan tahminlerde, GEP yönteminin ANFIS yöntemine göre daha başarılı olduğu belirlenmiştir. Gümüş ve ark. [10], Adana istasyonuna ait aylık ortalama buharlaştırmayı tahmin etmek amacıyla YSA, ANFIS ve GEP yöntemlerini kullanmışlardır. Bağıl nem, atmosfer basıncı, güneşlenme şiddeti, aylık ortalama

sıcaklık, rüzgâr hızı ve güneşlenme süresi parametreleri kullanılarak buharlaştırma değeri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak, ele alınan tüm yöntemlerin buharlaştırma tahmininde kullanılabilir olduğu ve ANFIS yönteminde 6 girdili kombinasyonun, oluşturulan diğer tüm modellemelerin içinde buharlaştırmayı tahmin etmede en başarılı sonucu verdiği bildirilmiştir. Rashid Niaghi et. al. [11], Kızıl Nehir Vadisi'nde bulunan nemli iklimde sahip altı meteoroloji istasyonunda elde edilen buharlaştırmayı tahmin etmek için Gen İfade Programlama (GEP), Destek Vektör Makinesi (Support Vector Machine-SVM), Çoklu maksimum ve üç giriş kombinasyonu ile Doğrusal Regresyon (Multiple Linear Regression-MLR) ve Rasgele Orman (Random Forest-RF) yöntemlerini kullanmışlardır. Buharlaştırmayı tahmin etmek için 17 yıl boyunca günlük olarak kaydedilen minimum hava sıcaklığına dayalı (T_{max} , T_{min}), kütle transferine dayalı (T_{max} , T_{min} , U: rüzgâr hızı) ve radyasyona dayalı (R_s : güneş radyasyonu, T_{max} , T_{min}) değerleri kullanılmıştır. Farklı girdi kombinasyonlarında kullanılan yöntemlerin buharlaştırmayı tahmin etme başarılarının karşılaştırılmasından, RF modelinin diğer yöntemlerden daha başarılı olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmaların sonucunda, Dünyanın çok farklı bölgelerinde buharlaştırmayı tahmin edilmesinde çeşitli girdi parametreleri kullanılarak farklı yapay zekâ yöntemlerinin kullanıldığı görülmektedir. Türkiye sınırları içerisinde yapılan buharlaştırma tahmini çalışmalarının oldukça kısıtlı olması ve su kaynaklarının planlaması açısından oldukça önemli parametrenin tahmin modelinin oluşturulması önemli bir konu eksikliği olarak belirlenmiştir. Ayrıca, Güney Doğu Anadolu Projesi'nin yürütüldüğü bölgede su yapısının oldukça fazla olması ve bu proje kapsamında sulama faaliyetlerinin önemli olduğu ve yoğunluk kazanmasından bölgenin buharlaştırma tahmininin yapılması gerekliliği bulunmakta ve planlamacılar önemli bilgiler sunacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmada, GAP bölgesindeki Adıyaman ve Diyarbakır illeri için aylık tava buharlaştırma değerlerini yapay zekâ yöntemleri olan YSA, ANFIS ve GEP yöntemleri ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bu istasyonlar için aylık ortalama sıcaklık, aylık ortalama rüzgâr hızı, aylık ortalama nisbi nem, aylık ortalama aktüel basınç, aylık açık günler sayısı ve günlük toplam güneşlenme şiddeti aylık ortalaması meteorolojik değişkenlerini içeren, çeşitli girdi kombinasyonları deneyerek yapılan bu çalışmada, aylık tava buharlaştırmayı tahminleri yapılmış ve çıkan sonuçlar karşılaştırılmıştır.

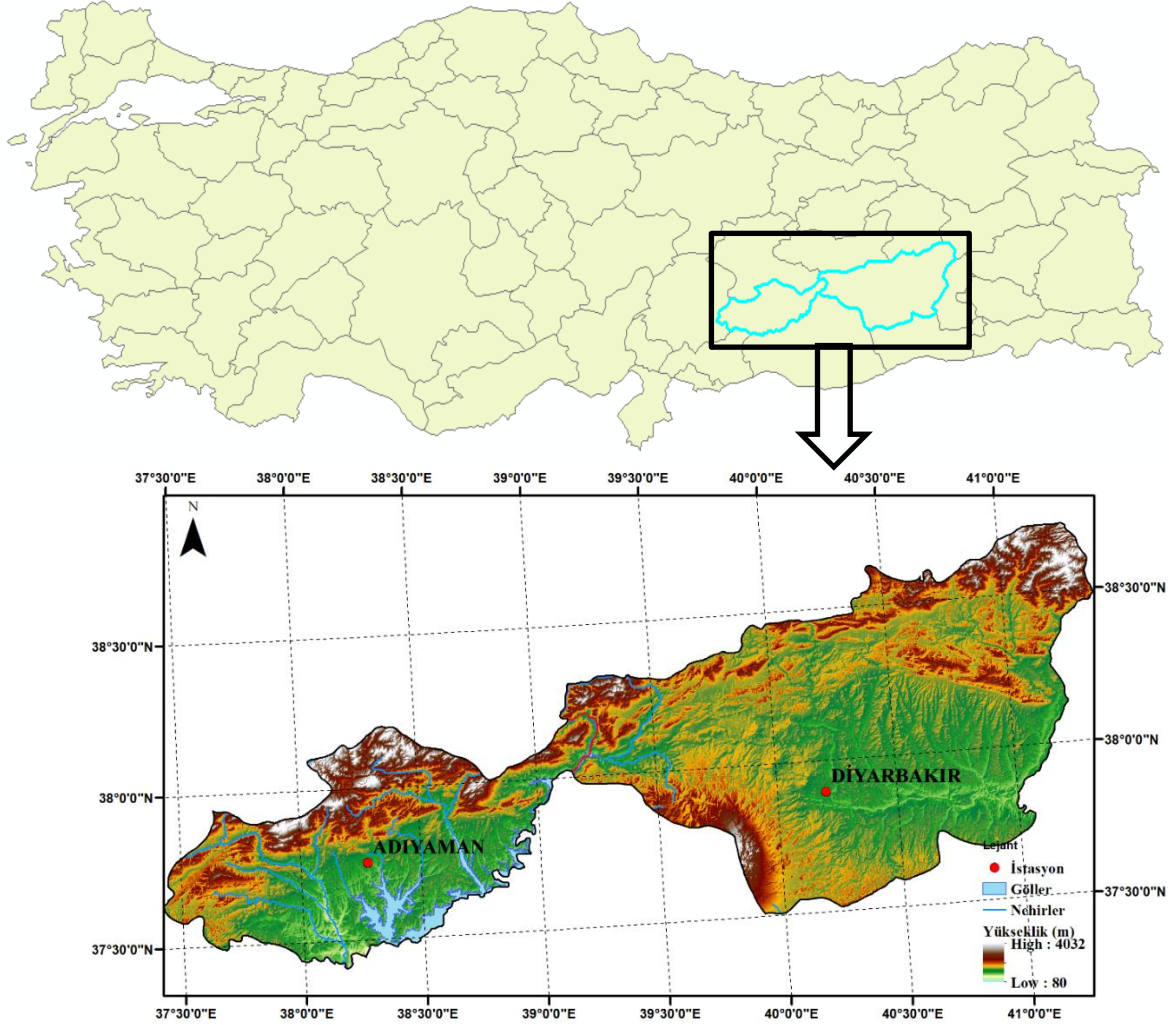
2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Güney Doğu Anadolu Bölgesi, ülkemizin yüzölçümü bakımından en küçük bölgesidir. Kısmen Fırat ve Dicle havzalarının içinde yer aldığı bu bölgede, önemli su ve toprak kaynakları bulunur. Bunun yanında, yaz sıcaklığının ve buharlaştırmayı en fazla olduğu bir bölgemizdir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ni kalkındırma amaçlı 1989 yılında master planı yapılan Güney Doğu Anadolu Projesi (GAP), ülkemizde şimdiye

kadar planlanmış en detaylı ve maliyetli projedir. Etkileşimli bölgesel kalkınma yaklaşımı ve sürdürülebilir insani gelişme felsefesi ile GAP, dünya çapında adından söz ettirmiş ve marka değeri olan bir projedir. Proje alanı Fırat-Dicle Havzası ile yukarı Mezopotamya ovalarında yer alan 9 ili (Adıyaman, Batman, Diyarbakır, Gaziantep, Kilis, Mardin, Siirt, Şanlıurfa, Şırnak) kapsamaktadır [12].

Bu çalışmada, Türkiye için su kaynakları ve tarımsal açıdan stratejik bir öneme sahip olan Güney Doğu Anadolu Bölge'sinde yer alan 17265-Adıyaman ve 17280-Diyarbakır illeri ele alınmıştır (Şekil 1). Adıyaman istasyonu 37,7553K- 38,2775D, Diyarbakır istasyonu ise 37,8973K- 40,2027D koordinatlarında bulunmakta ve yükseklikleri sırasıyla 672 ve 674m'dir.



Şekil 1. Çalışma alanı

Tablo 1'de, çalışma kapsamında ele alınan Adıyaman ve Diyarbakır istasyonlarının buharlaşmasını tahmin etmede kullanılan meteorolojik değerlerinin istatistiksel parametreleri verilmiştir. Tabloda bulunan istatistiksel parametreler aritmetik ortalama (X_{ort}), minimum değer (X_{min}), maksimum değer (X_{mak}), standart sapma (S_x) ve çarpıklık katsayısı (C_{sx}) şeklindedir. Kullanılan meteorolojik veriler, Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden (MGM) temin edilmiştir. Tablo 1 incelendiğinde, her iki istasyonda elde edilen sıcaklık, rüzgâr hızı, nispi nem, aktüel basınç ve açık gün sayısı değerlerin maksimum, minimum, ortalama, standart sapma değerlerinin ve çarpıklık katsayısının birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Diyarbakır istasyonuna

ait buharlaşma miktarının ortalamasının ve maksimum değerlerinin Adıyaman istasyonundan daha büyük olduğu görülürken, güneşlenme şiddetinde ise bu durumun tam tersi söz konusudur. Adıyaman istasyonunda 1966-2016, Diyarbakır istasyonunda ise 1963-2016 yılları arasında ölçülmüş tava buharlaşma değerleri kullanılmıştır. MGM'den temin edilen tava buharlaşma verileri, iki istasyon içinde çoğunlukla Nisan-Kasım aylarında ölçüldüğünden, buharlaşmanın tahmini için kullanılan diğer meteorolojik parametrelerde de bu aylara karşılık gelen değerler kullanılmıştır. Meteorolojik parametrelerde ölçümü bulunmayan veriler, komşu istasyonlardan regresyon yöntemi ile belirlenmiştir.

Tablo 1. Adıyaman ve Diyarbakır istasyonlarının meteorolojik değerleri için istatistiksel parametreler

İstasyon	Parametre	Birim	X _{ort}	X _{mak}	X _{min}	S _x	C _{ss}
Adıyaman	Sıcaklık	°C	20.7	33.5	3.1	7.88	-0.258
	Rüzgâr Hızı	m/s	2.1	4	0.7	0.56	0.515
	Nispi Nem	%	44.9	80.6	13.8	15.19	0.319
	Aktüel Basınç	hPa	934.6	944	920.5	4.34	-0.041
	Açık Günler Sayısı		17.9	31	2	8.59	-0.021
	Güneşlenme Şiddeti	Cal/cm ²	366.5	637.5	94.2	124.31	-0.374
	Buharlaşma (PE)	mm	164.1	467.2	1.4	99.95	0.280
Diyarbakır	Sıcaklık	°C	21.2	33.3	3.3	7.57	-0.282
	Rüzgâr Hızı	m/s	2.6	5.2	0.9	0.73	0.328
	Nispi Nem	%	46.1	83.2	15.1	17.13	0.227
	Aktüel Basınç	hPa	934.0	943.8	925.2	4.57	0.124
	Açık Günler Sayısı		18.0	31.0	1.0	8.68	-0.161
	Güneşlenme Şiddeti	Cal/cm ²	469.8	730.6	114.2	146.59	-0.471
	Buharlaşma (PE)	mm	226.6	625.8	0.9	133.70	0.256

2.2. Yöntem

2.2.1. Yapay Sinir Ağları (YSA)

Yapay sinir ağı, belirli bir ağ mimarisine göre birbirine bağlanan birçok yapay nöronun meydana gelir. Oluşturulan bu ağın temel amacı, girdileri anlamlı çıktılara dönüştürmektir. 2000'li yıllar sonrasında kullanımı yoğunlaşan YSA ile, yağış-akış modellemesi, yeraltı suyu, yağış ve su kalitesi gibi farklı hidrolojik parametrelerin tahmin edilmesinde popüler bir kullanım alanına sahip olmuştur [13, 14]. Hidroloji uygulamalarında kullanılan en popüler YSA modeli, çok katmanlı algılayıcıdır.

2.2.2. Uyarlamalı Ağ Tabanlı Bulanık Mantık Çıkarım Sistemi (ANFIS)

Jang [15] tarafından önerilen uyarlamalı ağ tabanlı bulanık mantık çıkarım sistemi (Adaptive-Network Based Fuzzy Inference Systems -ANFIS) yöntemi yapay sinir ağları ile bulanık mantık sistemlerini birleştirmektedir. Bu yöntem, Sugeno tipi bulanık sistem bir ağ modelini yapay sinir ağları yöntemi ile eğitmektedir. Böylece, giriş ve çıkış verileri arasındaki ilişkiyi kurmak ve üyelik fonksiyonunu belirlemek için yapay sinir ağına algoritmaları kullanılmaktadır [16].

2.2.3. Gen Ekspresyon Programlama (Gene-Expression Programming-GEP)

GEP yöntemi, karmaşık doğrusal olmayan problemleri çözmek için genetik algoritmanın (GA) uzun doğrusal sembol kodlamasını ve genetik programlamayı (GP) birleştirerek, Ferreira [17] tarafından önerilmiştir. GEP yöntemi çözüm için, birincil bir irkla başlar ve önceden belirlenmiş bir hedefe doğru evrimleşmek için seçim, kopyalama, çiftleşme, mutasyon, adaptasyon, tersine çevirme ve dönüşüm dahil olmak üzere sürekli bir evrim sürecinden geçer. Bu yöntem, GA'da bulunan erken yakınsama eksikliklerini iyileştirmesi ve evrimleşme hızının GA ve GP'den 100 kat daha yüksek olması nedeniyle ayrıca kullanışlıdır [18]. Ayrıca bu yöntem yapısı gereği bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler

arasındaki ilişkiyi açık formüllerle verebilme kabiliyetine sahiptir.

Bu çalışma kapsamında GEP yönteminde tahmin modeli tasarlanırken uygunluk fonksiyonu olarak karekök ortalama karesel hata (KOKH) parametresi seçilmiştir. Tava buharlaşma değerini tahmin etmek için üç alt fonksiyon kullanılmıştır. Yöntem ile elde edilen her bir alt fonksiyonun toplanması ile buharlaşma tahmini için kullanılacak fonksiyon elde edilmiş olur (Denklem 1).

$$PE = SubET_1 + SubET_2 + SubET_3 \quad (1)$$

2.2.4. Performans Kriterleri

Adıyaman ve Diyarbakır istasyonlarına ait aylık ortalama buharlaşmayı tahmin etmek amacıyla kullanılan modellerin başarısını belirlemek için başarı kriteri olarak belirlilik katsayısı (R^2), ortalama karesel hata (OKH) ve ortalama mutlak hata (OMH) hesaplanmıştır. R^2 , OKH ve OMH değerlerinin hesaplanması sırasıyla Denklem 2, 3 ve 4'te verilmiştir.

$$R^2 = \frac{\sum_{n=1}^N (PE_{hesap} - PE_{ortalama})^2 - \sum_{n=1}^N (PE_{hesap} - PE_{tahmin})^2}{\sum_{n=1}^N (PE_{hesap} - PE_{ortalama})^2} \quad (2)$$

$$OKH = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (PE_{hesap} - PE_{tahmin})^2 \quad (3)$$

$$OMH = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N |PE_{hesap} - PE_{tahmin}| \quad (4)$$

Denklemlerde bulunan N toplam veri sayısını, PE_{hesap} hesaplanan tava buharlaşma değerini, $PE_{ortalama}$ hesaplanan tava buharlaşma değerlerinin ortalamasını, PE_{tahmin} ise model sonucunda elde edilen tava buharlaşma değerini ifade etmektedir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamında, GAP bölgesinde bulunan 17265-Adıyaman ve 17280-Diyarbakır istasyonlarına ait aylık tava buharlaşma değerleri aynı istasyona ait meteorolojik veriler kullanılarak YSA, ANFIS ve GEP yöntemleri ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Buharlaşmayı tahmin etmek için oluşturulan 3 farklı girdi kombinasyonu Tablo 2’de verilmiştir. DM01 kombinasyonu için girdi parametresi olarak aylık ortalama sıcaklık (T) ve aylık ortalama rüzgâr hızı (W), DM02 için aylık ortalama sıcaklık (T), aylık ortalama rüzgâr hızı (W), aylık ortalama nisbi nem (H) ve aylık ortalama basınç (P) değerleri kullanılmıştır. DM03 için aylık ortalama sıcaklık (T), aylık ortalama rüzgâr hızı (W), aylık ortalama nisbi nem (H), aylık ortalama aktüel basınç (P), aylık toplam açık gün sayısı (OD) ve günlük toplam global güneşlenme şiddeti aylık ortalaması (SR) değerleri kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında analizler YSA ve ANFIS için Matlab programında hazırlanan kodlar ile yapılmış, GEP yöntemi ise Genexprotools yazılımı ile yapılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen değerlerin negatif değer olması durumu için hazırlanan kodlarda bu değerlerin 0 olarak alınması programlanmıştır.

Tablo 2. Tahmin çalışması için kombinasyonlar ve girdi parametreleri

Kombinasyon Adı	Girdi Parametreleri
DM01	T, W
DM02	T, W, H, P
DM03	T, W, H, P, OD, SR

3.1. Adıyaman İstasyonu Buharlaşma Tahmini

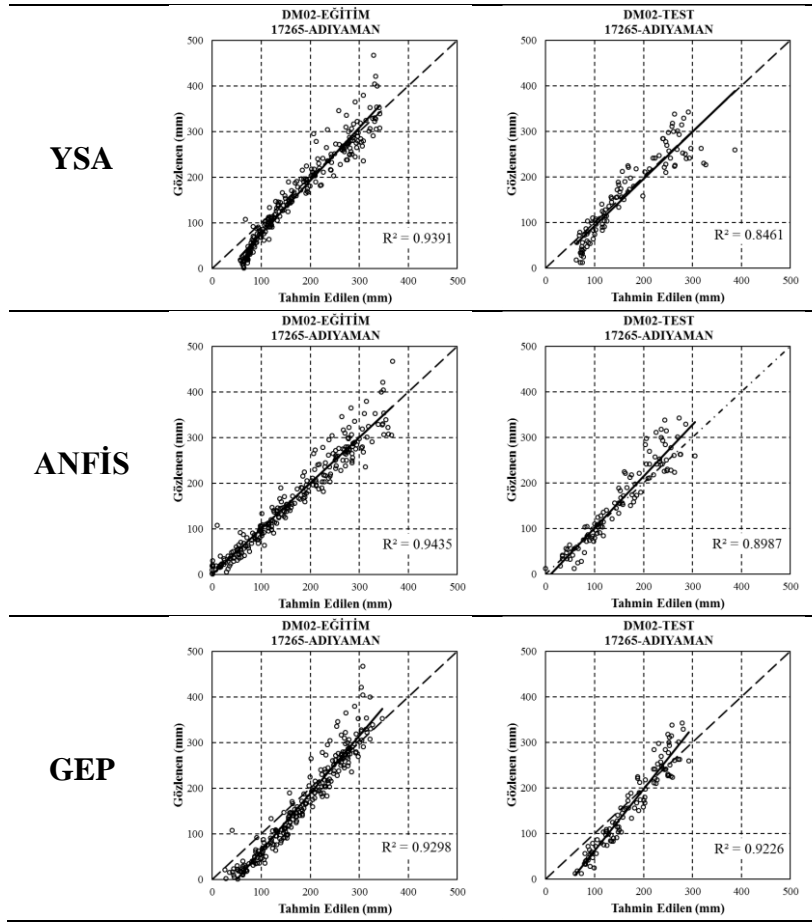
Adıyaman istasyonu için yapılan tahmin çalışmasından elde edilen sonuçlar, tüm girdi kombinasyonları ve kullanılan tüm modeller için Tablo 3’te verilmiştir. Burada, karşılaştırma kriteri olarak verilen R^2 , OKH ve OMH değerleri hem eğitim hem de test verileri için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. En başarılı model sonuçları kalın olarak verilmiş ve böylelikle kolay ayırt edilmesi sağlanmıştır. Buna göre, DM01 kombinasyonu için ele alınan üç karşılaştırma kriterinde de test sürecinde en başarılı sonucu veren yöntem GEP olarak belirlenmiştir. Burada, R^2 değeri eğitim sürecinde 0.939, test sürecinde ise 0.918 olarak hesaplanmıştır. DM02 kombinasyonunda ise test sürecinde 0.923 ile en yüksek R^2 değerini GEP yöntemi vermiştir. DM03 kombinasyonunda ise test sürecinde elde edilen sonuçlar incelendiğinde GEP yöntemi en büyük R^2 değerine sahiptir. Özellikle, DM02 ve DM03 kombinasyonlarının OKH ve OMH değerleri bakımından yeni eklenen açık gün sayısı ve güneşlenme şiddeti değerlerinin sonuçları iyileştirmede görülmüştür.

Tablo 3. Adıyaman istasyonu için buharlaşmanın tahmininde kullanılan model sonuçları

		DM01			DM02			DM03		
		R^2	OKH	OMH	R^2	OKH	OMH	R^2	OKH	OMH
YSA	Eğitim	0.931	1016.76	24.72	0.939	968.99	23.83	0.940	974.28	23.38
	Test	0.900	937.60	24.53	0.846	1252.35	27.87	0.873	1184.75	29.46
ANFIS	Eğitim	0.940	646.53	17.83	0.943	610.96	17.38	0.946	579.27	16.45
	Test	0.896	1386.33	27.61	0.899	976.22	22.36	0.899	958.65	23.78
GEP	Eğitim	0.939	660.98	17.82	0.930	1419.20	30.90	0.937	686.18	18.23
	Test	0.918	823.48	23.28	0.923	1273.25	30.58	0.910	1159.12	24.24

Farklı girdi kombinasyonlarının test sürecinde elde edilen sonuçlarının karşılaştırılmasından, sıcaklık, rüzgâr hızı, nem ve basınç değerlerini kullanarak tava buharlaşma değerlerini tahmin etmek için oluşturulan DM02 kombinasyonun en başarılı model girdi kombinasyonu olduğu görülmekte ve bu girdi kombinasyonuna ait saçılım grafikleri Şekil 2’de verilmiştir. Burada, DM02 için saçılım grafikleri incelendiğinde kullanılan tüm yöntemlerin eğitim sürecinde nispeten başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir. Eğitim sürecinde, YSA ve GEP yöntemleri ile yaklaşık 80 mm altındaki buharlaşma değerlerini tahmin etmede başarılı olmadığı ve ölçülen değerden daha büyük bir değer tahmin edildiği belirlenmiştir. Ayrıca, tüm modeller eğitim sürecinde

DM01 kombinasyonuna benzer bir şekilde yaklaşık 400 mm üzerindeki buharlaşma değerlerini tahmin etmede başarılı olmadığı ve ölçülmüş değerden daha küçük bir değer belirlediği görülmüştür. Test sürecinde ise YSA yönteminde eğitim sürecine benzer bir şekilde yaklaşık 80 mm altındaki buharlaşma değerlerini tahmin etmede başarısız olduğu, DM02 için verilen saçılım grafiklerinden anlaşılmaktadır. Ayrıca, test sürecinde en iyi R^2 değerine sahip GEP yöntemi ile tahmin edilen buharlaşma değerlerinin saçılım grafiği incelendiğinde, 200 mm altındaki değerlerin ölçülmüş değerlerinden daha büyük, 200 mm üstündeki değerlerin ise ölçülmüş değerlerden daha küçük olacak şekilde tahmin edildiği görülmektedir.



Şekil 2. Farklı yöntemlerle DM02 için Adiyaman istasyonunda gözlenen ve tahmin edilen tava buharlaşma değerlerinin saçılım grafikleri

Şekil 3'te, Adiyaman istasyonu için en iyi tahmin sonucunu veren DM02 için GEP ile elde edilen buharlaşma değerleri ile gözlenen değerlerin zamansal dağılımları verilmiştir. Burada da saçılım grafiklerine benzer bir şekilde eğitim sürecinde yaklaşık 300 mm üzerindeki değerlerin tahmininde GEP modelinin başarılı olmadığı, ancak 300 mm'den daha küçük değerler için başarılı olduğu anlaşılmaktadır. Test sürecinde DM02 100-250 mm arasındaki buharlaşma değerlerini tahmin etmede oldukça başarılı olduğu görülmektedir.

Şekil 4'te, Adiyaman ili için DM01 modeline göre girdi verisi olarak sıcaklık ve rüzgâr hızı değerlerinin yanında, nisbi nem ile basınç değerlerinin de eklendiği DM02 modeli incelendiğinde sıcaklığı temsil eden d0 değeri üç alt fonksiyonun tamamında toplam 6 sefer kullanıldığı görülmüştür. Rüzgâr hızını temsil eden d1 değeri ise üç alt fonksiyonun ikisinde toplam 5 sefer kullanılmıştır. Ayrıca nemi temsil eden d2 değeri alt fonksiyonlardan sadece birinde 2 defa kullanılmış olup, basıncı temsil eden d3 değeri ise hiçbir alt fonksiyonda kullanılmamıştır. Bu kullanılan değerler incelendiğinde DM02 modeline göre GEP yöntemi ile hesaplanan

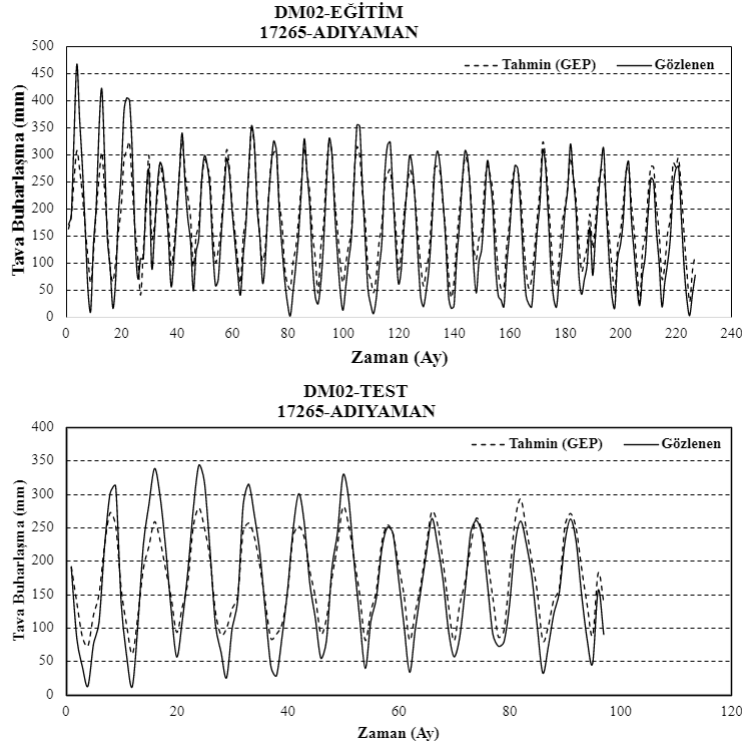
formülde sıcaklığın tava buharlaşmasının hesaplanmasında rüzgâr hızına, neme ve basınca nazaran daha etkin bir rol üstlendiği anlaşılmaktadır. Bunun yanında rüzgâr hızının azımsanmayacak bir öneme sahip olduğu görülmektedir.

GEP yöntemi ile DM02 için elde edilen açık formüllerin ifade ağacı Şekil 4'te ve bu model için elde edilen formülün açık ve sadeleştirilmiş hali Denklem 5'te verilmiştir. İfade ağacında ve denklemde kullanılan kısaltmalar Tablo 4'te görülmektedir.

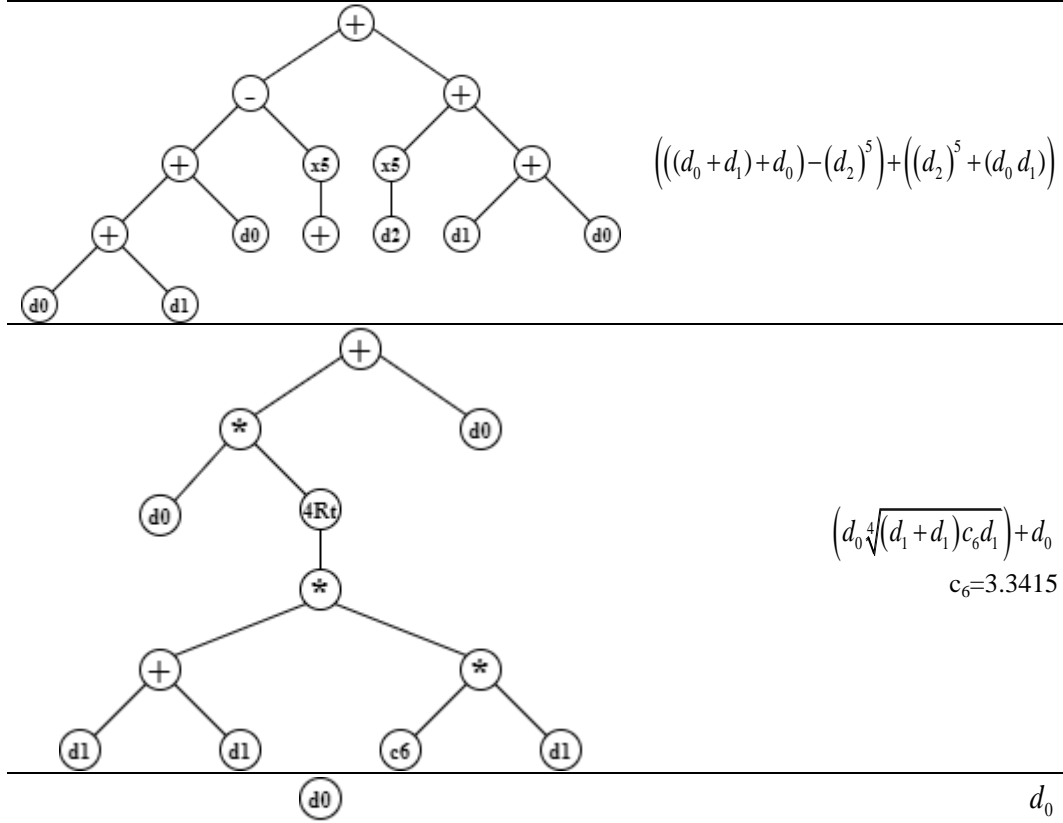
$$PE = T^2 + TW(2 + 1.608T^{1/4}W^{-3/4}) + 2T \quad (5)$$

Tablo 4. GEP yönteminde kullanılan kısaltmalar

Simge	Kısaltma	Açıklama
d0	T	Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)
d1	W	Aylık Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)
d2	H	Aylık Ortalama Nispi Nem (%)
d3	P	Aylık Ortalama Aktüel Basınç (hPa)
d4	OD	Aylık Açık Günler Sayısı
d5	SR	Günlük Toplam Global Güneşlenme Şiddeti Aylık Ortalaması (cal/cm ²)



Şekil 3. Adiyaman istasyonunda gözlenen ve en iyi tahmin edilen tava buharlaşma değerlerinin zamansal dağılımı



Şekil 4. Adiyaman istasyonu için GEP yöntemi ile hazırlanan DM02 modelinin “ifade ağacı” ve formülü

3.2. Diyarbakır İstasyonu Buharlaşma Tahmini

Diyarbakır istasyonu için yapılan tahmin çalışmasından elde edilen sonuçlar, tüm girdi kombinasyonları ve kullanılan tüm modeller için Tablo 5’te verilmiştir. Buna göre, DM01 kombinasyonu için ele alınan üç karşılaştırma kriterinde de test sürecinde en başarılı

sonucu veren yöntem GEP olarak belirlenmiştir. Burada, R^2 değeri eğitim sürecinde 0.866, test sürecinde ise 0.961 olarak hesaplanmıştır. DM02 kombinasyonunda ise test sürecinde 0.963 ile en yüksek R^2 değerini GEP yöntemi vermiş olsa da diğer karşılaştırma parametreleri olan OKH ve OMH değerleri bakımından en uygun değerleri ANFIS yönteminin verdiği, ayrıca test sürecinde ANFIS

yöntemi ile elde edilen R^2 değerinin de 0.951 olduğu görülmektedir. DM03 kombinasyonunda ise test sürecinde elde edilen sonuçlar incelendiğinde R^2

değerinin 0.963, OKH değerinin 1898.75 ve OMH değerinin ise 33.06 olduğu GEP yönteminin en başarılı yöntem olduğu söylenebilir.

Tablo 5. Diyarbakır istasyonu için buharlaşmanın tahmininde kullanılan model sonuçları

		DM01			DM02			DM03		
		R^2	OKH	OMH	R^2	OKH	OMH	R^2	OKH	OMH
YSA	Eğitim	0.870	2284.57	31.20	0.893	1985.58	32.09	0.888	2030.75	31.73
	Test	0.927	5020.52	54.63	0.906	3931.39	48.49	0.927	2930.40	41.91
ANFIS	Eğitim	0.871	2007.90	25.59	0.888	1736.50	26.63	0.917	1296.22	23.62
	Test	0.948	5088.86	58.35	0.951	2940.69	42.47	0.923	1961.42	31.99
GEP	Eğitim	0.866	2094.65	25.65	0.863	2198.09	27.97	0.882	1845.65	24.88
	Test	0.961	4473.74	55.14	0.962	5682.85	61.27	0.963	1898.75	33.06

Çalışma kapsamında ele alınan tüm yöntemler ile DM03 kombinasyonu için tahmin edilen buharlaşma değerlerinin saçılım grafikleri Şekil 5'te verilmiştir. Burada DM03 için saçılım grafikleri incelendiğinde kullanılan tüm yöntemlerin eğitim sürecinde nispeten başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir. Eğitim sürecinde DM02 kombinasyonu ile benzer bir şekilde YSA yönteminin yaklaşık 80 mm altındaki buharlaşma değerlerini tahmin etmede başarılı olmadığı ve ölçülen değerden daha büyük bir değer tahmin ettiği belirlenmiştir. Ayrıca, tüm modeller eğitim sürecinde DM01 ve DM02 kombinasyonlarına benzer bir şekilde yaklaşık 400 mm üzerindeki buharlaşma değerlerini tahmin etmede başarılı olmadığı ve ölçülmüş değerden daha küçük bir değer belirlediği görülmüştür. Test sürecinde ise YSA yönteminde eğitim sürecine benzer bir şekilde yaklaşık 80 mm altındaki buharlaşma değerlerini tahmin etmede başarısız olduğu görülmektedir. Diyarbakır istasyonuna ait DM03 kombinasyonu için buharlaşmayı tahmin etmede test sürecinde GEP yönteminin diğer yöntemlere nazaran daha başarılı olduğu belirlenmiştir.

DM01, DM02 ve DM03 kombinasyonları ile elde edilen tüm sonuçlar beraber ele alındığında, sadece sıcaklık ve rüzgâr hızı değerlerinin girdi parametresi olarak ele alındığı DM01 için GEP yöntemi daha başarılı sonuçlar vermiştir. Nem ve basınç parametrelerinin de eklenmesi ile oluşturulan DM02 kombinasyonunda YSA ve GEP yöntemi de başarılı sonuç elde etse de ANFIS yöntemi daha başarılı olmuştur. DM03 kombinasyonu buharlaşmayı tahmin etmede DM02 ile benzer bir R^2 değeri bulmasına rağmen, OKH ve OMH değerleri bakımından ele alınan tüm kombinasyonlar içerisinde en başarılı girdi kombinasyonunun GEP olduğu görülmüştür.

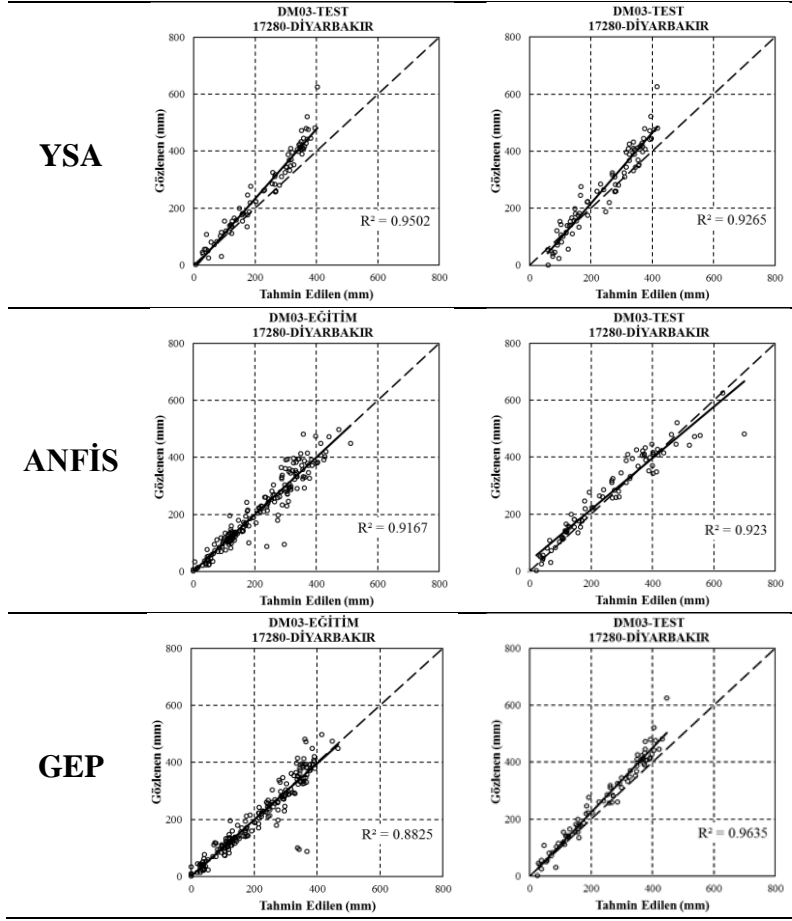
Şekil 6'da, Diyarbakır istasyonu için en iyi tahmin sonucunu veren DM01 ve DM03 için GEP, DM02 için ise ANFIS ile elde edilen buharlaşma değerleri ile gözlenen değerlerin zamansal dağılımları verilmiştir. Burada da saçılım grafiklerine benzer bir şekilde eğitim sürecinde yaklaşık 400 mm üzerindeki değerlerin tahmininde modellerin başarılı olmadığı, ancak geri kalan değerler için başarılı olduğu anlaşılmaktadır. Test sürecinde ise DM01, DM02 ve DM03'ün de nispeten başarılı sonuçlar verdiği, ayrıca DM02 ve DM03'ün 100-

350 mm arasındaki buharlaşma değerlerini tahmin etmede oldukça başarılı olduğu görülmektedir.

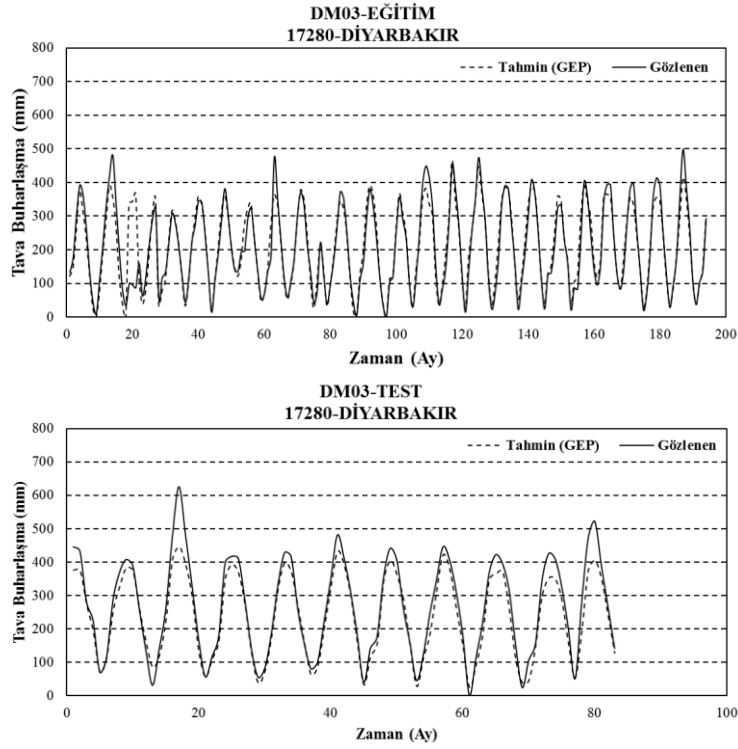
Diyarbakır ilinin DM03 modeline ait ifade ağacı Şekil 7'de ve formülün açık ve seda hali ise Denklem 6'da verilmiştir. DM03 modelinde tava buharlaşma değerinin hesaplanması için girdi verisi olarak, sıcaklık, rüzgâr hızı, nem, basınç, açık gün sayısı ve güneşlenme şiddeti değerleri kullanılmıştır. Bu formüller incelendiğinde sıcaklığı temsil eden d0 değeri üç alt fonksiyonun ikisinde toplam 3 sefer kullanıldığı görülmüştür. Rüzgâr hızını temsil eden d1 değeri ise üç alt fonksiyonun birinde toplam 1 sefer kullanılmıştır. Ayrıca nemi temsil eden d2 değeri alt fonksiyonlardan tamamında toplam 3 defa kullanılmış olup, basıncı temsil eden d3 değeri alt fonksiyonlardan hiçbirinde kullanılmamıştır. Açık gün sayısı değerini temsil eden d4 değeri alt fonksiyonların ikisinde toplam 3 sefer ve güneşlenme şiddeti değerini temsil eden d5 değeri üç alt fonksiyonun birinde sadece 2 sefer kullanılmıştır. Bu kullanılan değerler incelendiğinde DM03 modeline göre GEP yöntemi ile hesaplanan formülde diğer iki modele göre farklı bir sonuç ortaya çıkarak tava buharlaşma değerinin hesaplanmasında sıcaklık, nem ve açık gün sayısının birinci etken, güneşlenme şiddetinin ise ikinci ana etken olduğu görülmektedir.

$$PE = (-0.184T)(H - OD)^{1/3} + OD + W^3 + 8.976H^{1/4} + T(2SR - OD - T)^{1/3} - H \quad (6)$$

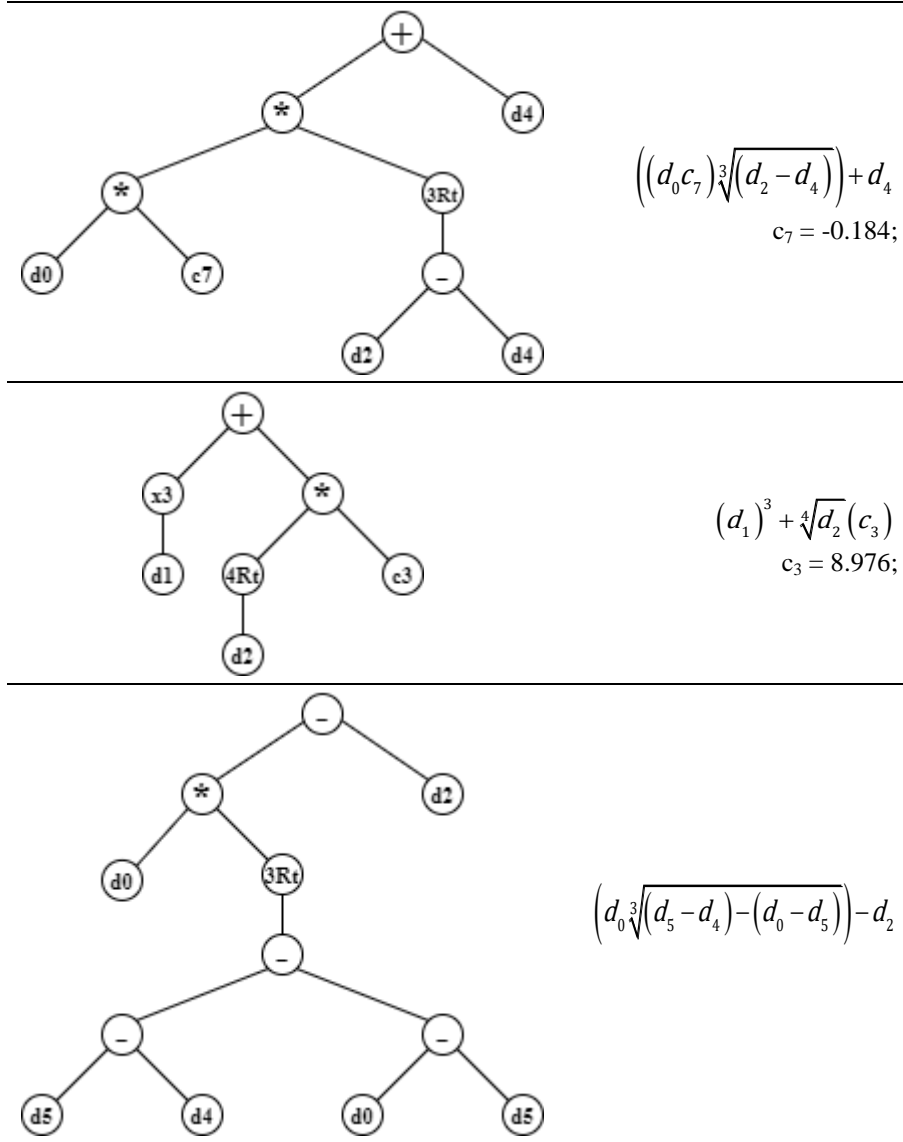
Terzi [9], Eğirdir gölüne ait ölçülmüş günlük tava buharlaşması değerlerini ANFIS ve GEP yöntemlerini kullanarak tahmin etmeye çalışmıştır. Çalışma sonucunda, GEP yönteminin ANFIS yöntemine nazaran daha başarılı sonuçlar verdiğini bildirmiştir. Mattar [19], Mısır'da bulunan 32 meteoroloji gözlem istasyonuna ait referans buharlaşma değerlerini belirlemede ampirik yaklaşımlar ile GEP yöntemini karşılaştırmıştır. Çalışma sonucunda, GEP yönteminin buharlaşmayı tahmin etmede ampirik yaklaşımlara göre daha başarılı sonuçlar verdiğini belirtmiştir. Bu çalışmada da elde edilen sonuçlar, GEP yönteminin tava buharlaşma değerlerini tahmin etmede başarıyla kullanılabileceğini göstermiştir.



Şekil 5. Farklı yöntemlerle DM03 için Diyarbakır istasyonunda gözlenen ve tahmin edilen tava buharlaşma değerlerinin saçılım grafikleri



Şekil 6. Diyarbakır istasyonunda gözlenen ve en iyi tahmin edilen tava buharlaşma değerlerinin zamansal dağılımı



Şekil 7. Diyarbakır istasyonu için GEP yöntemi ile hazırlanan DM03 modelinin "ifade ağacı" ve formülü

4. SONUÇLAR

Adıyaman ve Diyarbakır il merkezlerinde bulunan meteorolojik istasyonlardan ölçülmüş tava buharlaşma değerlerinin tahmin edilmesi için, aylık ortalama sıcaklık, aylık ortalama rüzgâr hızı, aylık ortalama nisbi nem, aylık ortalama aktüel basınç, aylık açık günler sayısı ve günlük toplam güneşlenme şiddetinin aylık ortalaması parametrelerini içeren üç farklı girdi kombinasyonu (DM01, DM02 ve DM03) kullanılmıştır. Yapay Sinir Ağları (YSA), Uyarlamalı Ağ Tabanlı Bulanık Mantık Çıkarım Sistemi (ANFIS) ve Gen Ekspresyon Programlama (GEP) yöntemleri kullanılarak aylık tava buharlaşması tahminleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. İstasyonlara ait verilerin %70'i eğitim sürecinde, %30'u test sürecinde kullanılmıştır. Buna göre;

Adıyaman istasyonunda tava buharlaşma değerini tahmin etmede en başarılı yöntemin R^2 karşılaştırma kriterine göre DM01, DM02 ve DM03 için GEP yönteminin kullanılan diğer yöntemlere kıyasla daha başarılı olduğu yöntem olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, üç kombinasyon için de 400 mm üzeri buharlaşma

tahmininde ele alınan yöntemlerin başarılı olmadığı görülmüştür.

Diyarbakır istasyonunda DM01, DM02 ve DM03 için tava buharlaşma değerini tahmin etmede en başarılı yöntemin sırasıyla GEP, ANFIS ve YSA yöntemleri olduğu belirlenmiştir. Özellikle DM02'de GEP yönteminin R^2 değeri ANFIS yöntemi ile elde edilen R^2 değerinden yüksek olmasına rağmen OKH ve OMH kriterlerine göre en başarılı yöntem ANFIS olarak belirlenmiştir. Bu modeller ile Diyarbakır istasyonunda 100-350 mm arasındaki tava buharlaşma değerlerinin oldukça başarılı bir şekilde tahmin edildiği görülmüştür.

Tüm istasyonlar için farklı yöntemlerle yapılan tava buharlaşma tahminleri incelendiğinde, GEP yönteminin genel olarak başarılı sonuçlar verdiği anlaşılmaktadır. Açık formül vermesi nedeniyle GEP yönteminin uygulayıcılar açısından daha kullanışlı olacağı değerlendirilmektedir.

Ayrıca, sadece sıcaklık ve rüzgâr hızı parametrelerinin girdi olarak ele alındığı DM01 kombinasyonun az girdi verisine ihtiyaç duymasına rağmen oldukça başarılı

sonuçlar verdiği ve uygulamada başarılı bir şekilde kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

Teşekkür

Bu çalışma Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (HÜBAP) tarafından desteklenmiştir (Proje No:18013).

KAYNAKLAR

- [1] Shirsath PB, Singh AK. A comparative study of daily pan evaporation estimation using ANN, regression and climate based models. *Water Resources Management* 2010; 24(8): 1571-1581.
- [2] Doğan E, Işık S, Sandalcı M. Günlük buharlaşmanın yapay sinir ağları kullanarak tahmin edilmesi. *Teknik Dergi* 2007; 18(87): 4119-4131.
- [3] Ariapour A, Nassaji Zavareh M. Estimation of daily evaporation using of artificial neural networks (Case study; Borujerd meteorological station). *Journal of Rangeland Science* 2011; 1(2): 125-132.
- [4] Sanikhani H, Kisi O, Nikpour MR, Dinpashoh Y. Estimation of daily pan evaporation using two different adaptive neuro-fuzzy computing techniques. *Water Resources Management* 2012; 26(15): 4347-4365.
- [5] Goyal MK, Bharti B, Quilty J, Adamowski J, Pandey A. Modeling of daily pan evaporation in sub tropical climates using ANN, LS-SVR, Fuzzy Logic, and ANFIS. *Expert systems with applications* 2014; 41(11): 5267-5276.
- [6] Rahimikhoob A. Estimating daily pan evaporation using artificial neural network in a semi-arid environment. *Theoretical and applied climatology* 2009; 98(1): 101-105.
- [7] Shiri J, Dierickx W, Pour-Ali Baba A, Neamati S, Ghorbani M. Estimating daily pan evaporation from climatic data of the State of Illinois, USA using adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) and artificial neural network (ANN). *Hydrology Research* 2011; 42(6): 491-502.
- [8] Kisi O, Shiri J, Nikoofar B. Forecasting daily lake levels using artificial intelligence approaches. *Computers & Geosciences* 2012; 41: 169-180.
- [9] Terzi Ö. Daily pan evaporation estimation using gene expression programming and adaptive neural-based fuzzy inference system. *Neural Computing and Applications* 2013; 23(3): 1035-1044.
- [10] Gümüş V, Şimşek O, Soydan NG, Aköz MS, Yenigün K. Adana istasyonunda buharlaşmanın farklı yapay zeka yöntemleri ile tahmini. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi* 2016; 7(2): 309-318.
- [11] Rashid Niaghi A, Hassanijalilian O, Shiri J. Estimation of reference evapotranspiration using spatial and temporal machine learning approaches. *Hydrology* 2021; 8(1): 25.
- [12] Apaydin H, Sonmez FK, Yildirim YE. Spatial interpolation techniques for climate data in the GAP region in Turkey. *Climate Research* 2004; 28(1): 31-40.
- [13] Gümüş V, Soydan N. G., Şimşek O, Aköz MS, Kırkgöz MS. Yağış-akış ilişkisinin belirlenmesinde farklı yapay sinir ağı yöntemlerinin karşılaştırılması. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi* 2013; 28(1): 37-50.
- [14] Saplıoğlu K, Çimen M. Yapay sinir ağlarını kullanarak günlük yağış miktarının tahmini. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi* 2010; 1(1): 14-21.
- [15] Jang JSR. ANFIS: adaptive-network-based fuzzy inference system. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics* 1993; 23(3): 665-685.
- [16] Wu JD, Hsu CC, Chen HC. An expert system of price forecasting for used cars using adaptive neuro-fuzzy inference. *Expert Systems with Applications* 2009; 36(4): 7809-7817.
- [17] Ferreira C. Gene expression programming: a new adaptive algorithm for solving problems. *arXiv preprint cs/0102027*, 2001.
- [18] Ferreira C. Gene expression programming in problem solving, in *Soft computing and industry*. 2002: 635-653.
- [19] Mattar MA. Using gene expression programming in monthly reference evapotranspiration modeling: A case study in Egypt. *Agricultural Water Management* 2018; 198: 28-38.



Sismik Taban Yalıtımlı Yapılarda Zaman Tanım Alanında Analiz ve Artımsal Tek Modlu İtme Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Elif TOPLU¹, Osman KIRTEL^{2*}

¹ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye

² Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye

Elif TOPLU ORCID No: 0000-0001-8019-560X

Osman KIRTEL ORCID No: 0000-0001-6451-0323

*Sorumlu yazar: okirtel@subu.edu.tr

(Alınış: 16.03.2021, Kabul: 24.05.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Anahtar Kelimeler

Sismik yalıtım, Zaman tanım alanında analiz, Artımsal tek modlu itme analizi

Öz: Sismik taban yalıtımı günümüzde sismik yüklerin sönmülmesinde görel kat ötelemelerini azaltarak yapıların daha az hasarla deprem etkilerinden korunmasını sağlayan özel sistemlerdir. Taban yalıtımlı sistemlerde yapıların dinamik davranışında; kat yükseklikleri, sönmüleyici özellikleri ve kullanım biçimleri önem arz etmektedir. Taban yalıtımlı yapıların tasarımına ilişkin en kapsamlı analiz yöntemi gerçek deprem kayıtlarının kullanıldığı zaman tanım alanında analiz yöntemleridir. Artımsal tek modlu itme analizi metodu yapıların mevcut kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan, yapının doğrusal olmayan davranışını ve göçme mekanizmalarının belirlenmesinde kullanılan analiz yöntemlerindedir. Taban yalıtımlı yapılarda ise bu metodun kullanımına literatürde çok az kaynakta rastlanılmıştır. Bu çalışmada da taban yalıtımlı yapı türleri arasında farklı analiz yöntemleri kullanılarak karşılaştırmalı bir değerlendirme yapılması amaçlanmaktadır. Bu kapsamda üç farklı sismik taban yalıtımlı yapı modeli tasarlanmıştır. Taban yalıtımında kurşun çekirdekli kauçuk izolatörler kullanılmıştır. Sismik yalıtımlı yapılarda kat yüksekliklerinin ve katlar arasına yerleştirilen sönmüleyicilerin etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda zaman tanım alanında analiz yöntemi ile sönmüleyicilerin doğrusal olmayan davranışlarına ait elde edilen verilerin itme analizlerinden elde edilen veriler ile örtüştüğü görülmüş olup, itme analizi yönteminin de sismik yalıtımlı yapı tasarımında etkili bir şekilde kullanılabileceği değerlendirilmektedir.

Comparison of Time History and Pushover Methods in Seismic Base Isolated Structures

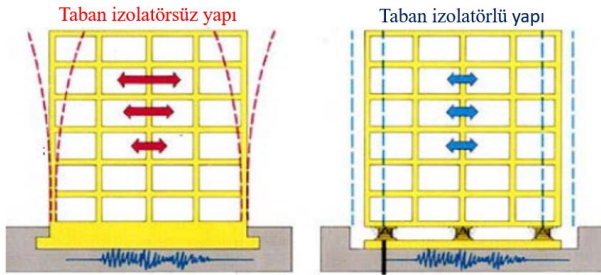
Keywords

Seismic isolation, Time history analysis, Pushover analysis

Abstract: Seismic base isolation is a special system that provides protection of buildings from earthquake effects with less damage by reducing the relative storey drifts in the structures in order to absorb seismic loads. Storey heights, damping properties and usage patterns are important in the dynamic behavior of the structures in base isolated structures. The most comprehensive analysis method for the design of basement isolated structures is the analysis methods in the time domain using real earthquake records. Pushover analysis method is one of the analysis methods used to determine the nonlinear behavior of the structure and the failure mechanisms used to determine the current capacities of the structures. The use of this method in floor isolated structures has been encountered in very few sources in the literature. In this study, it is aimed to make a comparative evaluation among the base isolated building types. Within the scope of this study, 3 different seismic base isolated building models were designed. Lead-rubber bearings are used in the base isolation. The effects of floor heights and isolators placed between floors in seismic isolated buildings were investigated. As a result of the study, it was seen that the data of the nonlinear behavior of the isolators with the analysis in the time history coincided with the data obtained from the thrust analysis, and it is evaluated that the thrust analysis method can be used effectively in seismic isolated building design.

1. GİRİŞ

Deprem etkilerinin sönümlenmesinde kullanılan yöntemler bakımından sismik taban izolatörleri yapının zeminle olan bağlantısını keserek yatayda hareketi sağlamaktadır. Örneğin kurşun çekirdekli kauçuk izolatörler, deprem esnasında kauçuk malzeme düzeyde rijitliği yatayda ise esnekliği sağlayarak görelî kat ötelemelerinin azaltılmasını sağlamaktadır. Kurşun malzeme ise sahip olduğu plastisite özelliği nedeniyle yüksek sönümü sağlamaktadır. Bu sayede kauçuk ve kurşun birlikte çalışarak deprem etkilerinin azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Taban izolatörleri kullanılarak, herhangi bir deprem sonucu meydana gelen kuvvetli yer hareketlerinin oluşturduğu titreşim etkileri öncelikle karşılanmakta ve üst yapıya gelebilecek deprem kuvvetleri azaltılmaktadır. Ayrıca üst yapı sisteminde oluşacak görelî kat ötelemeleri de azaltılarak taşıyıcı elemanların hasar alması da engellenmektedir. Bunlara ilave olarak taşıyıcı olmayan elemanların hasar alması engellenerek, eşya, makine teçhizat vb. unsurların hareket etmesi, hasar alması ve devrilmesi de önlenerek kullanılabilirlik ve iş sürekliliği açısından devamlılık sağlanabilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Sismik yalıtımlı yapıların davranışı [1]

Yalıtım birimlerinin yerleşimi yapı temelinde ya da katlar arasında gerçekleştirilebilmektedir. Yalıtım birimlerinin sonradan yerleştirilmesi işlemi, alt yapı kolonlarının yalıtım birimi boyutlarında kesilmesi ve hidrolik krikolar yardımı ile üst yapının kaldırılarak ara bölgeye yalıtım birimlerinin yerleştirilmesi şeklindedir (Şekil 2).



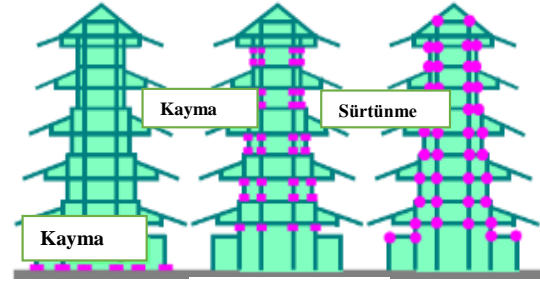
a) Kat askıya alma yöntemi örneği: Marmara Üniversitesi Başbüyük EAH



b) Taban izolasyonu yöntemi örneği: L'Aquila 2009 depreminde hasar görmüş betonarme konut binası

Şekil 2. İzolatör uygulamalarına örnekler [1]

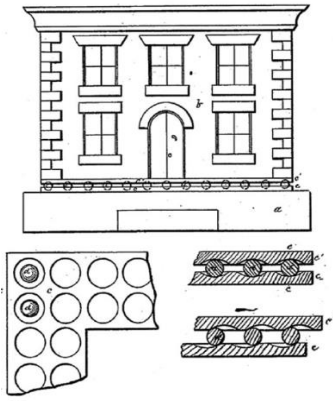
Literatürdeki kaynaklar incelendiğinde taban izolatörlerinin kullanımı çok eskiye dayanmaktadır. Yaklaşık 1400 yıl önce uzak doğu ülkelerinde inşa edilen ve Pangoda adı ile bilinen kutsal tapınaklar işlev bakımından pasif kontrol sistemlerinin temelini oluşturmaktadır. Çoğunlukla ahşap türde inşa edilen bu yapıların temel inşaatında silindirik ağaç gövdeleri parçaları kullanılmaktadır. Ahşaplar, oyulmuş daha ince ve daha dar yuvalara yerleştirilerek neredeyse hiç çivi olmadan birbirine tutturulmaktadır. Olası bir yer hareketi sonucunda bu derzlerdeki ahşap yüzeyler bükülüp birbirine sürtünmektedir. Bu sayede sismik enerjinin üst katlara iletilmesi önlenmektedir (Şekil 3) [2].



Taban izolasyonu Kayıcı mesnetler Sürtünme tipi sönümleme

Şekil 3. Pangoda örneği [3].

1870 yılında Jules Touaillon'ın önerdiği taban yalıtımı sistemi de benzer işleve sahiptir (Şekil 4). Yapı temelinde kullanılacak silindirik ağaç gövdeleri sürtünme kuvveti etkisiyle sönümü sağlamaktadır.



Şekil 4. Jules Touaillon yalıtım sistemi [4]

Geçmişten günümüze depremde hasar alan yapılar incelendiğinde yumuşak zemin ortamlarında aynı bölgede bir yapı devrilirken bir diğer yapı ayakta kalabilmektedir. Bu durum ana kaya ile yapı temeli arasındaki alüvyon çamur tabakanın gelen sismik dalgaları değiştirmesi ve yapının titreşim davranışını farklılaştırması ile ifade edilebilmektedir. 1906 yılında İngiliz fizikçi Johannes Avetican Calantarients [5], yapının temeli ile zemin arasına toz ve mıcır tanelerinden oluşan bir ara tabaka oluşturularak deprem esnasında yatayda hareketin sağlanması ve görelî kat ötelemelerin azaltılması konusunu incelemiş ve bu doğrultuda çalışmalar yapmıştır. Frank Lloyd Wright [6], Tokyo’da 1921-1923 yıllarında Imperial Oteli’ni tasarlamıştır. Otelin temel inşaatında sağlam bir zemin ile alüvyon bir çamur tabakasından oluşan bir zemin ortamında, yapıyı sağlam zemine kazıklarla birleştirerek alüvyon zemin üzerinde gemi gibi yüzen bir yapı planmış ve bu yaklaşım taban izolasyonu fikrinin gelişmesinde önemli bir araç olmuştur. Yapı 1923 yılında Tokyo depremini de hasarsız olarak atlatabilmiştir.

Kauçuk malzeme yatayda düşük düzeyde yüksek rijitliğe sahip esnek bir malzemedir. Eugene Freyssinet [7], kauçuğun mekanik özelliklerini keşfetmiştir. Kauçuğun sahip olduğu mekanik özellikler keşfedildikten sonra 1969 yılında Yugoslavya’da “Pestolozzi” isimli bir okul binasında ilk kez Kauçuk esaslı izolatörler kullanılmıştır [8]. 1970’lerin ortalarında yüksek sönüme sahip kurşun malzeme ile yüksek esnekliğe sahip kauçuk malzeme tek bir izolatörde toplanarak kurşun çekirdekli kauçuk izolatörler (LRBr) üretilmiştir [9].

Taban izolatörleri ile ilgili sayısal çalışmalar incelendiğinde Providakis C.D. [10], taban yalıtımlı kompozit yapıların itme analizini gerçekleştirmiştir. Sonlu elemanlar yöntemine dayalı analiz yapan ETABS yazılımını kullanarak kompozit bir yapının itme analizi sonucunda tabanında meydana gelen kesme kuvvetlerinin ve dönme oranlarını karşılaştırmıştır. İzolatör kaynağına yakın konumda bulunan yapı elemanlarının izolatörler için kritik olduğunu belirtmiştir.

Gökhan E.[11], taban izolatörlerinin betonarme yapılarda taşıyıcı sistem davranışı üzerinde etkilerini araştırmıştır. Çalışmasında deprem güvenliğinin

artırılmasında tercih edilen perde ile güçlendirme ve taban izolatörleri kullanılarak deprem güvenliğinin artırılması yöntemlerini karşılaştırmıştır. Çalışma sonucunda, yapı tasarımında olası yüksek kat ötelemelerinin önlenmesi ve yatayda rijitliği arttırmak amacıyla kullanılan perde sistemlerinin, yapı periyodunu azaltarak kat ivmelerinin artmasına neden olduğunu belirtmiştir. Taban izolatörlerinin kullanıldığı durumda ise görelî kat ötelemelerinin azaldığı ve buna bağlı olarak kat ivmelerinin azaldığı görülmüş ayrıca yapıya etki eden deprem yüklerinin de küçüleceği belirtilmiştir. Deprem sırasında izolatör katında meydana gelebilecek yer değiştirmeleri engelleyecek mimari tasarım detaylarından kaçınılması gerektiğini vurgulamıştır.

Toker M. [12], “Elastomer Esaslı Deprem İzolatörlerinin” kuvvet ve gerilme analizlerini yapmıştır. Performansı yükseltilmiş yeni nesil elastomer çekirdekli deprem izolatörü tasarlamayı hedeflemiştir. Taban yalıtımlı yapılarda karşılaşılan en büyük problem büyük yer değiştirmelerden kaynaklı stabilite problemi. İzolatör sistemlerinin kapasitesinin aşılması durumunda tekrardan yenilenmesi zahmetli ve maliyetli olmaktadır. Taban yalıtım sistemleri yüksek binalarda yapı periyodunda çok büyük artışa neden olabileceğinden uygulanamamaktadır. Mirkelam ZA. ve Derdiman MK. [13], taban yalıtımının yüksek binalarda da uygulanabilmesi için klasik taban yalıtım sistemi yerine, yapı katları arasına yerleştirilecek izolatörlerin temel izolasyonu ile birlikte binanın depremsel yalıtım performansını nasıl etkilediğini araştırmıştır. Çalışmasında farklı yükseklikteki düzenli ve düzensiz betonarme bina modellerinin her biri için üç farklı taban yalıtımlı, dokuz değişik ilave yalıtımlı model üzerinde çalışmıştır. Yalıtım parametreleri seçilirken, tabandaki yalıtım rijitliğinin katlar arasındaki rijitlik değerlerine göre düşük tutularak orta katlarda oluşabilecek yüksek yer değiştirme problemlerine çözüm üretilebileceği sonucuna varmışlardır. Deprem kuvvetlerinin üst yapı katları arasına dağıtılması hem tepe noktası toplam yer değiştirmesinin hem de kat ivmelerinin azaltılmasını sağlayacaktır.

Doudoumis N. ve ark. [14], taban yalıtımlı yapılarda statik itme analizi ve zaman tanım alanında analiz yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Dört katlı betonarme bir yapı için her iki yöntem ile yapılan analiz sonuçlarının örtüşüğünü belirtmişlerdir.

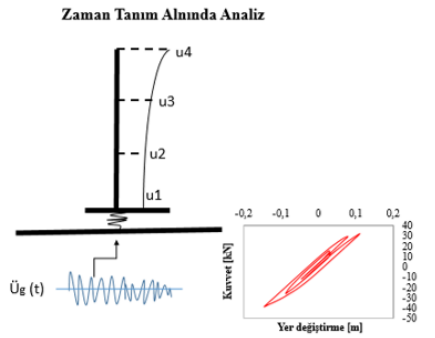
Severcan MH. ve ark. [15], farklı yüksekliklerdeki yapılar için taban yalıtımının yapıların dinamik davranışına etkilerini araştırmış ve maliyet analizi yapmışlardır. Sürtünmeli sarkaç izolatörlerin düşük ve orta katlı yapıların deprem etkilerine karşı davranışını olumlu etkilediği görülmüştür. Yüksek yapılarda ise maliyet ve performans bakımından kullanımı uygun görülmemiştir.

Bu çalışmada sismik yalıtımlı üç farklı yapı modelinin deprem etkileri altında davranışı incelenmiştir. Taban yalıtımlı 4 ve 8 katlı tipik özelliklere sahip iki bina ve 8 katlı yapının dördüncü kat kolonlarının alt uçlarına yerleştirilmiş sismik izolatörlerin etkisi araştırılmıştır.

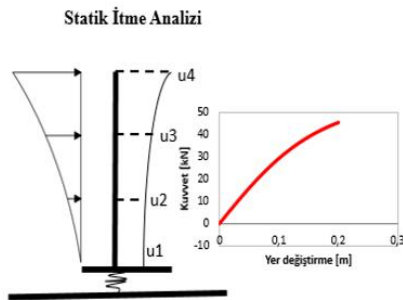
Hem farklı kat adedine sahip yapılar için hem de katlar arası izolatör kullanıldığında tek modlu artımsal itme analizi ve zaman tanım alanında analiz sonuçlarının karşılaştırılması yapılmıştır. Burada hem farklı bina yüksekliklerine sahip yapılar üzerinden hem de ara katlarda da sismik yalıtım aracı olması durumları için iki farklı analiz yöntemi kullanılarak yapılan analiz sonuçlarına göre değerlendirme yapılması çalışmanın özgünlüğünün önemli bir göstergesidir.

2. MATERYAL VE METOT

Taban yalıtımlı yapı tasarımında Türkiye Deprem Yönetmeliği, 2018’de etkin deprem yükü yöntemi, mod birleştirme yöntemi ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemleri kullanılmaktadır. Taban yalıtımlı yapı tasarımında taban yalıtımsız yapıların tasarım esaslarından farklı olarak yapının bulunduğu zemin türü, yapı sisteminin periyodu, kat adedi, burulma kontrolleri, sönüm oranları farklılık göstermektedir [16]. Mod birleştirme yöntemi ve zaman tanım alanında hesap edilen yalıtım birimi yer değiştirmelerinin etkin deprem yükü yöntemine göre hesap edilen yer değiştirme değerlerinin % 80’inden az olmaması gerekmektedir. Bu nedenle bu çalışmada etkin deprem yöntemine göre yalıtım sistemi tasarlanmış ve zaman tanım alanında ve mod birleştirme yöntemlerine göre analizler gerçekleştirilmiştir. Zaman tanım alanında analizde, ölçülen deprem ivme kayıtları yapıya doğrudan etki ettirilirken artımsal tek modlu itme (pushover) analizinde yatay yükler, taşıyıcı sistem belirli bir limit yer değiştirme değerine ulaşana kadar adım adım artırılarak etki ettirilmektedir (Şekil 5).



a) Zaman tanım alanında analiz

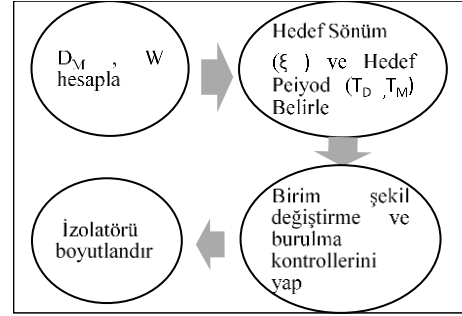


b) Statik itme analizi

Şekil 5. Zaman tanım alanında analiz (a) ve statik itme analizi (b)

Taban yalıtımlı yapıların hesabında sistem, alt yapı ve üst yapı olarak iki farklı kısımda değerlendirilerek ele

alınmaktadır. TBDY 2018’ de üst yapı sistemi, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan (DD-2) tasarım deprem yer hareketi etkisinin üst sınırı için dayanıma göre tasarım yöntemine göre hesap edilerek sınırlı hasar performans düzeyini karşılamalıdır. Alt yapı sistemi ise 50 yılda aşılma olasılığı %2 (DD-1) olan en büyük deprem yer hareketi düzeyinin (DD-1) alt sınır değerleri için şekil değiştirmeye göre tasarım hesap yöntemlerine göre kesintisiz kullanım performans seviyesini karşılamalıdır. Etkin deprem yükü yöntemine göre kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlerin hesabına ilişkin tasarım şeması Şekil 6’da sunulmuştur.

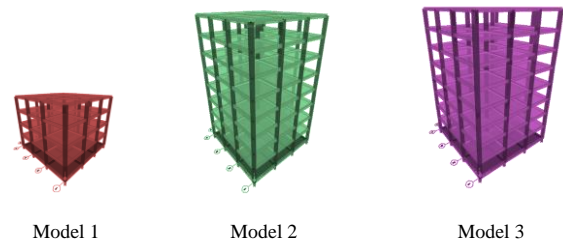


Şekil 6. Etkin deprem yükü yöntemine göre izolatör tasarım şeması [16].

D_M : DD-1 için yalıtım sistemi etkin rijitlik merkezinde oluşacak yer değiştirme
 DD-1 : 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem yer hareketi düzeyi
 W : Yapı ağırlığı
 T_M : DD-1’e göre hesaplanan yapı periyodu
 T_D : DD-2’ye göre hesaplanan yapı periyodu
 ξ : Yalıtım birimi yer değiştirmelerinde hesaplanan etkin sönüm yüzdesi
 DD-2 : 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem yer hareketi düzeyi

3. SAYISAL ÇALIŞMA

Bu çalışma kapsamında malzeme ve kesit özellikleri aynı olan ancak farklı yapı yüksekliklerine sahip ve katlar arası sismik yalıtım araçlarının olduğu üç farklı yapı modeli incelenmiştir. Birinci model 4 katlı, ikinci model 8 katlı ve üçüncü model ise 8 katlı olup ilave olarak 4. katında kurşun çekirdekli kauçuk sönümleyiciler bulunmaktadır. Yapı modelleri 50x50 cm boyutlarında betonarme kolonların ve 30x50 cm boyutlarında betonarme kirişlerin oluşturduğu betonarme-çerçeve sistemlerdir (Şekil 7). Analizlerde sonlu elemanlar yöntemine dayalı hesap yapan Sap2000 yazılımı kullanılmıştır. Kurulan sonlu eleman modelinde taşıyıcı sistemi oluşturan kolon ve kirişler düğüm noktalarından altı serbestlik derecesi olan çubuk elemanlar ile modellenmiştir.



Şekil 7. Sismik yalıtımlı yapı modelleri

Sismik yalıtım hesaplamalarında izolatör tasarımı için hedef bir periyod belirlenmekte ve bu periyod değerlerine göre birtakım varsayımlar sonucu izolatör özellikleri elde edilmektedir. Hedeflenen periyoda uygun tasarım rijitlikleri TBDY 2018’de tanımlanan DD-1 ve DD-2 deprem düzeyleri için güvenlik koşullarını sağladığında tasarım tamamlanmaktadır. Yalıtımda kullanılan sismik sönümleyici özellikleri Tablo 1’de yapı özellikleri ise Tablo 2’de verilmiştir. Yapı özellikleri incelendiğinde standart koşullar göz önünde bulundurulmuş zemin sınıfı için sismik taban yalıtımına uygun olan bir zemin sınıfı tercih edilmiştir.

Tablo 1. İzolatörün mekanik özellikleri

Kurşun çekirdekli kauçuk sönümleyici özellikleri	Model 1-3	Model 2
Düşey doğrultu için lineer rijitlik (kN/m) : k_v	568630,4	680300,5
Yatay doğrultu için nonlineer rijitlik (kN/m) : k_e	477	400
Yatay doğrultu için lineer rijitlik (kN/m) : k_1	3591,826	4297,204
Yatay doğrultu için akma dayanımı (kN) : $F_y=F_0$	51,38	51,38
Yatay doğrultuda akma sonrası rijitliğin akma öncesi rijitliğe oranı: k_2/k_1	0,1	0,1
Tasarım yer değiştirmesi (mm) : D	300	364
Akma yer değiştirmesi (mm) : D_y	0,012	0,014

Tablo 1’de verilen 4 katlı Model 1’e ait izolatör özellikleri incelendiğinde yapı ağırlığının daha düşük olması nedeniyle daha düşük bir periyod hedeflenmiştir. 2 numaralı modelde ise Model 1’in iki katı bir yapı ağırlığı olacağından yapı daha yüksek periyoda sahip olacaktır. Model 3’de ise ara katta izolatör kullanımı görelî kat ötelemelerinin düşürülmesini sağlayacak ve izolatörlere düşen normal kuvvetin azalmasında etkili olacaktır.

Tablo 2. Yapı özellikleri

Zemin	ZB
Beton sınıfı	C 35/40
Çelik sınıfı	B420C
Kat yüksekliği	3 m
Kiriş boyutu	300x500 mm
Kolon boyutu	500x500 mm
Döşeme kalınlığı	140 mm

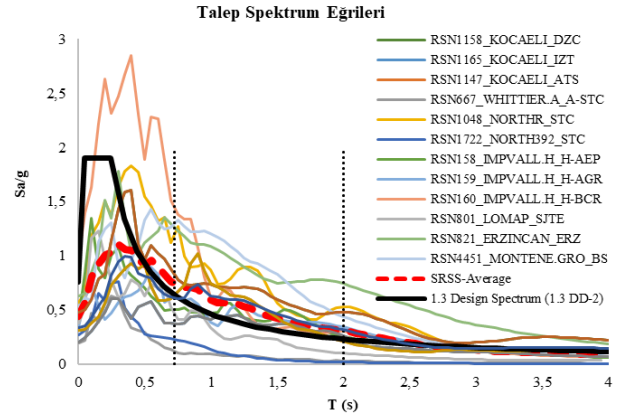
Analizlerde kullanılan deprem kayıtlarının özellikleri Tablo 3’te verilmiştir. Deprem kayıtları seçilirken deprem büyüklüğü birbirine yakın olan ve tasarım deprem spektrumuna uygun 12 çift deprem yer hareketi kaydı seçilmiştir. Deprem kayıtları Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER) kuvvetli yer hareketi veri tabanından [18] elde edilmiş olup TBDY 2018 koşullarını sağlayacak şekilde seçim yapılmıştır.

Tablo 3. Deprem kayıtlarının özellikleri

Kayıt No	Deprem	Tarih	İstasyon	Kayıt	Büyüklik
158	Imperial Valley-06	1979	Aeropuerto Mexicali	IMPVALL.H_H-AEP045, AEP315	6,53
159	Imperial Valley-06	1979	Agrarias	IMPVALL.H_H-AGR003, AGR273	6,53
160	Imperial Valley-06	1979	Bonds Comer	IMPVALL.H_H-BCR140, H-BCR230	6,53
667	Whittier Narrows-01	1987	Northridge - 17645 Saticoy St	WHITTIER.A_A-STC090, A-STC180	5,99
801	Loma Prieta	1989	San Jose - Santa Teresa Hills	LOMAP_SJTE225, SJTE315	6,93
821	Erzincan, Turkey	1992	Erzincan	ERZINCAN_ERZ-EW, NS	6,69
1048	Northridge-01	1994	Northridge - 17645 Saticoy St	NORTHR_STC090, STC180	6,69
1147	Northridge-01	1994	Newport Bch - Newp & Coast	KOCAELI_ATS000, ATS090	6,69
1158	Kocaeli, Turkey	1999	Duzce	KOCAELI_DZC180, DZC270	7,51
1165	Kocaeli, Turkey	1999	Izmit	KOCAELI_IZT090, IZT180	7,51
1722	Northridge-06	1994	Northridge - 17645 Saticoy St	NORTH392_STC090, STC180	5,28
4451	Montenegro, Yugoslavia	1979	Bar-Skupstina Opstine	MONTENE.GRO_BSO000, BSO090	7,1

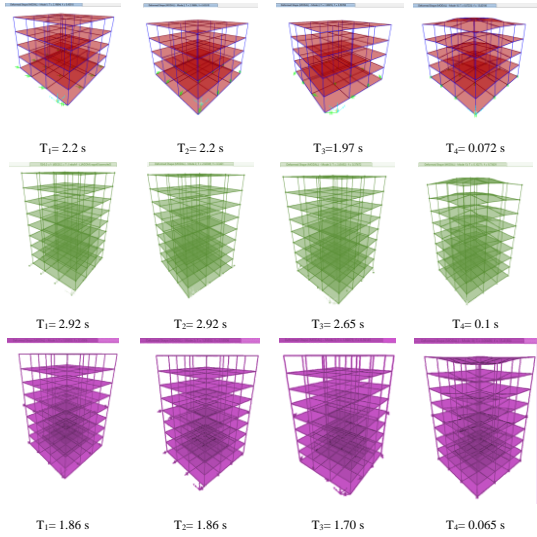
1.1. Bulgular

Deprem verileri TBDY 2018 de tanımlanan “deprem kayıtlarının basit ölçekleme yöntemi ile ölçeklenmesi” yöntemine göre tasarım spektrum eğrisi dikkate alınarak ölçeklendirilmiş ve sonuçlar Şekil 8’de karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Sismik yalıtımlı yapılarda zaman tanım alanında analiz yapılırken normal yapılardan farklı olarak ölçeklendirme esaslarında kullanılan periyod aralığında farklılıklar görülmektedir. Normal yapılarda yapı hâkim periyodunun 0,2 katı ile 1,5 katı arasında deprem kayıtlarının ortalama spektrumlarının tasarım spektrumunun altında olmaması gerekmektedir. Taban izolatörlü yapılarda ise en büyük yer değiştirme altında deprem yalıtımlı binanın üst sınır değerleri ile hesaplanmış etkin titreşim periyodunun 0,5 katı ile 1,25 katı arasında deprem kayıtlarının ortalama spektrumlarının tasarım spektrumunun 1,3 katının altında olmaması gerekmektedir [16].

**Şekil 8.** Ölçeklendirilmiş spektrum eğrileri

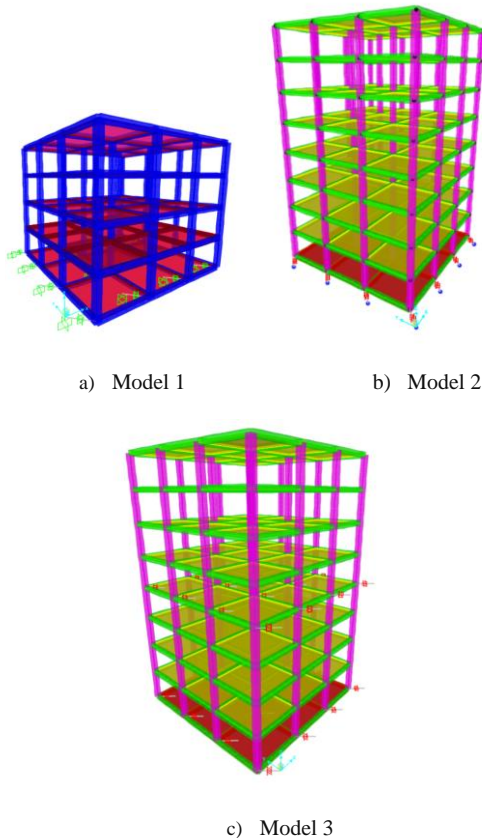
Öncelikle yukarıda tanımlanan taban yalıtım özellikleri kullanılarak belirtilen yapı modellerinin modal analizleri yapılmıştır (Şekil 9). Modal analizde öncelikle kurulan modeller, bir özdeğer problemi olarak ele alınmaktadır. Özdeğer probleminde, rijitlik ve kütle matrislerine bağlı

olarak yazılan frekans denklemi üzerinden öncelikle özdeğerler yani serbest titreşim frekans ve periyodları ve bunlara bağlı olarak da öz vektörler yani titreşim şekilleri (mod şekilleri) elde edilmektedir. Kırmızı renkli yapı Model 1'i yeşil renkli yapı Model 2'yi ve pembe renkli yapı ise Model 3'ü temsil etmektedir. Yapıların hâkim modlarının hedeflenen periyoada yakın serbest titreşime sahip olduğu görülmüştür.



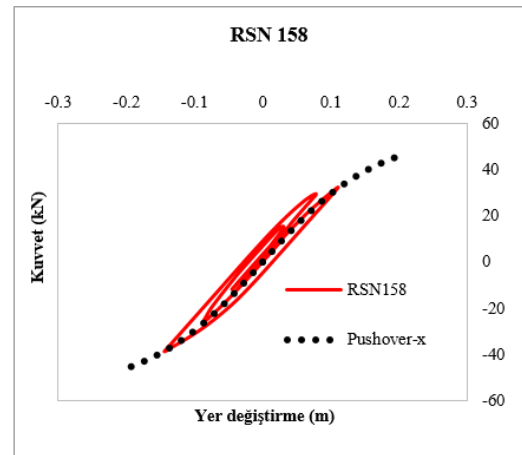
Şekil 9. Sismik yalıtımlı yapı modelleri için serbest titreşim şekilleri

Sismik yalıtımlı yapı modellerinin deprem etkileri altındaki davranışı göstermek adına ölçeklenmiş deprem kayıtlarından RSN 158 depremi altında sistemlerin dinamik analizleri yapılmış ve üç modele ait dinamik davranış şekli Şekil 10'da verilmiştir.

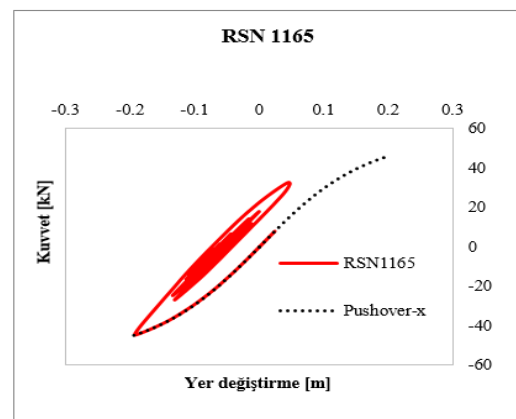


Şekil 10. Deprem yükleri altında yapıların dinamik davranışı (RSN 158-Maksimum değerleri)

Modal analiz yapıldıktan sonra ölçeklenmiş farklı deprem kayıtları kullanılarak yapılan zaman tanım alanında analiz sonuçlarına göre izolatörlerde meydana gelen histeretik davranışın statik itme eğrileri ile karşılaştırılması yapılmıştır. Zaman tanım alanında analiz sonucunda izolatörlerdeki negatif yönde maksimum yer değiştirme ve dönmeler RSN 1165'te numaralı deprem kaydı için, pozitif yönde ise maksimum yer değiştirme ve dönmeler RSN 158 numaralı deprem kaydında görülmüştür. Bu değerlendirmeler doğrultusunda 1 numaralı yapı modeli için histeretik davranış ve statik artımsal itme analiz sonuçları Şekil 11'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Model 1'deki taban izolatöründe; zaman tanım alanında analiz sonucunda elde edilen histeretik davranış ile statik itme analiz sonucunda elde edilen kuvvet yerdeğiştirme eğrisinin pozitif ve negatif yönde örtüştüğü görülmüştür (Şekil 11). Ayrıca mutlak değer olarak her iki ivme-zaman kaydı için maksimum değerlerde benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bu da yapılan ölçekleme işleminin gerçekçi olduğu sonucunu ortaya koymaktadır.



a) RSN 158 depremi histeretik eğrisi ve pushover eğrilerinin karşılaştırılması

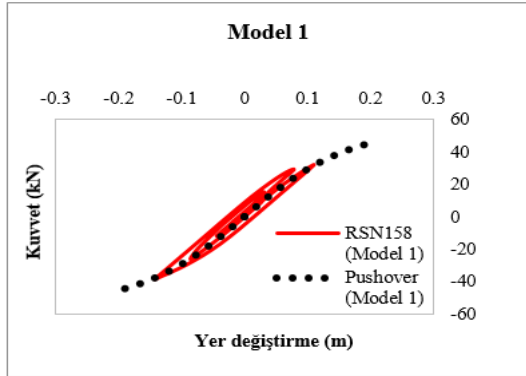


b) RSN 1165 depremi histeretik eğrisi ve pushover eğrilerinin karşılaştırılması

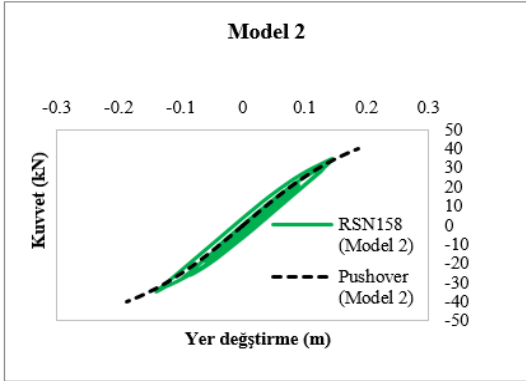
Şekil 11. İzolatör histeretik ve pushover eğrilerinin RSN 158 (a) ve RSN 1165 (b) için karşılaştırılması

RSN 158 numaralı deprem kaydı kullanılarak yapılan analiz sonuçları ile statik itme analizi sonucunda elde edilen pushover eğrileri 3 farklı model için Şekil 12'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Öncelikle tüm modellerde kullanılan iki farklı analiz yöntemi için

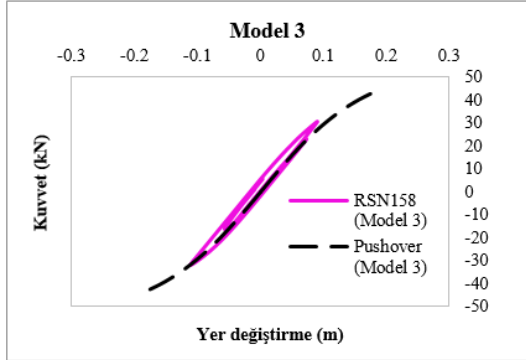
izolatörlerin davranışı ve kuvvet-yer değiştirme değerlerinin örtüştüğü görülmüştür. Ayrıca yalıtım birimlerinde meydana gelen yer değiştirme değerlerinin tüm modellerde benzer olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 12).



a) Model 1 için yalıtım birimi yer değiştirmesi



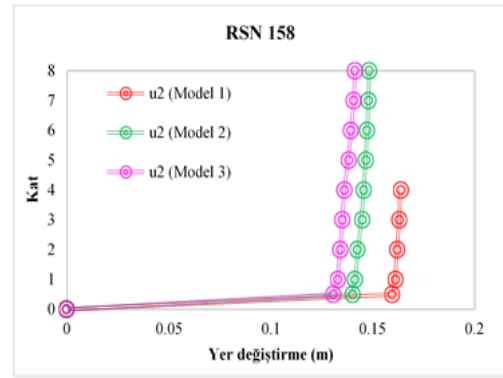
b) Model 2 için yalıtım birimi yer değiştirmesi



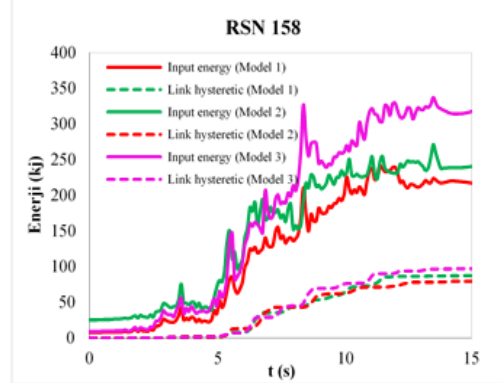
c) Model 3 için yalıtım birimi yer değiştirmesi

Şekil 12. Yalıtım birimi yer değiştirmelerinin model 1 (a), model 2 (b), ve model 3 (c) için karşılaştırılması

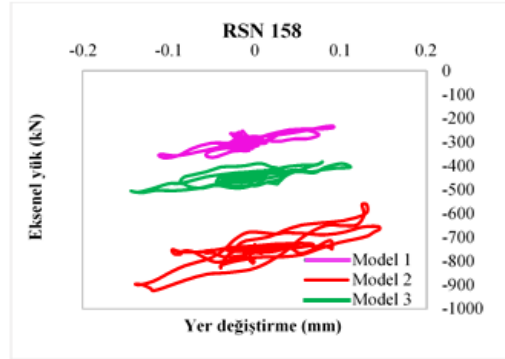
RSN 158 deprem kaydı için görelî kat ötelemeleri ve sönümlenen enerji oranları ve düşey yük etkileri altında yalıtım birimindeki yer değiştirmeler 3 farklı model için karşılaştırmalı olarak elde edilmiştir (Şekil 13). Görelî kat ötelemeleri Model 2 ve Model 3'te Model 1'e göre daha düşük çıkmıştır. Bu da, yapı tiplerinin izolatör yerleşimi ve kapasitesinin aynı deprem etkilerinde üst yapı davranışına büyük etki edeceği ve iyi bir tasarımla görelî kat ötelemeleri azaltılarak taşıyıcı sistem elemanlarının hasar almasının kolaylıkla önlenebileceği sonucunu ortaya koymaktadır.



a) Görelî kat ötelemelerinin karşılaştırılması



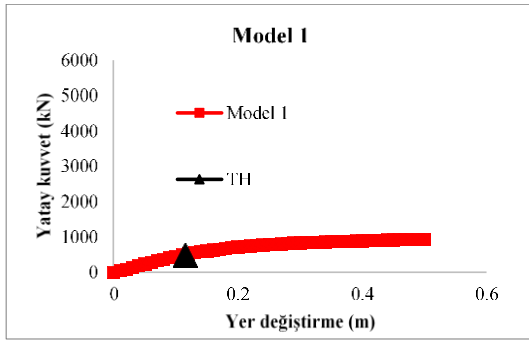
b) Enerji verilerinin karşılaştırılması



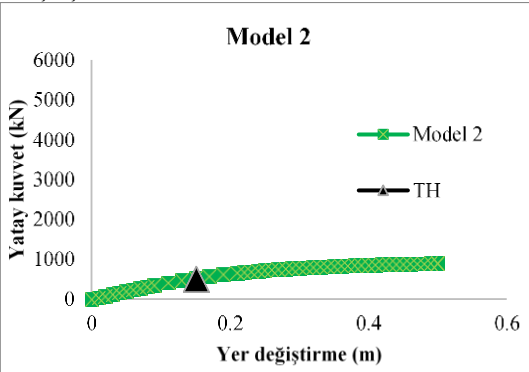
c) Düşey yük etkilerinin izolatörlere etkisi

Şekil 13. RSN 158 depremi için görelî kat ötelemeleri (a) ve sönümlenen enerji oranları (b) ve düşey yük etkilerinin (c) farklı modeller üzerinde karşılaştırmaları

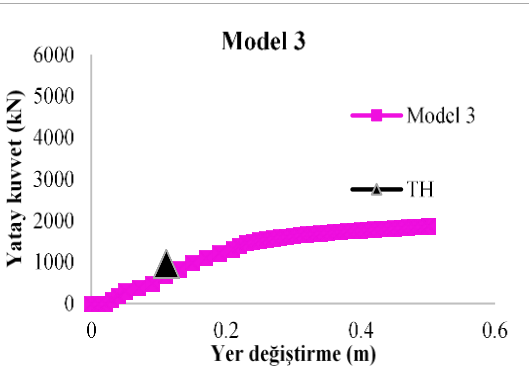
4 katlı taban yalıtımlı yapı modeli (Model 1), 8 katlı taban yalıtımlı yapı modeli (Model 2) ve 8 katlı tabanda ve ara katta yalıtım sistemi bulunan yapı modeli (Model 3) için artımsal statik itme analizleri sonucunda kapasite eğrileri elde edilmiş ve zaman tanım alanında analiz (TH) sonuçlarından elde edilen maksimum yer değiştirme ve kuvvet ilişkileri karşılaştırmalı olarak elde edilmiştir (Şekil 14). Her iki yöntemle yapılan analiz sonuçlarında yapı tepe noktası yerdeğiştirme değeri-yatay kuvvet ilişkisinin örtüştüğü ve statik itme analizinin de zaman tanım alanında analiz kadar etkili sonuç verdiği gözlemlenmiştir.



a) Model 1 için analiz sonuçlarının kapasite eğrisi ile karşılaştırılması



b) Model 2 için analiz sonuçlarının kapasite eğrisi ile karşılaştırılması



c) Model 3 için analiz sonuçlarının kapasite eğrisi ile karşılaştırılması

Şekil 14. Pushover eğrileri ile zaman tanım alanında analiz sonucu yapının tepe noktasındaki maksimum yer değiştirmelerin Model 1 (a) Model 2 (b) ve Model 3 (c) için karşılaştırılması

4. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Çalışma kapsamında üç farklı türde yapıya sismik taban yalıtımı uygulanmıştır. Sismik yalıtımlı yapılar zaman tanım alanında analiz yöntemine ve statik itme analizi yöntemlerine göre çözümlenmiş ve yalıtım birimi davranışı incelenmiştir. Ayrıca üst yapı için de görel kat ötelemelerinin değişimi de elde edilmiştir. Elde edilen bu veriler doğrultusunda;

- Tüm yapı modelleri için statik itme analizi sonucunda elde edilen yalıtım birimi yer değiştirmeleri zaman tanım alanında analiz yöntemi ile elde edilen yalıtım birimi yer değiştirme değerleri ile örtüşmektedir (Şekil 12).
- Kat adedi artırıldığında yapı ağırlığının artması ile birlikte yalıtım sistemi özelliklerinin yapının periyoduna bağlı olarak değişmesi gerekmektedir (Tablo 1). Sadece taban yalıtımı bulunan düşük katlı

yapı ile yüksek katlı yapı davranışı incelendiğinde farklı izolatör rijitliklerine sahip olmalarına karşın benzer seviyede sönüm değerleri hesaplanmıştır (Şekil 13.b).

- Yüksek katlı olup yapının orta seviyesinde izolatör sistemi bulunan yapı ile (Model 3) sadece taban yalıtımı bulunan yapı karşılaştırıldığında (Model 2) görel kat ötelemelerinde büyük bir farklılık olmamakla birlikte ara katta yalıtım biriminin olması tüm katlar için görel kat ötelemelerinde bir azaltma yapmıştır (Şekil 13.a).
- İzolatör tasarım yer değiştirmelerin aşılmamış olması bakımından değerlendirme yapıldığında ara katta izolatör kullanımı gereksiz maliyete neden olabilmektedir. Ancak daha yüksek deprem etkileri altında görel kat ötelemeleri de artacağından üst katlarda rijitliği azaltılmış izolatör sistemlerinin kullanımının literatürde de belirtildiği üzere [13] faydalı olabileceği sonucuna varılmıştır.
- Üç farklı yapı modeli içinde hem statik itme analiz sonucunda hem de zaman tanım alanında analiz yöntemlerine göre yapı tepe noktalarında meydana gelen maksimum yer değiştirme değerlerinde bir sapma gözlenmemiştir (Şekil 14).
- Yalıtım biriminin oluşturacağı sönüm performansı açısından Model 1'de en fazla sönüm değerleri beklenmesine karşın, 3 modelde de sönüm kapasiteleri yaklaşık olarak aynı oranda oluşmuştur (Şekil 13.b).

4.1. Öneriler

Gelecek çalışmalarda yalıtım teknikleri değiştirilebilir. Farklı yalıtım araçları için değerlendirmeler yapılabilir. Farklı yapı modelleri ve türleri üzerinde çalışmanın çeşitliliği artırılabilir. Model 3 en iyi performansı göstermiş ancak maliyet yönünden yalıtım için daha ekonomik çözümler geliştirilebilir. Ara kat izolatör modellerelemlerinde izolatör rijitliklerinde değişiklikler yapılarak verim ve performans yüzdeleri araştırılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Şadan, B.D, Tüzün, C. Deprem güçlendirmesinde deprem yalıtım sistemlerinin kullanımı. OBS Proje Mühendislik Müşavirlik Ltd. Şti., İstanbul
- [2] Yamahata, N, Goto Y, Ando N. A study on the roof curve of japanese pagodas. journal for geometry and graphics, 2008, 12.2: 193-203.
- [3] Karlovic A. [Internet] Shinbashira-pagoda's exceptional earthquake resistance; 2017 [cited 2020 Oct 08].Available from: <https://medium.com/>
- [4] Makris, N. Seismic isolation: early history. earthquake engineering & structural dynamics. 2019.
- [5] Naeim F, Kelly JM. Design of seismic isolated structures: from theory to practice. John Wiley & Sons, 1999.
- [6] Imperial Hotel (1923-1968). Old Tokyo. [Internet]. 2020. [cited 2020 Oct 08]. Available from: <http://www.oldtokyo.com/imperial-hotel-wright/>

- [7] Kelly, J. M, Konstantinidis, D. Mechanics of rubber bearings for seismic and vibration isolation. Chichester, UK: Wiley, 2011.
- [8] Garevski MA, James MK, Zisi NV. Analysis of 3D vibrations of the base isolated school building “Pestalozzi” by analytical and experimental approach. Proceedings of the 12th WCEE, Auckland, New Zealand. 2000.
- [9] Robinson W. Seismic isolation of civil buildings in New Zealand. 2020.
- [10] Providakis CP. Pushover analysis of base-isolated steel-concrete composite structures under near-fault excitations. Soil dynamics and earthquake Engineering. 2008; 28.4: 293-304.
- [11] Gökhan, E. Betonarme yapılarda izolatör kullanımının taşıyıcı sistem davranışına etkileri. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi; 2009.
- [12] Toker, M. Kolon altı sismik izolatör kuvvet analizi. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi; 2015.
- [13] Mirkelam ZA, Mehmet KD. Katları arasında izolatör kullanılan betonarme binalarda sismik yalıtım etkinliğinin belirlenmesi. Fırat Üni. Müh. Bilimleri Dergisi 2016; 28.1: 35-49.
- [14] Doudoumis NI, Christos K, Ioannis ND. A comparative study on static push-over and time-history analysis methods in base isolated buildings. 1st ECEES, Geneva, Switzerland, September, paper. 2006. No. 420.
- [15] Severcan MH. ve Şen P. sismik izolatörlü binalarda kat adedi etkisi. Niğde Ömer Halisdemir Üni. Müh. Bilimleri Dergisi. 2019; 8.2: 922-935.
- [16] AFAD. Türkiye deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik. Ankara. 2018.
- [17] Toplu E. Sismik yalıtımlı yapılarda patlama etkilerinin incelenmesi. Sakarya: Sakarya Üni. 2020.
- [18] PEER Ground motion database - PEER Center. 2020. [cited 2020 Oct 08]. [Internet]. Available from: <http://ngawest2.berkeley.edu/>.



Bingöl Üniversitesi Öğrencilerinin Atık Yönetimi – Geri Dönüşüm ve Çevre Konusundaki Bilinç ve Uygulama Düzeyleri Üzerine Bir Araştırma

Ayşenur AKBANA^{1*}, Müge YURTCAN²

¹ Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Bingöl, Türkiye

² Bingöl Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Park ve Bahçe Bitkileri Bölümü, Bingöl, Türkiye

Ayşenur AKBANA ORCID No: 0000-0003-0394-7278

Müge YURTCAN ORCID No: 0000-0003-1210-2787

*Sorumlu yazar: abektas@bingol.edu.tr

(Alınış: 01.04.2021, Kabul: 14.06.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Anahtar Kelimeler

Atık yönetimi,
Bingöl
Üniversitesi.
Çevre bilinci,
Geri dönüşüm

Öz: Dünya üzerinde nüfus ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak yaşam standartları her geçen gün artarken, tüketim de büyük oranda artış göstermektedir. Çevre sorunlarının ortaya çıkmasındaki temel etkenlerden biri tüketim hızındaki artış ve buna bağlı olarak üretilen atık miktarının çevre tarafından sindirilebilecek düzeyin çok üstüne çıkmış olmasıdır. Sürdürülebilir bir çevrenin sağlanmasında özellikle 21. yy'la birlikte dünya çapında atık yönetimi ve geri dönüşüm konuları önem kazanmıştır. Bu konuda oluşturulan ulusal ve uluslararası politikalar yanında bireysel tutum ve davranışlarda son derece önem taşımaktadır. Bu çalışma kapsamında Bingöl Üniversitesi öğrencilerinin atık yönetimi – geri dönüşüm ve çevre konusundaki bilinç ve uygulama düzeylerini saptanmaya yönelik anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Anket sonuçlarından elde edilen veriler SPSS 22. programında analiz edilmiştir. Ağırlıklı olarak atık geri dönüşüm hiyerarşisinin ilk dört basamağını oluşturan ve daha çok bireysel anlamda katkı sağlamanın olanaklı olduğu; önleme, azaltma, tekrar kullanım ve geri dönüştürme konularını kapsayan anket sonucunda ortaya çıkan veriler yorumlanarak bir değerlendirme gerçekleştirilmiş ve atılması gereken adımlar konusunda önerilere yer verilmiştir.

132

A Research on the Awareness and Practice Levels of Bingöl University Students on Waste Management - Recycling and Environment

Keywords

Waste
management,
Bingöl
University,
Environmental
awareness,
Recycling.

Abstract: While living standards are increasing day by day due to population and technological developments in the world, consumption also increases significantly. Because one of the main factors in the emergence of environmental problems is the increase in the rate of consumption, the amount of the produced waste exceed the level that can be digested by the environment. Waste management and recycling issues to provide a sustainable environment have gained importance around the world especially in the 21st century. In addition to national and international policies created in this regard, individual attitudes and behaviors are extremely important. Within the scope of this study, a survey was conducted to determine the awareness and application levels of Bingöl University students about waste management - recycling and environment. Survey outcomes were analysed by SPSS 22. programme. Survey outcomes were analysed by SPSS 22. programme. After survey outcomes that predominantly constitutes the first four steps of the waste recycling hierarchy as prevention, reduction, reuse and recycling being got possible by individual contributions was commented, steps to be taken are indicated.

1. GİRİŞ

Genel bir tanımlamayla çevre; insan faaliyetleri ve tüm canlılar üzerinde kısa ya da uzun vadede, dolaylı yada dolaysız şekilde etkide bulunabilecek biyolojik, fiziksel, kimyasal ve toplumsal etkenlerin belirli bir zaman

içerisindeki toplamıdır [1]. 2872 sayılı Çevre Kanununda ise çevre; “Canlıların yaşamları boyunca ilişkilerini sürdürdükleri ve karşılıklı olarak etkileşim içinde buldukları biyolojik, fiziksel, sosyal, ekonomik ve kültürel ortam” olarak ifade edilmektedir [2]. Başta ekonomik faaliyetler olmak üzere insanların sosyal, kültürel, sanatsal tüm faaliyetleri sonucunda çevre

üzerinde oluşan olumsuz etkiler [3], doğanın kendisini yenileyebilmesi sayesinde ilk zamanlarda fark edilmemiş, sonraları ise çevrenin oluşan bu zararlanmaları yok edeceği inancı yaygınlaşmıştır [1,4].

Özellikle Sanayi Devrimi sonrası yaşanan teknolojik ve ekonomik gelişmeler, çevresel değerlerin bozunuma uğraması ve yok edilmesine, toplumların pek çok alanda gösterdiği gelişime karşılık olarak, açlık, kıtlık, sera etkisi vb. küresel ölçekteki sorunlara etkili çözümler geliştirememeleri ve insanın geleceğinin de tehdit altında olması, 20. yy'ın ilk yarısından itibaren dikkatleri büyük ölçüde çevre üzerine çekmiştir [1]. Sanayi Devrimi'yle birlikte giderek yaygınlaşan sanayi kuruluşlarının olumsuz etkileriyle oluşan atık ve artıkların bir çevre sorunu olarak görülmeye başlanması da yine aynı dönemlerde olmuştur [4]. Çevre üzerinde meydana gelen değişimlerin negatif yönde özellikler göstermesi çevre sorunları olarak değerlendirilmekte [5] ve bu sorunlar insanların doğal kaynakları bilinçsizce ve aşırı derecede tüketmesi, böylelikle doğal dengeyi bozması ve çevreye verdiği zarar neticesinde ortaya çıkmaktadır [6]. Gıda güvenliği ve su kaynakları üzerinde tehdit oluşturan, insan ve doğadaki tüm canlıların sağlığı ile çevrenin sürdürülebilirliğini tehlikeye sokan çevre sorunları, kısa vadede yerel sorunlar olarak algılsa da, özellikle uzun vadede ülke sınırlarını aşan küresel etkilere sahiptir. Küresel ısınma ve buna bağlı iklim değişiklikleri, biyolojik çeşitliliğin azalması, çölleşme, ozon tabakasındaki tahribat, hava, su ve toprak kirlilikleri, asit yağmurları öne çıkan küresel çevre sorunları arasında sayılabilir [7]. Çevre üzerinde oluşan tüm olumsuzluklar neticesinde, temel amacı doğal kaynaklar üzerindeki insan kaynaklı baskıyı azaltmak, çevre kalitesini koruyarak, toplumsal refahı ve yaşam kalitesini üst seviyelere çıkarmak olan çevre politikalarının [8] oluşturulması özellikle 1970'li yıllardan itibaren uluslararası boyutta önem kazanmıştır.

Uluslararası çevre politikalarını belirlemeye yönelik olarak atılan ilk adım BM'nin öncülüğünde 1972 yılında düzenlenen, "tek bir dünyamız var" sloganının belleklere yerleştirildiği ve çevre sorunlarının evrenselliğinin ilk kez kabul edildiği Stockholm BM İnsan Çevresi Konferansı olmuştur [1]. Bu gelişmeyi sırasıyla 1987'de Dünya Çevre Kalkınma Komisyonu tarafından hazırlanan "Ortak Geleceğimiz" ya da bilinen diğer bir adıyla Brundtland Raporu, 1992 yılında düzenlenen Rio Çevre ve Kalkınma Konferansı, 2000 yılında gerçekleştirilen BM Binyıl Zirvesi, 2002 yılında düzenlenen Johannesburg Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi (Rio+10), 2012 BM Sürdürülebilir Kalkınma Konferansı (Rio+20) ve 2015 BM Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi izlemiştir. Uluslararası boyutta atılan tüm bu adımlar çevre ve sürdürülebilir kalkınma konularında önemli dönüm noktaları olmuştur [8].

Çevre sorununun ortaya çıkmasındaki temel etkenlerden biri insanlar tarafından üretilen atık miktarının çevre tarafından sindirilebilecek düzeyin çok üstüne çıkmış olmasıdır [9]. Dünya çapında her yıl 2,1 milyar ton yani yaklaşık olarak 800.000 olimpik yüzme havuzunu dolduracak kadar çöp ortaya çıkmakta ve bunların

sadece yüzde 16'sının geri dönüşümü sağlanmaktadır. Çöplerin yüzde 46'sı ise geri dönüşümü sağlanamayacak şekilde atılmaktadır [10]. Kontrolsüz bir şekilde doğaya bırakılan atıkların, doğada yok olma süreleri bazen yüzlerce hatta binlerce yılı bulabilmektedir. Örneğin; bir cam şişe doğada 4000 yılda yok olurken, bir plastik malzeme 1000 yılda, bir teneke kutu 10-100 yıl aralığında yok olmaktadır [11]. Plastik, cam, metal vb. atıkların doğaya karışması toprak, su ve hava kirliliğine yol açmakta, geri dönüşümün sağlanamaması durumunda yeniden üretim sürecinde gerek ham madde ihtiyacı gerekse harcanan enerji doğal kaynaklara verilen zararı arttırmaktadır. İstatistiksel veriler ışığında bakıldığında; 1 ton cam atığın geri dönüşümü sayesinde, 100 litre petrol tasarrufu sağlanabileceği, 1 ton kâğıt-karton atığın geri dönüşümü sayesinde 17 ağacın kesilmesinin önlenebileceği, dünya çapında kâğıt atıkların yarısının geri dönüşümünün sağlanması durumunda ise her yıl 8 milyon hektar ormanın korunabileceği belirtilmektedir [12].

Dünyada geri dönüşüm konusunda en başarılı ülkeler arasında Avusturya, İngiltere, İtalya, Fransa Almanya, Tayvan, Mısır, Brezilya, Singapur ve Güney Kore, ilk sıralarda yer almaktadır. Geri dönüşüm oranının en yüksek olduğu Avusturya, atıklarının yüzde 63'ünü geri kazanabiliyorken, Almanya ve Tayvan'da bu oran %60 dolaylarındadır [13]. Türkiye'de ise 2014 yılında 27 milyon ton belediye atığı oluştuğu, oluşan atıkların, %64'ünün düzenli depolama, % 30'unun vahşi depolama (kontrolsüz, çöplük) yöntemiyle bertaraf edildiği, sadece % 6'sının geri dönüşümünün sağlandığı kaydedilmiştir [14].

Nüfus artışı, sanayileşme ve ekonomik büyümeye bağlı olarak tüketim hızı giderek artmakta, buna bağlı olarak ortaya çıkan atık miktarı da gün geçtikçe artış göstermektedir. Tüketim de yaşanan bu artış, nüfus artışının da çok üzerinde seyretmektedir. Örneğin; Sawin [15]'e göre 1850-1970 yılları arasında dünya nüfusu yaklaşık üç kat artış gösterirken, enerji kullanımı yaklaşık 12 kat artmıştır. Atık miktarında her geçen gün meydana gelen artış çevresel, sosyal ve ekonomik alanda pek çok olumsuzluğu da beraberinde getirmekte [16], kaynakların hızla tükenmesi ve sınırsız olmaması kaynakların daha etkin kullanılmalarını zorunlu kılmaktadır. Bu durum atık miktarının azaltılması, meydana gelen atığın tekrar kullanımı ve ham maddeye dönüştürülmesi gibi süreçleri kapsayan atık yönetimini zorunlu hale getirmektedir.

Üretim faaliyetleri ve kullanım sonucunda ortaya çıkan, doğrudan ya da dolaylı olarak alıcı ortama verilmesi halinde çevre ve insan sağlığını olumsuz yönde etkileyecek her türlü madde atık olarak tanımlanmaktadır [17]. 2 Nisan 2015 tarih ve 29314 sayılı Resmî Gazete'de yayınlanan "Atık Yönetimi Yönetmeliği'ne" göre ise atık: "Üreticisi veya fiilen elinde bulunduran gerçek veya tüzel kişi tarafından çevreye atılan veya bırakılan ya da atılması zorunlu olan herhangi bir madde veya materyal" olarak tanımlanmaktadır [18]. Atık yönetimi ise yine aynı yönetmeliğe göre: "Atığın oluşumunun önlenmesi, kaynağında azaltılması, yeniden

kullanılması, özelliğine ve türüne göre ayrılması, biriktirilmesi, toplanması, geçici depolanması, taşınması, ara depolanması, geri dönüşümü, enerji geri kazanımı dâhil geri kazanılması, bertarafı, bertaraf işlemleri sonrası izlenmesi, kontrolü ve denetimi faaliyetlerini” ifade etmekte [18] ve Şekil.1.’de gösterildiği gibi altı hiyerarşik basamaktan oluşmaktadır.



Şekil 1. Atık yönetimi hiyerarşisi

Gerek uluslararası normlar gerekse ulusal öncelikler gözetilerek, sürdürülebilirlik ilkesi doğrultusunda, politika, strateji ve mevzuat geliştirilmesi sorumluluğuyla ülkemizde, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nca 2016-2023 yılları arasında kapsayan Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı hazırlanmıştır. Bu plana göre; 2023 yılında oluşacak toplam atığın %35’inin geri dönüşümünün sağlanması, %65’inin ise düzenli depolama şeklinde bertaraf edilmesi hedefler arasındadır [19]. 2017 yılı itibari ile T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı öncülüğünde başlatılan “Sıfır Atık” projesi de bu kapsamda önem taşımaktadır. “Sıfır Atık”; israfın önlenmesi, kaynakların verimli ve etkin kullanımı, atık oluşum sebepleri üzerinde durularak atık oluşumunun olabildiğince engellenmesi veya minimum seviyeye indirilmesi, oluşan atığın ise kaynağında ayrıştırılması ve geri dönüşümünün sağlanmasını kapsayan ve atık yönetim felsefesi olarak ifade edilen bir hedeftir [20].

Atık yönetim felsefesinin yaygınlaştırılması ve çevrenin korunmasında önemli boyutlardan birini kamuoyu bilinci ve etkin katılımı oluşturmaktadır [21]. Bunun yanında toplumsal çevre bilincinin gelişmesinde eğitimin de oldukça büyük rolü bulunmaktadır. Daha duyarlı ve bilinçli bir toplumun oluşması için ise çevre eğitiminin küçük yaşlardan itibaren verilmesi gerekmektedir [22]. Çevre bilincinin oluşturulmasında çevre eğitiminin öğrenim süreçlerine dahil edilmesi yanında kitle iletişim araçlarının da büyük etkisi bulunmaktadır [21]. Çevre koruma ve atık yönetimi konusunda oluşturulan bilincin davranışa dönüştürülmesinde özellikle yerel yönetimler ve kamu kuruluşlarına büyük sorumluluklar düşmektedir. Geri dönüşüme katkı, atık toplama ve geri dönüşüm hizmetleriyle doğrudan bağlantılı olup [23], bu doğrultuda atıkların kaynağında ayrıştırılması için yeterli ekipmanların gerek yerel yönetimler gerekse kamu kurumlarınınca temin edilmesi gerekmektedir.

Bu araştırma kapsamında Bingöl Üniversitesi öğrencilerinin atık yönetimi – geri dönüşüm ve çevre

konusundaki bilinç ve uygulama düzeylerini saptanmaya yönelik olarak anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Ağırlıklı olarak atık geri dönüşüm hiyerarşisinin ilk dört basamağını oluşturan ve daha çok bireysel anlamda katkı sağlamanın olanaklı olduğu; önleme, azaltma, tekrar kullanım ve geri dönüştürme konularını kapsayan anket sonucunda ortaya çıkan veriler yorumlanarak bir değerlendirme gerçekleştirilmiş ve atılması gereken adımlar konusunda önerilere yer verilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışma, 12.03.2020 tarihli, E.5824 sayılı etik kurul onayı ile Bingöl Üniversitesi öğrencileri ile yürütülmüştür. Bingöl Üniversitesi, 15.713 kişilik öğrenci sayısı ile [24], araştırmanın evrenini oluşturmaktadır. Örneklem büyüklüğü, $n = \frac{N \cdot t^2 \cdot P \cdot Q}{(N-1) \cdot d^2 + t^2 \cdot P \cdot Q}$ formülü ile yaklaşık 0,08 örneklem hata payı ve 0,95 güven aralığında 158 olarak hesaplanmıştır. [25]. Covid-19 pandemi sürecinde yürütülen çalışma için katılımcılar rastgele seçilmiştir.

Araştırma bulgularının tüm analizleri SPSS. 22 programı kullanılarak yapılmıştır. Araştırma yapılırken frekans analizleri ve farklılık analizleri uygulanmıştır. Araştırmadaki ifadelerin ortalamasının çarpıklık ve basıklık değeri +2 ve -2 arasında değiştiği için, verilerin normal dağıldığı kabul edilmektedir [26]. Frekans analizlerinde ankete verilen cevapların %’lik değerleri hesaplanmıştır. Verilerin normal dağılım göstermesinden dolayı, anlamlı farklılık analizleri için, bağımsız 2 değişkenin gösterdiği farklılık T testi ile; bağımsız değişkenlerin 2’nin üstünde olduğu durumlar için Anova testi ile analiz yapılmıştır. Değişkenler arasındaki farklılığın sebeplerinin analiz edilmesi için post hoc testlerden faydalanılmıştır. Homojen dağılımlı verilerde Tukey, homojen dağılımlı olmayan verilerde Games Howel testleri kullanılmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Demografik Bilgiler

Bu çalışma kapsamında Bingöl Üniversitesi öğrencilerinin içinden rastgele seçilen toplam 158 katılımcı ile anket yürütülmüştür. Katılımcıların demografik özellikleri Tablo 1’deki gibidir.

Tablo 1. Katılımcıların yaş ve cinsiyet dağılımı

		CİNSİYET			
		Kadın		Erkek	
YAŞ	18-21	25,30%	40	26,60%	42
	22-25	16,50%	26	19%	30
	26-30	2,50%	4	4,40%	7
	31 ve üstü	0%	0	5,70%	9
	Toplam	44,30%	70	55,70%	88

Araştırma katılımcılarının %49,4’ü 1. sınıf; %28,5’i 2. sınıf; %6,3’ü 3. sınıf; 10,8’i 4. sınıf; %5’i lisansüstü öğrencisidir (Tablo 2). Katılımcılar, eğitim ve öğretim gördükleri birimlere bağlı farklı bölüm ve/veya programlardan rastgele seçilmiştir.

Tablo 2. Katılımcıların okudukları birim ve sınıf dağılımı

BİRİM	SINIF						
	1	2	3	4 ve üstü	Lisansüstü	Toplam	%
Sosyal Bil. MYO	2	7	0	0	0	9	5,7
Gıda Tarım Hayvancılık MYO	5	2	0	0	0	7	4,4
Mim. Müh. Fak.	11	1	1	7	0	20	12,7
Teknik Bil. MYO	21	14	0	0	0	35	22,2
Fen Edebiyat Fak.	0	0	6	0	0	6	3,8
Yabancı Diller YO	0	6	3	9	0	18	11,4
Sağlık Hizmetleri MYO	30	6	0	0	0	36	22,8
BESYO	7	1	0	0	0	8	5
Ziraat Fak.	0	2	0	0	4	6	3,8
Veterinerlik Fak.	2	5	0	1	0	8	5
İktisadi İdari Bilimler Fak.	0	1	0	0	4	5	3,2

Katılımcıların tamamı öğrenciler arasından seçildiği için gelir durumları öğrenim kredisi/bursu göz önünde bulundurularak sorulmuştur. Katılımcıların %57,6'sı 1000 TL altı; %16,4'i 1000-2000 TL arası; %13,3'ü 2001-3000 TL arası; %12,7'si 3000 TL üstü aylık gelire sahiptir.

3.2. Atık Yönetimi ve Çevre Bilinci Ölçeği Derecelendirme Değerlendirmesi

Geri dönüşüm ve çevre bilinç düzeyinin ölçüldüğü ankette 2 farklı ifade tipi kullanılmıştır. Birinci ifade tipinde, ana başlık altında yöneltilen farklı ifadelerin puanlanması istenmiştir. İkinci ifade tipinde ise katılımcılardan, sorulan kapalı uçlu sorulara cevap vermeleri istenmiştir.

Katılımcılardan, organik atıklar (sebze, meyve, yiyecek artıkları vb.), kağıt atıklar, plastik atıklar, cam atıklar, kimyasal atıklar (deterjan, zirai ilaç, pil vb.), petrol ürünleri atıkları (kauçuk, yakıt vb.), metal atıklar, tıbbi atıklar ve tekstil atıkları olarak gruplandırılmış 9 farklı atık türünün, zarar derecesinin çevre üzerine etkilerinin puanlandırılması istenmiştir. Verilen cevapların ortalaması alındığı zaman, en yüksek puanı kimyasal atıkların aldığı görülmüştür. Kimyasal atıkları takiben plastik atıklar, petrol ürünlerinin atıkları, tıbbi atıklar, cam atıklar ve tekstil atıkları zararlı atıklar olarak derecelendirilmiştir. Katılımcılar organik atıkları ve kağıt atıkları nispeten daha zararsız olarak değerlendirmişlerdir (Tablo 3).

Tablo 3. Atıkların Çevre Üzerine Zararının Derecelendirilmesi

Puan	Atık Sınıflarının Çevre Üzerine Zarar Derecelendirmesi									
	Organik	Kağıt	Plastik	Cam	Kimyasal	Petrol	Metal	Tıbbi	Tekstil	
1	94	16	0	3	1	0	5	3	2	
2	34	65	4	12	3	6	8	7	12	
3	19	46	13	25	6	11	24	15	30	
4	6	19	27	45	27	31	36	36	54	
5	5	12	114	73	121	110	85	97	60	
Toplam	158	158	158	158	158	158	158	158	158	
Ortalama	1,696	2,658	4,589	4,095	4,671	4,551	4,190	4,373	4	
Genel Ortalama										3,869

Katılımcılardan, su kaynakları (denizler, göller, akarsular vs.), hava, toprak ve besin maddesi olarak adlandırılan 4 farklı kaynak üzerine atıkların baskısının değerlendirilmesi istenmiştir. Verilen puanların ortalaması alındığında katılımcıların, atık maddelerin en çok su kaynakları üzerinde olumsuz etkiye sahip olduğu yönünde puanlama yaptığı görülmektedir. Su kaynaklarını Toprak, besin maddesi ve hava takip etmektedir (Tablo 4).

Tablo 4. Atıkların kaynaklar üzerine baskı derecesi

Puan	Atıkların Kaynaklar Üzerindeki Baskı Derecesi				
	Su	Hava	Toprak	Besin Maddesi	
1	14	16	10	8	
2	4	3	14	10	
3	16	20	18	28	
4	26	48	34	35	
5	98	71	92	77	
Toplam	158	158	168	158	
Ortalama	4,203	3,981	4,095	4,032	
Genel Ortalama					4,078

Katılımcılara sürdürülebilir bir çevre için bazı unsurların önem derecelerinin puanlandırılması istenmiştir. Verilen cevapların ortalamasına bakıldığında zaman katılımcıların

en çok su tasarrufuna önem verdiği görülmektedir. Enerji tasarrufu, yiyecek israfının önlenmesi, geri dönüşüm, çöplerin uygun biçimde bertaraf edilmesi, fosil yakıt kullanımının azaltılması, tekstil ürünlerinin israfının önlenmesi birbirini takip eden unsurlar olarak görülmektedir (Tablo 5).

Tablo 5. Sürdürülebilir çevre için unsurların önem derecesi

Puan	Sürdürülebilir Çevre İçin Unsurların Önem Derecesi							
	ET	ST	GD	YİÖ	TİÖ	FKA	ÇUB	
1	4	3	5	3	4	10	8	
2	3	4	1	4	11	3	2	
3	17	11	22	18	29	22	18	
4	28	19	26	32	40	31	24	
5	106	121	104	101	74	92	106	
Toplam	158	158	158	158	158	158	158	
Ortalama	4,449	4,589	4,411	4,418	4,070	4,215	4,380	
Genel Ortalama								4,362

ET: Enerji tasarrufu, ST: Su tasarrufu, GD: Geri dönüşüm, YİÖ: Yiyecek israfının önlenmesi, TİÖ: Tekstil ürünlerinin israfının önlenmesi, FKA: Fosil yakıt kullanımının azaltılması, ÇUB: Çöplerin uygun biçimde bertarafı

Katılımcılardan plastik, kağıt, cam, metal, pil, tekstil ve organik atıklardan her birinin geri dönüşümüne buldukları katkıyı puanlandırmaları istenmiştir.

Verilen puanların ortalamalarına bakıldığında en fazla plastik atıkların geri dönüşümüne katkı sağladıkları görülmektedir. Plastik atıkları kâğıt atıklar ve cam atıklar

takip etmektedir. Tekstil atıkları ve metal atıkların en düşük puana sahip olduğu görülmektedir (Tablo 6).

Tablo 6. Geri dönüşüme katılımcıların kişisel katkı derecelendirmesi

Puan	Geri Dönüşüme Kişisel Katkı Derecelendirmesi							
	Kağıt	Plastik	Cam	Metal	Pil	Tekstil	Organik Atık	
1	11	4	15	34	29	39	36	
2	8	19	18	36	21	37	26	
3	29	26	39	33	32	36	33	
4	35	31	35	17	19	21	21	
5	75	78	51	38	57	25	42	
Toplam	158	158	158	158	158	158	158	
Ortalama	3,981	4,013	3,563	2,930	3,342	2,722	3,044	
Genel Ortalama								3,371

Katılımcılardan sürdürülebilir bir çevre için alınabilecek kişisel önlemlerin puanlandırılması istenmiştir. Denklemlerin günlük yaşantılarında belirtilen kişisel önlemleri uygulama derecelerinin saptanması için ortalamalara bakıldığı zaman, en çok alınan önlemin açık unutulmuş muslukların kapatılması (AMK) gelmektedir. Bunu takiben açık unutulmuş lambaların kapatılması (ALK),

kısa mesafeler (10-15 dk yürüme mesafesi) için yürümenin tercih edilmesi (KMYT) ve kullanılmadığı zaman elektronik aletlerin (tv, bilgisayar, küçük ev aletleri vb.) fişinin çekilmesi gelmektedir. Katılımcıların aldığı kişisel önlemlerde en düşük puanı 2. el kıyafet kullanımı (2.EKK) almıştır ve onu kişisel su matarası kullanımı (KSMK) takip etmiştir (Tablo 7)

Tablo 7. Sürdürülebilir çevre için alınan kişisel önlemler

Puan	Sürdürülebilir çevre için kişisel önlemlerin derecelendirilmesi											
	KSMK	2.EKK	STD	ALK	AFC	KMYT	SHP	AÖKK	E-KF	AMK	KTK	SMK
1	25	56	5	2	3	5	5	11	21	2	2	4
2	15	26	8	6	6	4	10	10	24	4	11	8
3	37	35	24	9	20	24	26	32	27	10	28	27
4	26	20	38	32	30	19	32	25	23	17	28	34
5	55	21	83	109	99	106	85	80	63	125	89	85
Toplam	158	158	158	158	158	158	158	158	158	158	158	158
Ortalama	3,449	2,519	4,177	4,519	4,367	4,373	4,152	3,968	3,525	4,639	4,209	4,190
Genel Ortalama	4,007											

KSMK: Kişisel su matarası kullanımı, 2.EKK: 2. El kıyafet kullanımı, STD: Banyo, wc kullanırken su tüketimine dikkat edilmesi, ALK: Açık unutulmuş lambaların kapatılması, AFC: Kullanılmadığı zaman elektronik aletlerin (tv, bilgisayar, küçük ev aletleri vb.) fişinin çekilmesi, KMYT: Kısa mesafeler (10-15 dk yürüme mesafesi) için yürümenin tercih edilmesi, SHP: Yiyecek fazlasının sokak hayvanları ile paylaşılması, AÖKK: Arkalı önlü kâğıt ve 2. el kitap kullanımı, E-KF: E-kitap, E-fatura, E-ders notlarının kullanımı, AMK: Açık unutulmuş muslukların kapatılması, KTK: Boş kavanoz ve kapların tekrar tekrar kullanılması, SMK: Sebze ve meyvelerin mevsiminde veya konserve olarak tüketilmesi.

Katılımcılar geri dönüşüm ile ilgili bilinç oluşturma etkisi konusunda en yüksek puanı internet seçeneğine vermişlerdir. Sonrasında televizyon gelmektedir.

Katılımcıların bilinçlenmede etkisini en düşük puanlandıkları medya organı radyodur ve sonrasında gazete ve dergiler gelmektedir (Tablo 8).

Tablo 8. Geri dönüşüm bilinci konusunda medya organlarının etki derecelendirmesi

Puan	Geri Dönüşüm Bilinci İçin Medya Etkisi					
	İnternet	Tv	Radyo	Gazete/Dergi	Kitap	Afiş/Broşür
1	9	7	47	31	20	10
2	7	10	47	36	26	15
3	19	31	42	48	49	51
4	29	37	13	26	34	34
5	94	73	9	17	29	48
Toplam	158	158	158	158	158	158
Ortalama	4,215	4,006	2,304	2,759	3,165	3,601
Genel Ortalama	3,342					

Katılımcılar atık miktarının artış nedenlerine ilişkin yaptıkları değerlendirmede en yüksek puanı israfın artması seçeneği almıştır. Çevre bilincinin yeterli düzeyde olmaması, nüfus artışı, tüketim alışkanlıklarındaki değişim ve tüketim malzemelerine erişim kolaylığı birbirini takip eden faktörler olarak puanlandırılmıştır. Ekonomik alım gücünün artışı atık miktarının artış sebeplerinin derecelendirilmesinde en düşük puan ortalamasına sahip unsurdur (Tablo 9).

Tablo 9. Atık miktarının artış nedenlerinin derecelendirilmesi

Puan	Atık Miktarının Artış Nedenlerini Değerlendirilmesi					
	NA	TAD	İA	EGA	TMEK	ÇBY
1	7	4	2	18	7	4
2	9	9	7	10	7	6
3	11	22	9	31	27	17
4	25	45	21	30	42	15
5	106	78	119	69	75	116
Toplam	158	158	158	158	158	158
Ortalama	4,354	4,165	4,570	3,772	4,082	4,475
Genel Ortalama	4,236					

NA: Nüfus artışı, TAD: Tüketim alışkanlıklarındaki değişim, İA: İsrafın artması, EGA: Ekonomik alım gücündeki artış, TMEK: Tüketim malzemelerine erişimin kolaylığı, ÇBY: Çevre bilincinin yeterli düzeyde olmaması

Çalışma kapsamında katılımcılara çevre bilinci konusunda kapalı uçlu sorular sorulmuştur. Öncelikle “Çevre koruma, atıkların geri dönüşümü-atık yönetimi gibi konularda herhangi bir bilgilendirme toplantısına (kongre, sempozyum, sunu, ders vb.) katıldınız mı?” sorusu sorulmuştur. Katılımcıların %43’ü evet, %57’si hayır cevabını vermiştir. Katılımcıların %4,5’i az; %32,8’i orta; %44,8’i çok; %17,9’u çok fazla cevabını işaretleyerek yapılan toplantının kendisine katkısını değerlendirmiştir. Katılımcılara “Katıldığınız bilgilendirme toplantısında (kongre, sempozyum, sunu, ders vb.) edindiğiniz bilgileri uygulamaya geçirme düzeyinizi seçiniz.” sorusu sorulduğunda katılımcıların %3’ü nadiren; %19,4’ü bazen; %56,7’si sık sık; %20,9’u her zaman cevabını işaretlemiştir. Hiçbir zaman cevabını işaretleyen olmamıştır.

Anket katılımcılarına “Çevrenizdeki insanlara atıkların geri dönüşümü konusunda uyarıda bulunur musunuz?” sorusu sorulmuştur. Katılımcıların %3,2’si hiçbir zaman; %12’si nadiren; %45,6’sı bazen, %22,2’si sık sık; %17,1’i her zaman cevabını vermiştir.

Katılımcılardan geri dönüşüm konusunda kendi bilinç düzeylerini değerlendirmeleri istenmiştir. Katılımcıların, %1,3’ü çok az; %12’si az; %33,5’i orta; %44,9’u iyi; %8,2’si çok iyi cevabını vermiştir. Katılımcılardan çevresindeki insanların geri dönüşüm bilincinin değerlendirilmesi istendiğinde, % 29,1’i çok az; %42,4’ü az; %22,8’i orta; %2,5’i çok; %3,2’si çok iyi cevabını vermiştir.

Ankete katılan katılımcılara “Yaşadığınız çevrede plastik, metal, kağıt gibi atıkların ayrı ayrı toplanması için yeterli geri dönüşüm kutusu var mıdır?” sorusu sorulmuştur. Katılımcıların %54,4’ü çok az; %20,9’u az; %19,6’sı orta; %3,2’si iyi; %1,9’u çok iyi cevabını vermiştir. Son olarak katılımcılardan yaşadığınız çevredeki yerel yönetimlerin, kamu kurum ve kuruluşlarının geri dönüşüm konusunda attığı adımları değerlendirmesi istenmiştir ve katılımcıların %41,1’i çok az; %27,8’i az; %25,3’ü orta; %4,4’ü iyi; %1,3’ü çok iyi cevabını vermiştir.

3.3. Atık Yönetimi ve Çevre Bilinci Ölçeği Güvenilirlik Değerlendirmesi

Çalışmanın bu kısmında, ana başlık altında yöneltilen farklı ifadelerle verilen puanların ortalamaları ve katılımcılara sorulan kapalı uçlu soruların güvenilirliği, Cronbach’s Alpha Testi ile ölçülmüştür (Tablo 10). Ölçeğin güvenilirlik katsayısının 0,716 olmasından dolayı ölçek güvenilir kabul edilmektedir.

Tablo 10. Atık Yönetimi ve Çevre Bilinci Ölçeği Güvenilirlik Testi

Ölçek	Cronbach's Alpha
Güvenilirlik Katsayısı	0,716

3.4. Atık Yönetimi ve Çevre Bilinci Ölçeği Farklılık Testleri

Atık yönetimi ve çevre bilinci çalışması dâhilinde cinsiyet değişkeninin arasında anlamlı farklılığı test etmek

için “T testi” uygulanmıştır. Test sonuçları, ifade tipleri arasında anlamlı farklılık göstermemiştir.

Çalışmada öğrencilerin, yaşları, gelir düzeyleri, öğrenim gördükleri birim arasında anlamlı farklılık olup olmadığını anlamak için “Anova” testi uygulanmıştır. Yaş, öğrenim görülen birim arasında anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır. Gelir düzeyi değişkeni, sürdürülebilir çevre için alınan önlemler ve geri dönüşüm bilinci konusunda medya organlarının etki derecelendirmesinde anlamlı farklılığa rastlanmıştır. Sürdürülebilir çevre için alınan kişisel önlemler konusunda 1000 TL altı gelire sahip olanlar ile 1001-2000 TL gelire sahip öğrenciler arasında anlamlı farklılık bulunmaktadır ve 1001-2000 TL gelirli öğrencilerin kişisel olarak aldıkları önlemlere verdikleri puan ortalamasının daha fazla olduğu görülmektedir. 3000 TL üstü gelire sahip olan katılımcılar ile 1000 TL altı gelire sahip olan katılımcılar arasında anlamlı bir fark yokken 1000-2001 TL ve 2001-3000 TL arası gelire sahip olan katılımcılar arasında anlamlı fark gözlenmektedir. Gelir düzeyi 1001-2000 TL olan ve 2001-3000 TL olan katılımcıların sürdürülebilir çevre için kişisel önlemlere daha fazla önem verdiği görülmektedir (Tablo 11).

Tablo 11. Gelir düzeyine göre anlamlı farklılık gösteren ifadeler

	Anova	Varyans homojenliği
	sig.	sig.
ÇKÖ ortalama	,000	,004
AMN ortalama	,006	,416

ÇKÖ: Sürdürülebilir çevre için alınan kişisel önlemler, GME: Geri dönüşüm bilinci konusunda medya organlarının etki derecelendirmesi.

Geri dönüşüm konusunda anlamlı farklılık gösteren katılımcı gruplarına bakıldığında 1000 TL altı gelire sahip olan katılımcılar ve 2001-3000 TL gelire sahip olan katılımcılar arasında bir anlamlı farklılık gözlenmiştir. 2001-3000 TL gelire sahip olan katılımcılar medya etkisine daha fazla puan vermişlerdir. Ayrıca 2001-3000 TL ve 3000 TL üstü gelire sahip olan katılımcılar arasında anlamlı bir farklılık gözlenmektedir ve 2001-3000 TL gelire sahip olanların medya organlarının etkisine daha fazla önem verdiği görülmektedir (Tablo 11).

Katılımcılara “Çevre koruma, atıkların geri dönüşümü-atık yönetimi gibi konularda herhangi bir bilgilendirme toplantısına (kongre, sempozyum, sunu, ders vb.) katıldınız mı?” sorusu sorulmuştur. Soruya evet cevabını veren katılımcılar ve hayır cevabını veren katılımcılar arasında, atıkların çevre üzerine zararının derecelendirilmesi ve sürdürülebilir çevre için unsurların öneminin derecelendirilmesi ifadelerinde anlamlı bir farklılık gözlenmiştir (Tablo 12). Bağımsız örnekler testine (T testi) göre evet cevabını veren katılımcıların atıkların çevre üzerine etkisini ve sürdürülebilir bir çevre için enerji tasarrufu, su tasarrufu, geri dönüşüm gibi unsurların önemini daha yüksek puanla derecelendirmiştir.

Katılımcılara “Çevrenizdeki insanlara atıkların geri dönüşümü konusunda uyarıda bulunur musunuz?” sorusu sorulmuştur. Katılımcıların bu soruya verdikleri

cevaplar ile sürdürülebilir çevre için unsurların önem derecesi, geri dönüşüme katılımcıların kişisel katkı derecelendirmesi sürdürülebilir çevre için alınan kişisel önlemler ve atık miktarının artış nedenlerinin derecelendirilmesi ifadelerine verdikleri puan derecelendirmesi arasında anlamlı bir farklılık saptanmıştır (Tablo 13).

Tablo 12. Çevre koruma, atıkların geri dönüşümü - atık yönetimi konularında herhangi bir etkinliğe katılan deneklerin farklılık testi sonuçları

	Cevap	n	Ortalama	Levene Eşit Varyans Testi (sig.)	T testi (sig.2-tailed)
AÇE ortalama	Evet	68	3,982	,412	,027
	Hayır	90	3,784		
SÇU ortalama	Evet	68	4,517	,284	,042
	Hayır	90	4,244		

AÇE: Atıkların Çevre Üzerine Zararının Derecelendirilmesi, SÇU: Sürdürülebilir çevre için unsurların önem derecesi.

Post Hoc testlerin sonuçlarına bakıldığı zaman, nadiren, bazen, sık sık, her zaman cevabını veren katılımcılar sürdürülebilir çevre için unsurların önemi derecelendirmesi konusunda arasında anlamlı farklılık yoktur. Fakat hiçbir zaman cevabını veren katılımcıların diğer cevapları veren katılımcılar arasında anlamlı farklılık gözlenmektedir. Hiçbir zaman cevabını veren katılımcıların de sürdürülebilir bir çevre için unsurların önemine daha az puan vermişlerdir. Geri dönüşüm konusunda kişisel önlemler derecelendirmesinde, soruya nadiren ve her zaman; bazen ve her zaman; sık sık ve her zaman cevabını veren katılımcılar arasında anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Her zaman cevabını veren katılımcılar geri dönüşüme daha fazla katkıda bulduklarını belirtmiştir. Sürdürülebilir bir çevre için alınan kişisel önlemler derecelendirmesinde, hiçbir zaman ve nadiren; hiçbir zaman ve bazen; hiçbir zaman ve sık sık; hiçbir zaman ve her zaman cevapları veren katılımcılar arasında anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Hiçbir zaman cevabını veren katılımcılar, sürdürülebilir bir çevre için alınan önlemlere daha düşük derecelendirmişlerdir. Atık miktarının artış nedenlerinin derecelendirmesinde, hiçbir zaman ve nadiren; hiçbir zaman ve bazen; hiçbir zaman ve sık sık; hiçbir zaman ve her zaman cevapları veren katılımcılar arasında anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Hiçbir zaman cevabını veren katılımcılar atık miktarının artış nedenlerini daha düşük derecelendirmişlerdir.

Tablo 13. Çevresindekileri geri dönüşüm konusunda uyarıcı katılımcıların farklılık testi sonuçları

	Anova sig.	Varyans homojenliği sig.
SÇU ortalama	,001	,108
GKK ortalama	,003	,011
ÇKÖ ortalama	,000	,248
AMN ortalama	,001	,076

SÇU: Sürdürülebilir çevre için unsurların önem derecesi, GKK: Geri dönüşüme deneklerin kişisel katkı derecelendirmesi, ÇKÖ: Sürdürülebilir çevre için alınan kişisel önlemler, AMN: Atık miktarının artış nedenlerinin derecelendirilmesi.

Katılımcıların geri dönüşüm konusunda kendi bilinç düzeylerini değerlendirmeleri istenmiştir. Katılımcıların bu soruya verdikleri cevaplar ile atıkların kaynaklar üzerine baskı derecesi, geri dönüşüm bilinci konusunda medya organlarının etki derecelendirmesi arasında

anlamlı bir farklılık saptanmıştır. Post Hoc testlerin sonuçlarına göre soruya, çok az ve orta; çok az ve iyi, çok az ve çok iyi cevabını veren katılımcılar arasında atıkların kaynaklar üzerine baskı derecesi konusunda anlamlı farklılık bulunmuştur. Kişisel bilinç düzeyine verilen puanlar arttıkça, atıkların kaynaklar üzerindeki baskısına verilen puanlar da artmaktadır (Tablo 14). Geri dönüşüm bilinci konusunda medya organlarının etki derecelendirmesi, soruya az ve çok iyi cevabını veren katılımcılar arasında anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Çok iyi cevabını veren katılımcıların medya organlarının etkinliğine daha fazla puan vermişlerdir.

Tablo 14. Katılımcıların kişisel bilinç düzeylerini değerlendirmesi sonucu farklılık testi sonuçları

	Anova sig.	Varyans homojenliği sig.
AKB ortalama	,009	,235
GME ortalama	,019	,910

AKB: Atıkların Kaynaklar Üzerine Baskı Derecesi, GME: Geri dönüşüm bilinci konusunda medya organlarının etki derecelendirmesi.

Katılımcılara sorulan “Yaşadığınız çevrede plastik, metal, kağıt gibi atıkların ayrı ayrı toplanması için yeterli geri dönüşüm kutusu var mıdır?” sorusuna verilen cevaplar ile sürdürülebilir çevre için unsurların önem derecesi, geri dönüşüme katılımcıların kişisel katkı derecelendirmesi, geri dönüşüm bilinci konusunda medya organlarının etki derecelendirmesine ilişkin sorulara verilen cevaplar arasında anlamlı farklılık saptanmıştır. Post Hoc test sonuçlarına göre soruya az ve çok iyi; orta ve çok iyi cevabını veren katılımcılar arasında sürdürülebilir çevre için unsurların önem derecesi konusunda anlamlı farklılık saptanmıştır.

4. SONUÇ

Araştırma sonuçları değerlendirildiğinde, ankete katılanların yaş, okudukları fakülte/myo/bölüm ve sınıf bazındaki farklılığın anket sonuçlarında anlamlı bir farklılık oluşturmadığı saptanmıştır. Gelir düzeyi açısından bir değerlendirme gerçekleştirildiğinde ise geri dönüşüme ilişkin kişisel katkı düzeyinin orta gelir grubunda daha yüksek olduğu görülmektedir. Uzun ve Sağlam [27]’in orta öğretim düzeyindeki öğrencilerin çevre bilinç düzeyini ölçmeye yönelik gerçekleştirdikleri çalışmada benzer şekilde orta gelir düzeyinin bilinç düzeyi daha yüksek olarak ölçülmüştür.

Katılımcılara çevre koruma, atıkların geri dönüşümü, atık yönetimi gibi konularda herhangi bir bilgilendirme toplantısına katılıp katılmadıkları sorulmuş ve deneklerin %57’si hayır cevabını vermiştir. Tufaner [28], Adıyaman Üniversitesi’nde gerçekleştirdiği çalışmada atık geri dönüşümü konusunda yapılan bilgilendirme toplantılarının, kaynağından ayrıştırma yoluyla geri dönüşüme katkısının önemli oranda artışına sebep olduğu sonucuna varmıştır. Jekria and Daud [29], çevresel kaygıların geri dönüşüm davranışları üzerinde olumlu etki oluşturduğunu, Miranda and Blanco [21], ise eğitim süreçlerine dâhil edilen bir takım programların dolaylı olarak ebeveyn tutum ve davranışlarını da olumlu yönde etkileyeceğini belirtmişlerdir. Bu bağlamda tüm eğitim kademelerinde ve özellikle yükseköğretim

sürecinde ders içeriklerinde çevre konu / konularına yer verilmesi, dönemsel bilgilendirme toplantıları ve aktivitelerinin gerçekleştirilmesi çevre bilicinin geliştirilmesi için son derece önemli görülmektedir.

Çalışma kapsamında bu konuda herhangi bir bilgilendirme toplantısına katılanların, atık maddelerin çevre üzerindeki zararı, sürdürülebilir bir çevre için unsurların puanlandırılmasına olan katkı derecelerinin daha yüksek olduğu ancak kişisel önlemlere katkılarında anlamlı bir farklılık olmadığı saptanmıştır. Ankete katılanların önemli çoğunluğu yaşadıkları çevrede plastik, metal, kağıt gibi atıkların ayrı ayrı toplanması için yeterli geri dönüşüm kutusunun bulunmadığını ve yerel yönetimler, kamu kurum ve kuruluşlarının geri dönüşüm konusunda attığı adımların yeterli düzeyde olmadığını belirtmişlerdir. Yapılan araştırmalar çevresel konularda duyarlılık kazanmış kişilerin, geri dönüşüm konusunda daha etkin katılım sağladığını gösterirken [21, 30]. Thogersen and Olander [23], gerçekleştirmiş oldukları çalışmada, geri dönüşüme katkı sağlama oranının yaşanılan yerdeki atık toplama ve geri dönüşüm hizmetleriyle de doğrudan bağlantılı olduğu sonucuna varmışlardır. Bu noktadan hareketle geri dönüşüme bireysel katkının artırılması amacıyla, gerek yerel yönetimler gerekse kamu kurum ve kuruluşlarınca, atıkların kaynağında ayrıştırılması için yeterli ekipmanların temin edilmesi ve eğitsel faaliyetlerin sürekliliğinin sağlanması gerekmektedir.

Gerçekleştirilen anket sonuçları doğrultusunda atık yönetimi- geri dönüşümü konusunda bilinç oluşturmada medya organlarından internet ve televizyonun etkilerinin daha yüksek olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Söz konusu medya organlarında özellikle Z kuşağında bilinç ve uygulama düzeyini arttırmaya yönelik ilgi çekici içeriklerin sürekliliği önem taşımaktadır. Yükseköğretim kurumlarında sosyal etkileşimin daha yüksek olduğu kantin, yemekhane, kafeterya ve sosyal tesisler gibi ortak kullanım alanlarında görsel ve işitsel iletişim araçları ile bilgilendirici yayınların yapılmasının da atık yönetimi ve çevre bilinci konusunda katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Keleş R, Hamamcı C. Çevrebilim. İmge kitabevi yayınları. Ankara; 2002.
- [2] Anonim 1983. <http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.2872.pdf> (Erişim tarihi: 22.03.2020).
- [3] Diktaş R. Çevre bilinci ve yaşam tarzının sürdürülebilir tüketim davranışı üzerindeki etkisi ve bir araştırma [Yüksek lisans tezi]. İstanbul: Marmara Üniversitesi; 2019.
- [4] Akın G. Küresel çevre sorunları. C.Ü. Sosyal Bilimler dergisi. 2007; 31(1): 43-54.
- [5] Alım M. Avrupa Birliği üyelik sürecinde Türkiye’de çevre ve ilköğretimde çevre eğitimi. Kastamonu eğitim dergisi. 2006;14(2): 599-616.
- [6] Uydacı M. Yeşil pazarlama. Türkmen yayınevi. İstanbul; 2017.

- [7] Kim Y, Choi S.M. Antecedents of green purchase behaviour: An examination of collectivism, environmental concern and PCE. *Advances in customer research*. 2005; 35: 592-599.
- [8] Anonim. http://www.mfa.gov.tr/i_-temel-cevre-sorunlari.tr.mfa (Erişim tarihi: 06.04.2020)
- [9] Hayta A.B. Çevre kirliliğinin önlenmesinde ailenin yeri ve önemi. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir eğitim fakültesi dergisi (KEFAD)*. 2006; 7(2): 359-376.
- [10] Anonim. <https://www.bbc.com/turkce/haberler-dunya-48851661> (Erişim tarihi: 08.04.2020).
- [11] Anonim. https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/editoridosya/Geri_Kazanim_ve_Biz.pdf (Erişim tarihi: 10.04.2020).
- [12] Anonim. <https://www.netpakambalaj.com/tr/ulkemizde-geridonusum-h-38> (Erişim tarihi: 08.04.2020).
- [13] Anonim. <https://www.netpakambalaj.com/tr/geridonusum-konusunda-en-basarili-ulkeler-h-37> (Erişim tarihi: 08.04.2020)
- [14] Anonim 2018. TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, Dünya Çevre Günü Türkiye Raporu. https://www.cmo.org.tr/resimler/ekler/0d4a5b926c005a6_ek.pdf (Erişim tarihi: 14.09.2020).
- [15] Sawin J.L. enerji seçimlerini daha iyi yapmak. Ed. Assadourian vd., (çev. Ayşe Başçı Sander), *Dünyanın Durumu 2004*. Worldwatch Enstitüsü-TEMA Vakfı. İstanbul; 2004.
- [16] Aydın M, Deniz K. Atık yönetimde vergi politikasının rolü: Türkiye değerlendirmesi. *Yönetim bilimleri dergisi*, 2017; 15(30): 435-461.
- [17] Anonim. <https://cevreonline.com/atik-yonetimi/> (Erişim tarihi 13.03.2020).
- [18] Anonim 2015. Atık Yönetimi Yönetmeliği, Resmî Gazete. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/04/20150402-2.htm> (Erişim tarihi: 13.07.2020).
- [19] Anonim. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı 2023. https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/haberler/ulusal_at-k_yonet-m--eylem_plan--20180328154824.pdf (Erişim tarihi: 11.05.2020).
- [20] Anonim. <https://sifiratik.gov.tr/sifir-atik/sifir-atik-nedir> (Erişim tarihi 07.04.2020).
- [21] Miranda R, Blanco A. Environmental awareness and paper recycling. *Cellulose chemistry and technology*. 2010; 44(10): 431-449.
- [22] Vural H, Yılmaz S. Ortaokul Öğrencilerinin çevre ve doğa ile ilgili konularda bilgi ve davranış düzeylerinin belirlenmesi; Erzurum ili örneği. *Iğdır Üniversitesi fen bilimleri enstitüsü dergisi*. 2016, 6(1): 107-115.
- [23] Thogersen J, Olander F. The dynamic interaction of personal norms and environment-friendly buying behavior: A panel study. *Journal Of Applied Social Psychology*. 2006; 36(7): 1758-1780.
- [24] Anonim. <http://www.bingol.edu.tr/tr/universitemiz/genel/sayilarla-bingol-universitesi>. (Erişim tarihi: 06.03.2021).

- [25] Özdamar K. Modern bilimsel araştırma yöntemleri. Kaan kitapevi. Eskişehir; 2003.
- [26] George D, Mallery P. IBM SPSS statistics 26 Step by step, a simple guide and reference (E-Book). New York and London: Routledge, Taylor & Francis Group; 2020.
- [27] Uzun N, Sağlam N. Sosyo-ekonomik durumun çevre bilinci ve çevre akademik başarısı üzerindeki etkisi. Hacettepe Üniversitesi eğitim fakültesi dergisi (H. U. Journal of Education). 2005; 29: 194-202.
- [28] Tufaner F. Geri dönüşebilir atıkların toplanması konusunda yapılan bilgilendirme çalışmalarının toplama verimine katkısının araştırılması. İklim değişikliği ve çevre. 2019; 4 (1): 33–40.
- [29] Jekria N, Daud S. Environmental concern and recycling behaviour. Procedia Economics and Finance. 2016; 35: 667 – 673.
- [30] Domina T, Koch K. Convenience and frequency of recycling: Implications for including textiles in curbside recycling programs. Environment and behavior. 2002; 34: 216–38.



Demir Noksanlığı Şartlarında Fasulye Çeşitlerinin Demir Beslenme Kabiliyetlerine Göre Gruplandırılması ve Çeşitlerin En İyi Demir Beslenme İndekslerinin Belirlenmesi

Ahmet KORKMAZ^{1*}, İlkay ÇOKA², Güney AKINOĞLU¹

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun, Türkiye

²Mersin Üniversitesi, Mustafa Baysan Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Mersin, Türkiye

Ahmet KORKMAZ ORCID No: 0000-0001-5595-0618

İlkay ÇOKA ORCID No: 0000-0001-8387-8457

Güney AKINOĞLU ORCID No: 0000-0003-4624-2876

*Sorumlu yazar: guney_akinoglu@gmail.com

(Alınış: 06.04.2021, Kabul: 25.05.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Anahtar Kelimeler

Fasulye çeşitleri,
Aktif demir,
Demir noksanlığına dayanıklılık,
Ferrik redüktaz aktivitesi,
Klorofil

Öz: Bu çalışmanın amacı, demir noksanlığı şartlarında fasulye çeşitlerinin demir beslenme kabiliyetlerine göre gruplandırılması ve çeşitlerin en iyi demir beslenme indekslerinin belirlenmesidir. Çalışmada 15 fasulye çeşidi karşılaştırılmıştır. Fasulye çeşitlerine Fe-EDDHA formunda; a) Yetersiz (0,2 µM Fe), b) Yeterli (45 µM ve 100 µM Fe) konsantrasyonlarda demir içeren besin çözeltisi verilmiştir. 15×3 faktöriyel denemede muameleler 3 tekerrürlü uygulanmıştır. Demir beslenmeleri yönünden çeşitlerin karşılaştırılmasında bitki kuru madde miktarı, yaprakta klorofil, aktif demir kapsamları, ferrik redüktaz aktivitesi ve diğer bazı özellikler kullanılmıştır. Demir noksanlığı şartlarında demir beslenme özellikleri yönünden çeşitler 3 grup oluşturmuştur. 10 numaralı çeşit birinci grupta; 1, 5, 2, 11, 6, 3, 9 numaralı çeşitler ikinci grupta; 4, 12, 15, 13, 14, 7, 8 numaralı çeşitler ise üçüncü grupta yer almışlardır. Demir noksanlığı şartlarında Önceler (1 nolu çeşit) ve Eskfbud-7 (10 nolu çeşit), birbirinden en uzak çeşitlerdir. Önceler ve Eskfbud-7 çeşitlerinde demir noksanlığına tolerans indeks değerleri yeterli seviyeye göre (45 µM Fe) klorofil-a yönünden çeşit sırasıyla % 27,93 ve % 74,39; klorofil-b yönünden % 37,60 ve % 119,4; toplam klorofil yönünden % 131,31 ve % 97,2 bulunmuştur. Eskfbud-7 bodur fasulye çeşidinin demir noksanlığına daha dayanıklı bir çeşit olduğu sonucuna varılmıştır.

Determination of the Best Iron Nutrition Indexes of Bean Cultivars in Iron Deficiency Conditions and Grouping of Varieties According to These Indexes

Keywords

Bean varieties,
Active iron,
Resistance to iron deficiency,
Ferric reductase activity,
Chlorophyll

Abstract: The aim of this study is to group bean varieties according to their iron nutritional abilities under iron deficiency conditions and to determine the best iron nutritional index of the varieties. 15 bean varieties were compared in the study. Bean varieties in the form of Fe EDDHA; a) Insufficient (0.2 µM Fe), b) Sufficient (45 µM and 100 µM Fe) iron-containing nutrient solution was given. In the 15 × 3 factorial trial, the treatments were applied in 3 replications. In the comparison of the varieties in terms of iron nutrition, the amount of plant dry matter, chlorophyll in the leaf, active iron content, ferric reductase activity and some other properties were used. The varieties formed 3 groups in terms of iron nutritional properties under iron deficiency conditions. Number 10 is in the first group; Varieties with numbers 1, 5, 2, 11, 6, 3, 9 are in the second group; Varieties with numbers 4, 12, 15, 13, 14, 7, and 8 were in the third group. In iron deficiency conditions, Önceler (variety number 1) and Eskfbud-7 (variety number 10) bean varieties are the farthest from each other. The tolerance index values for iron deficiency in Önceler and Eskfbud-7 varieties were found to be 27,93 % and 74,39 %, respectively for chlorophyll-a; 37,60 % and 119,4 % for chlorophyll-b; 131,31 % and 97,2 % for total chlorophyll according to the sufficient level (45 µM Fe). It was concluded that Eskfbud-7 bean variety is more resistant to iron deficiency.

1. GİRİŞ

Demir noksanlığı, bitkisel üretimde önemli mikro element noksanlık problemidir. Demir noksanlığının düzeltilmesi masraflı bir yoldur. Diğer taraftan demir eksikliği özellikle gelişmekte olan ülkelerde hayvan ve insan sağlığında önemli bir beslenme sorunu oluşturmaktadır. İnsanlarda demir noksanlığının yaygın bir şekilde görülmesinin başlıca sebeplerinden biri demir kapsamı düşük bitkisel gıdaların tüketimine atfedilmektedir. Bitkilerde demir noksanlığının nedeni toprakta mutlak eksikliğe ilave olarak demir çözünürlüğünü azaltan bazı toprak özellikleridir. Ayrıca, demir noksanlığının nedenleri arasında bitki köklerinin genetik olarak demir alımında etkin bir özelliğe sahip olmamasıdır.

Baklagil bitkilerinde demir, hem konukçu hem de kök nodül bakterilerin gelişmesi için temel bir besin elementidir. Demir konukçu bitkide fotosentezde, solunumda, klorofil oluşumunda, karotenoid sentezinde, DNA sentezinde, protein sentezinde ve nitrat azotunun amonyağa indirgenmesinde büyük bir öneme sahiptir [1].

Baklagil bitkilerinde demir azot fiksasyonunda esansiyel bir elementtir. Baklagil *Rhizobia* simbiyosisi özellikle demir noksanlığına hassastır. Baklagillerde nodüllerle azot fiksasyonu ve bitkinin demir noksanlığı durumunda gösterdiği respons H^+ üreten sistemler olup bu fizyolojik olaylarının biri diğerinin aktivitesini interaksiyon şeklinde etkileyebileceği bildirilmiştir [1].

Demir baklagil yetiştirme ortamında bakterilerin sayısı, çoğalması, nodül oluşumu, nodül miktarı, nodül sayısı, nitrojenaz aktivitesini etkileyen öncelikli bir elementtir. Demir nodül içerisinde leghemoglobin oluşumunu ve nitrojenaz aktivitesini etkilemesi sebebiyle kritik öneme sahiptir [2]. Nodül içerisinde leghemoglobin oluşumu nodüllerin azot fiksasyonunda etkin olabilmesi için gereklidir. Ayrıca, leghemoglobin maddesi nitrojenazı oksijenin zararlı etkisinden korur. Bununla birlikte, nitrojenaz enziminde demir ve molibden vardır. Genel olarak biyolojik azot fiksasyonunda ihtiyaç duyulan maddeler şunlardır: 1- Nitrojenaz enziminin üretimi: Bakteri tarafından üretilen bu enzim demir ve molibden beslenmesinin iyi olmasını gerektirir. 2-Adenozin trifosfat: Bakteri tarafından solunumla sağlanır. 3-Nitrojenazı oksijenden koruyucu sistem: Leghemoglobin maddesinin yapılmasını gerektirir. Bu maddenin üretimi için demir beslenmesi iyi olmalıdır. Leghemoglobin oksijen difüzyonunu regüle eder. 4- H^+ iyonu gereklidir. Hidrojen iyonu bakteri tarafından solunumla sağlanır. 5- Oluşan amonyağın aminoasit oluşumunda kullanılması gereklidir [3].

O'Hara ve ark. [4], yeterli miktarda demirin baklada nodüllerin oluşumu için ve yerfıstığında nodüllerin gelişmesi için esansiyel bir element olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar yaptıkları çalışmada alkalın besin çözeltisinde demir stresi şartlarında yetiştirilen yer fıstığında *Bradyrhizobium* ırklarının bitkide nodül oluşturma etkinliklerinin farklı olduğu tespit etmişlerdir.

Demir alımında etkin fasulye çeşitlerinin seçiminde indeks değerler olarak demirce noksan ve yeterli ortamda yetiştirilen çeşitlerde yaprakların klorofil kapsamı, kloroz indeks değerleri, yaprakta aktif demir, kök ve yaprakta ferrik-redüktaz enzim aktivitesi, kök ortamında asitlik oluşturma kapasitesi dikkate alınmaktadır. Son çalışmalarda fasulye *Rhizobium* simbiyosusunda demirin önemi nedeniyle farklı fasulye çeşitlerinin köklerinde oluşan nodüllerde demir kapsamı da indeks olarak kullanılmıştır [5].

Ülkemizde demir eksikliği problemine genellikle pH değerleri yüksek olan kireçli topraklarda rastlanmaktadır. Eyüpoğlu ve Kurucu [6], yapmış oldukları bir çalışmada Türkiye tarım topraklarının % 27'sinde demir eksikliği görüldüğünü bildirmişlerdir. Topraklardaki yüksek pH ve kireçle beraber, bitkilerde demir klorozunun ortaya çıktığı ve Türkiye topraklarının büyük bir çoğunluğunun alkali reaksiyonlu topraklardan oluştuğu dikkate alınırsa demir noksanlığı sorununun büyüklüğü kolayca anlaşılabilir.

Özgümüş [7], demir noksanlığının önlenmesinde alınacak tedbirlerin önem sırasına göre aşağıdaki gibi olması gerektiği bildirmiştir: I-) Genetik kontrol, II-) Demir noksanlığına sebep olan toprak özelliklerinin iyileştirilmesi, III-) Demirli gübrelemedir. Genetik kontrol önlemlerin en önemlisidir. Demir noksanlığına sebep olan toprak özelliklerinin iyileştirilmesi ve demirli gübreleme çiftçiye ek masraflar getirir. Diğer yandan, demir noksanlık riski yüksek arazilerde bitkilerde demir noksanlığının görülmemesi için yapılabilecek en doğru ve kalıcı bir yaklaşım toprakta var olan demiri etkin bir şekilde kullanabilen genotiplerin seçilmesi ve böylece bu genotiplerin ıslah çalışmalarında demir eksikliğine toleransı yüksek yeni çeşitlerin geliştirilmesinde kullanılması olacaktır. Bu nedenle, demir noksanlık riski yüksek arazilerde demir klorozuna toleranslı genotipler toprakta alınmaz durumdaki demiri alınabilir forma geçiren bazı fizyolojik ve morfolojik adaptasyon mekanizmaları geliştirmişlerdir. Bu mekanizmalar neticesinde bu genotiplerin kökleri ile yeterli miktarda demir aldıkları belirtilmiştir. Demir noksanlık şartlarına adaptasyonda köklerin verdiği cevaplar bitki türleri arasında farklılık göstermektedir. Fasulye dahil Strateji-I bitkisi olarak adlandırılan bitkiler köklerinde morfolojik ve fizyolojik bazı değişiklikler oluşturarak demir noksanlığına adapte olmaya çalışırlar [8, 9, 10, 11]. Demir alımında kök yüzeylerinde Fe^{+3} 'ün Fe^{+2} 'ye indirgenmesi mutlak gerekli bir işlem olduğu belirtilmiştir [12, 13]. Marschner ve ark. [14] demir noksanlığı şartlarında Strateji-I bitkilerinin diğer bir özelliğinin ATP_{az} proton pompasıyla rizosferin asitliğini artırma olduğu ve bu özelliğinin rizosferde demirin çözünürlüğünü artırarak, bitkinin demir beslenmesine katkı sağladığını bildirmişlerdir.

Bu çalışmanın amacı, demir noksanlığı şartlarında fasulye çeşitlerinin demir beslenme kabiliyetlerine göre gruplandırılması ve çeşitlerin en iyi demir beslenme indekslerinin belirlenmesidir.

2. MATERYAL VE METOT

Çalışmada incelenen 15 farklı fasulye çeşidi T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Çalışmada incelenen 15 farklı fasulye çeşidinin isimleri aşağıda belirtilmiştir:

1-Önceler (Sırık), 2-Göynük (Bodur), 3-Eskfbud-2 (Sırık), 4- Ktakfbv.2(FÇ.113) (Bodur), 5 Safhat (Eskfbvd-6) (Bodur), 6 Yunus90 (bodur), 7-Eskfbud-11 (Sırık), 8-Eskfbvd-14 (Safhat) (Sırık), 9-Zülbiye(Bodur), 10-Eskfbud-7(Bodur), 11-Karalcaşehir 90 (Bodur), 12-Ada - 13-6-(Bodur), 13-Ktakfbvd-1(safhat) (Bodur), 14- Ktakfbvd-3(FÇ.304) (Bodur), 15-Eskfbvd-8-(safhat) (Bodur).

Denemede içeriği Hewitt [15] tarafından bildirilen ve pH'sı 6,0'a ayarlı aşağıdaki besin çözeltisi uygulanmıştır:

1,0 mM NH₄NO₃; 1,60 mM KH₂PO₄; 3,50 mM CaSO₄; 1,50 mM MgSO₄; 1,50 mM K₂SO₄; 4,0 µM H₃BO₃; 4,0 µM ZnSO₄; 4,0 µM MnSO₄; 0,12 µM (NH₄)₆Mo₇O₂₄

445 g kuvars kumu dolu saksılarda 15×3 (çeşit × demir dozu) şeklinde tesadüf parselleri deney deseninde faktöriyel deneme 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Fe-EDDHA formunda demir dozları, noksan (0,2 µM Fe), yeterli (45 µM Fe), yeterli (100 µM Fe) şeklinde uygulanmıştır.

Her saksıda bir fasulye bitkisi kalacak şekilde seyreltme yapılmıştır. Her saksıya makro ve mikro besin maddesi içeren besin çözeltisinden her gün 50'şer mL; yukarıdaki belirtilen konsantrasyonlarda hazırlanmış Fe-EDDHA çözeltisinde ise her doz için 30'ar mL uygulanmıştır. Fasulye çeşitleri 50 gün süreyle yetiştirilmiştir. Taze yaprakta yapılacak analizler için yaprak örneği alınmıştır. Bitkilerin toprak-üstü aksamaları 65 °C'ye ayarlı etüvde kurularak, kuru madde ağırlıkları belirlenmiştir [16].

Taze yapraklarda ferrik redüktaz aktivitesi Ojeda ve ark. [17] tarafından bildirilen metoda göre yapılmıştır.

Taze yaprak örneklerinde aktif demir belirlenmiştir. Bunun için taze yaprak örneği 1,0 N hidroklorik asit ile

ekstrakte edilmiş, süzükte aktif demir atomik absorpsiyon spektrofotometre ile belirlenmiştir [18].

Taze yaprak örneklerinde Arnon [19]; Witham ve ark. [20] tarafından bildirildiği şekilde klorofil-a, klorofil-b ve toplam klorofil tayini yapılmıştır.

Kacar ve İnal [16], tarafından bildirildiği gibi bitkide toplam azot, fosfor, potasyum ve demir belirlenmiştir. Ayrıca bitkilerin ortamdan kaldırdıkları toplam demir alımları hesap edilmiştir. Fasulye çeşitlerinde demir noksanlığı şartlarında oransal klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil, kuru madde ve aktif demir değerleri yüzde olarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

Oransal değerler, % = (A / B) x 100

Burada;

A: Demir noksanlığı şartlarında fasulye çeşitlerinde belirlenen klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil, kuru madde ve aktif demir kapsamları

B: 45 µM ya da 100 µM demir uygulaması şartlarında fasulye çeşitlerinde belirlenen klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil, kuru madde ve aktif demir kapsamları

Demir noksanlığı şartlarında demir beslenme indeksleri yönünden fasulye çeşitlerinin birbirlerine yakınlık ve uzaklıklarını belirlemek amacıyla Cluster (kümeleme) testi veya benzerlik testi uygulanmıştır. Cluster analizi JMP.5.0 istatistik paket programında Ward Yöntemi'ne göre yapılmıştır. Ayrıca demir beslenme indekslerinin ve diğer özelliklerin çeşitlere göre sınıflandırılması ve çeşitlerin bu indeks ve özelliklere göre değişimi ve çeşitlerin en iyi özelliklerini belirlemek amacıyla Biplot analizi yapılmıştır.

3. BULGULAR

3.1 Demir Noksanlığı Şartlarında Fasulye Çeşitlerinin Gruplandırılması, Yakınlık-Uzaklıkları ve En İyi Özellikleri

Demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen fasulye çeşitlerinde belirlenen demir beslenme özelliklerine ilişkin değerler Tablo 1'de verilmiştir. Ayrıca, demir noksanlığı şartlarında fasulye çeşitlerinde hesaplanan bu özelliklere ilişkin oransal değerler Tablo 2 ve Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 1. Demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen fasulye çeşitlerinin demir beslenme durumlarını gösteren bazı özellikleri

Fasulye çeşit no	Kuru madde, gKM/bitki	Klorofil a,mg/gTM	Klorofil b,mg/gTM	Toplam klorofil, mg/gTM	Aktif Fe, ppm	Yaprakta FRA, µmol/saat/g TM	Kök KDK, me/100gKM	Bitkide toplam N, %	Bitkide toplam P, %	Bitkide toplam K, %	Toplam demir kapsamı, ppm
1	7,09	0,25	0,18	0,43	20,73	27,94	7,84	2,4	0,69	2,32	158
2	6,1	0,33	0,23	0,55	14,27	3,66	7,88	2,35	0,67	2,86	139
3	6,43	0,46	0,3	0,76	17,56	27,7	6,01	2,82	0,78	2,72	212
4	10,7	0,36	0,19	0,54	17,53	41,74	6,02	2,25	0,65	2,07	144
5	9,02	0,26	0,17	0,43	21,53	90,7	8,88	2,3	0,58	2,28	159
6	8,48	0,32	0,18	0,49	15,33	353,46	8,06	2,38	0,47	2,53	145
7	5,1	0,51	0,25	0,76	22,06	41,86	6,99	2,56	0,55	2,28	145
8	4,7	0,37	0,2	0,58	17,06	72,46	9,47	2,35	0,53	2,08	113
9	3,9	0,29	0,21	0,5	35,46	40,69	6,04	2,21	0,75	2,75	225
10	5,1	0,49	0,53	1,02	23,9	136,23	7,92	2,49	0,62	2,35	199
11	4,29	0,33	0,19	0,53	18,13	56,78	9,23	2,49	0,52	2,4	136

12	5,06	0,37	0,19	0,57	20,5	32,78	6,45	2,14	0,63	1,69	166
13	5,26	0,32	0,25	0,57	20,7	122,74	5,62	1,61	0,59	2,16	144
14	5,21	0,44	0,23	0,67	26,7	94,04	6,2	1,77	0,5	2,02	138
15	4,96	0,43	0,19	0,62	16,83	102,39	6,91	2,13	0,44	1,78	141

Tablo 2. Demir noksanlığı şartlarında fasulye çeşitlerinde belirlenen bazı özelliklere ilişkin oransal değerler (45 µM yeterli demir dozuna göre)

Fasulye çeşit no	Oransal kuru madde, %	Oransal klorofil-a kapsamı, %	Oransal klorofil-b kapsamı, %	Oransal toplam klorofil kapsamı, %
1	96,80	27,93	37,60	31,31
2	89,61	42,88	39,32	40,25
3	112,54	54,04	56,10	55,39
4	106,30	49,92	42,02	46,55
5	110,73	27,68	31,19	29,20
6	107,79	43,49	45,46	46,57
7	92,45	60,11	42,47	52,61
8	78,22	32,75	29,65	35,54
9	88,54	34,86	49,50	39,94
10	124,47	74,39	119,40	97,25
11	92,11	26,06	33,48	28,41
12	108,45	43,99	40,84	42,89
13	94,81	43,31	55,37	47,43
14	96,82	54,04	49,68	52,53
15	93,94	46,65	39,21	43,56

Tablo 3. Demir noksanlığı şartlarında fasulye çeşitlerinde belirlenen bazı özelliklere ilişkin oransal değerler (100 µM yeterli demir dozuna göre)

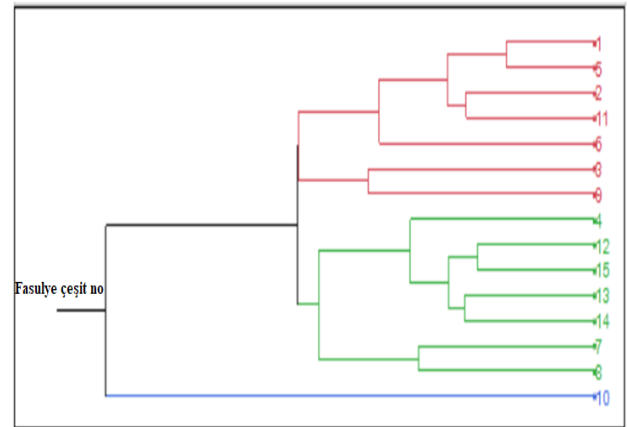
Fasulye çeşit no	Oransal kuru madde, %	Oransal klorofil-a kapsamı, %	Oransal klorofil-b kapsamı, %	Oransal toplam klorofil kapsamı, %	Oransal aktif demir kapsamı, %
1	97,34	34,36	46,19	38,51	101,67
2	85,96	42,3	51,27	44,56	95,87
3	125,27	47,81	58,48	51,62	71,97
4	132,35	53,99	44,47	50,29	89,46
5	99,26	38,42	40,89	39,17	90,58
6	103,11	42,86	41,57	42,43	77,2
7	71,23	52,99	45,78	50,34	44,32
8	41,96	48,8	52,42	54,12	68,61
9	100,35	38,3	56,5	44,53	97,47
10	90,55	65,68	133,73	89,23	67,82
11	94,83	31,98	40	34,53	94,67
12	85,51	45,96	47,58	46,39	104,05
13	111	39,99	54,91	45,32	88,62
14	111,79	58,62	55,29	54,96	108,74
15	98,71	40,75	38,36	42,91	83,4

Tablo 1 incelendiğinde, demir noksanlığı şartlarında en yüksek kuru madde miktarı 4 nolu çeşitte, en düşük kuru madde miktarı ise 9 nolu çeşitte görülmüştür. Yaprakta klorofil-a kapsamı en yüksek 7 nolu çeşitte, en düşük 1 nolu çeşitte; yaprakta klorofil-b kapsamı en yüksek 10 nolu çeşitte, en düşük 5 nolu çeşitte; yaprakta toplam klorofil kapsamı en yüksek 10 nolu çeşitte en düşük 1 ve 5 nolu çeşitlerde; yaprakta aktif demir kapsamı en yüksek 9 nolu çeşitte, en düşük 2 nolu çeşitte; kök katyon değişim kapasitesi en yüksek 8 nolu çeşitte, en düşük 13 nolu çeşitte; yaprakta ferrik redüktaz aktivitesi en yüksek 6 nolu çeşitte, en düşük 2 nolu çeşitte elde edilmiştir. Aynı şekilde, demir noksanlığı şartlarında bitkide azot kapsamı en yüksek 3 nolu çeşitte en düşük 13 nolu çeşitte; fosfor kapsamı en yüksek 3 nolu çeşitte, en düşük 15 nolu çeşitte; potasyum kapsamı en yüksek 2 nolu çeşitte, en düşük 12 nolu çeşitte; toplam demir

kapsamı en yüksek 9 nolu çeşitte, en düşük 8 nolu çeşitte görülmüştür.

45 µM demir çözeltisi verilerek yetiştirilen demir beslenmesi yeterli bitkilere göre demir noksanlığı şartlarında yaprakta oransal klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil en yüksek 10 nolu çeşitte elde edilmiştir. Oransal klorofil-a ve toplam klorofil en düşük 11 nolu çeşitte; oransal klorofil-b ise en düşük 8 nolu çeşitte tespit edilmiştir. Oransal kuru madde miktarı ise en yüksek 4 nolu çeşitte; en düşük 8 nolu çeşitte tespit edilmiştir. Aynı şekilde, 100 µM demir çözeltisi verilerek yetiştirilen demir beslenmesi yeterli bitkilere göre demir noksanlığı şartlarında oransal kuru madde miktarı, oransal aktif demir, oransal klorofil-a, oransal klorofil-b, oransal toplam klorofil kapsamı en yüksek 10 nolu çeşitte görülmüştür. Demir noksanlığı şartlarında en düşük oransal kuru madde miktarı 8 nolu çeşitte; oransal aktif demir 7 nolu çeşitte; oransal klorofil-a 11 nolu çeşitte; oransal klorofil-b ise 15 nolu çeşitte; oransal toplam klorofil 11 nolu çeşitte tespit edilmiştir.

Demir noksanlığı şartlarında belirlenen özellikler bakımından 10 nolu çeşidin tamamen farklı bir grupta yer aldığı, 1,5, 2, 11, 6, 3 ve 9 nolu çeşitlerin ikinci grupta; 4, 12, 15, 13, 14, 7 ve 8 nolu çeşitlerin ise üçüncü grupta yer aldığı görülmüştür (Şekil 1).



Şekil 1. Demir noksanlığı şartlarında fasulye çeşitlerinin demir beslenme indeksleri ve diğer özelliklerine göre gruplandırılması

Fasulye çeşitlerin yakınlık uzaklık değerleri Tablo 4'te verilmiştir.

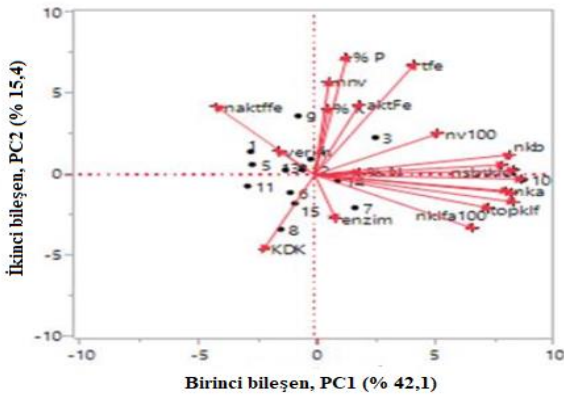
Tablo 4. Demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen fasulye çeşitlerinin demir beslenme indeks değerleri dikkate alınarak belirlenen yakınlık-uzaklık değerleri

Grup sayıları	Grup içi yakınlık değeri	Grup Elemanları	
14	1,701	1	5
13	2,256	12	15
12	2,472	2	11
11	2,508	13	14
10	2,821	12	13
9	2,831	1	2
8	3,384	7	8

7	3,553	4	12
6	4,155	1	6
5	4,363	3	9
4	5,329	4	7
3	5,719	1	3
2	5,740	1	4
1	9,445	1	10

Tablo 4'ün incelenmesinden de görüleceği gibi demir noksanlığı şartlarında 1 ve 5 nolu çeşitlerin birbirine en yakın; 1 ve 10 nolu çeşitlerin ise birbirine en uzak çeşitler olduğu tespit edilmiştir.

Fe noksanlığı şartlarında incelenen bazı özelliklere ilişkin ortalama değerler dikkate alınarak, özelliklerin çeşitlere göre sınıflandırılması ve çeşitlerin de incelenen özelliklere göre değişimi Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Demir noksanlığı şartlarında çeşitlerin gruplandırılması ve bu çeşitlerin en iyi demir beslenme özellikleri

Biplot Yöntemi ile yapılan analizde PC1 (1. ana bileşen) % 42,1, PC2 (2. ana bileşen) % 15,9, PC1 ve PC2'nin toplamı ise varyasyonun % 58'ini oluşturmuştur. Şekil 2'de görüldüğü gibi, çeşitlere göre incelenen özellikler ve çeşitlerin dağılımları farklılık göstermiştir. Demir noksanlığı şartlarında yaprakta belirlenen ferrik redüktaz aktivitesi, oransal klorofil-a (100 µM Fe uygulamasında klorofil-a kapsamına göre), toplam klorofil, oransal klorofil-a (45 µM Fe uygulamasında klorofil-a kapsamına göre) ve oransal toplam klorofil (100 µM Fe uygulamasında toplam klorofil kapsamına göre) aynı grupta yer alırken, demir noksanlığı şartlarında bitkide belirlenen % N kapsamı, oransal toplam klorofil (45 µM Fe uygulamasında toplam klorofil kapsamına göre), oransal klorofil-b (45 µM Fe uygulamasında klorofil-b kapsamına göre), oransal kuru madde (100 µM Fe uygulamasında elde edilen kuru maddeye göre), yaprakta aktif Fe, toplam Fe, % K, % P kapsamları ve oransal kuru madde miktarı (45 µM Fe uygulamasında elde edilen kuru madde miktarına göre) gibi özellikler de kendi içerisinde aynı grupta yer almışlardır. Demir noksanlığı şartlarında belirlenen oransal aktif demir (45 µM Fe uygulamasında yaprakta aktif demir kapsamına göre) ve kuru madde miktarı aynı grupta toplanırken; kök katyon değişim kapasitesi (KKDK) farklı bir grupta toplanmıştır.

Araştırmada incelenen 1, 4, 5, 9, 12 ve 13 numaralı çeşitlerin demir noksanlığı şartlarında oransal aktif Fe

(45 µM Fe uygulamasında yaprakta aktif demir kapsamına göre) ve kuru madde miktarları bakımından iyi çeşitler oldukları belirlenmiştir. Aynı şekilde, demir noksanlığı şartlarında 6, 8, 11 ve 15 numaralı çeşitler ise KKDK yönünden iyi çeşitler oldukları belirlenmiştir. Demir noksanlığı şartlarında 7, 10 ve 14 numaralı çeşitlerin yaprakta ferrik redüktaz aktivitesi, oransal klorofil-a (100 µM Fe uygulamasına göre), toplam klorofil, oransal klorofil-a (45 µM Fe uygulamasında klorofil-a kapsamına göre) ve oransal toplam klorofil (100 µM Fe uygulamasına göre) yönünden iyi çeşitler oldukları belirlenmiştir. Demir noksanlığı şartlarında 3 numaralı çeşidin ise incelenen diğer özellikler yönünden bitkide % N kapsamı, yaprakta oransal toplam klorofil (45 µM Fe uygulamasında toplam klorofil kapsamına göre), oransal klorofil-b, (45 µM Fe uygulamasında klorofil-b kapsamına göre), oransal kuru madde miktarı (100 µM Fe uygulamasına göre), yaprakta aktif Fe, toplam Fe, % K, % P kapsamları ve oransal kuru madde miktarının (45 µM Fe uygulamasında elde edilen kuru madde miktarına göre) iyi olduğu belirlenmiştir.

İkinci grubun çeşitleri arasında klorofil-a kapsamı yönünden en yüksek çeşit 3 nolu çeşit; en düşük çeşit ise 1 nolu çeşit bulunmuştur. Üçüncü grubun çeşitleri arasında en yüksek klorofil-a kapsamı 7 nolu çeşitte; en düşük klorofil-a kapsamı ise 13 nolu çeşitte bulunmuştur. Toplam klorofil kapsamı yönünden ise ikinci grubun en yüksek çeşidi 3 nolu çeşit, en düşük çeşidi 1 ve 5 nolu çeşitler olmuştur. Üçüncü grubun çeşitleri arasında toplam klorofil kapsamı yönünden en yüksek çeşit 7 nolu çeşit, en düşük çeşit ise 4 nolu çeşit bulunmuştur. Aktif demir kapsamı yönünden ikinci grubun en yüksek çeşidi 9 nolu çeşit, üçüncü grubun en yüksek çeşidi ise 14 nolu çeşit bulunmuştur. Bitkilerin demir beslenme durumlarının belirlenmesinde toplam demirin iyi bir ölçü olmadığı belirtilmiştir [21]. Bu nedenle klorofil oluşumunda sorumlu olan aktif demir, demir noksanlığının tespitinde daha kullanılabilir bir ölçüt olduğu belirtilmiştir [22].

Yaprakta ferrik redüktaz aktivitesi yönünden ikinci grubun en yüksek çeşidi 6 nolu çeşit, üçüncü grubun en yüksek çeşidi ise 13 nolu çeşit bulunmuştur. Oransal toplam klorofil yönünden ikinci grupta en yüksek değeri 3 nolu çeşit, üçüncü grupta ise 14 nolu çeşit sağlamıştır.

Demir noksanlığı şartlarında klorofil-a kapsamı birbirine en uzak 1 ve 10 nolu çeşitlerde sırası ile 0,25 mg/g taze madde (TM) ve 0,49 mg/g TM bulunmuş; klorofil-b kapsamı sırasıyla 0,18 mg/g TM ve 0,53 mg/g TM; toplam klorofil kapsamı sırasıyla 0,43 mg/g TM ve 1,02 mg/g TM; aktif demir kapsamı sırasıyla 20,73 ppm ve 23,90 ppm bulunmuştur. Demir noksanlığına tolerans indeks değerleri (45 µM demir çözeltisiyle beslenen bitkilere göre) klorofil-a yönünden birbirine en uzak 1 ve 10 nolu çeşitlerde sırasıyla % 27,93 ve % 74,39; klorofil-b yönünden sırası ile % 37,60 ve % 119,4; toplam klorofil yönünden sırasıyla % 131,31 ve % 97,2 bulunmuştur. Buna göre incelenen özellikler bakımından demir noksanlığı şartlarında 10 nolu çeşit en uygun çeşit olarak önerilebilir. Ayrıca birbirine en uzak 1 ve 10 nolu çeşitlerde yaprakta ferrik redüktaz aktivitesi demir

noksanlığı şartlarında sırasıyla 27,94 µmol/saat/g TM ve 136,23 µmol/saat/g TM bulunmuştur. Slatni ve ark. [23] demir noksanlığına dayanıklı Flamingo fasulye çeşidinde ferrik redüktaz aktivitesinin hassas çeşit olan Coco Blanc'a göre daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Demirli gübrelemeye 1 ve 10 nolu çeşitler kuru madde miktarı bakımından respons vermemişlerdir. Fakat klorofil-a, klorofil-b ve toplam klorofil kapsamı bakımından 1 nolu çeşit demirli gübrelemeye respons göstererek demirli gübreleme sonucu klorofil-a, klorofil-b ve toplam klorofil 1 nolu çeşitte artış göstermiştir. Buna karşın 10 nolu çeşitte demirli gübrelemenin klorofil-a, klorofil-b ve toplam klorofil kapsamına etkisi önemsiz bulunmuştur. Slatni ve ark. [23], demir noksanlığına toleranslı Flamingo fasulye çeşidinin demir noksanlığına hassas Coco Blanc fasulye çeşidine göre demir noksanlığı şartlarında klorofil kapsamının daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar demir noksanlığına toleranslı Flamingo fasulye çeşidinde demir noksanlığı şartlarında klorofil kapsamının demirce yeterli şartlara göre % 34 azaldığını, demir noksanlığına hassas Coco Blanc fasulye çeşidinde ise klorofil kapsamının demirce yeterli şartlara göre % 76 azaldığını bildirmişlerdir. Diğer bir ifadeyle, araştırmacılar Coco Blanc fasulye çeşidinde klorofil kapsamının demirli gübrelemenin etkisiyle Flamingo fasulye çeşidine göre daha fazla arttığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar Flamingo fasulye çeşidinde demir noksanlığı şartlarında toplam biokütlelerin % 27 oranında azaldığını, Coco Blanc fasulye çeşidinde ise % 50 oranında azaldığını da bildirmişlerdir. Klorofil ve karotenoidin biyosentezinde demirin gerekliliği belirtilmiştir [24, 25, 26]. Bitkiye demirin yarayışlılığının ortaya konulmasında klorofil biyosentezinin iyi bir indikatör olduğu, demirin yeterince alınmadığı durumlarda bitkilerin yapraklarında klorofil sentezinin inhibe edildiği belirtilmiştir [27]. Marschner [28], demir her ne kadar klorofil molekülünün yapısına girmiyorsa da klorofilin bitkideki sentezinde önemli rol oynadığını bildirmiştir. Gelişme parametreleri ve yaprak klorofil kapsamının çeşit ve demirin alınabilirliğine bağlı olarak farklı etkilendi de bildirilmiştir [29].

4. SONUÇ

Fasulye yetiştiriciliğinde demir noksanlığının önlenmesinde genetik kontrolün, diğer bir ifadeyle çeşit seçiminin önemli olduğu sonucuna varılmıştır. Demir noksanlığı şartlarında fasulye çeşitlerinin demir beslenme kabiliyetlerinin farklı olduğu görülmüştür.

Demir beslenme kabiliyetleri yönünden demir noksanlığı şartlarında 10 nolu çeşit tamamen farklı grupta yer alırken, 1, 5, 2, 11, 6, 3 ve 9 nolu çeşitler farklı grupta (2.Grup); 4, 12, 15, 13, 14, 7 ve 8 nolu çeşitler ise başka grupta (3. Grup) kümelenebilir.

Buna göre incelenen özellikler bakımından demir noksanlığı şartlarında 10 nolu çeşit (Eskfbud-7,bodur) en uygun çeşit bulunmuştur. Demirli gübrelemeye 1 ve 10 nolu çeşitler verim bakımından cevap vermemişlerdir. Fakat klorofil-a ve klorofil-b ve toplam klorofil kapsamı bakımından 1 nolu çeşit demirli gübrelemeye cevap

göstererek demirli gübreleme sonucu 1 nolu çeşitte klorofil-a, klorofil-b ve toplam klorofil artış göstermiş; buna karşın 10 nolu çeşitte demirli gübrelemenin klorofil-a, klorofil-b ve toplam klorofil kapsamına etkisi önemsiz bulunmuştur. İncelenen özellikler bakımından en iyi çeşidin 10 nolu çeşit olmakla birlikte, 3 nolu (Eskfbud-2, sıvık), ve 7 nolu (Eskfbud-11, sıvık) çeşitlerin de demir noksanlığı şartlarında iyi çeşitler olduğu tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Tang CR, Obson AD. Lupinus species differ in their requirements for iron. *Plant Soil*. 1993;157: 11-18.
- [2] Moreau S, Meyer JM, Puppo A. Uptake of iron by symbiosomes and bacteroids from soybean nodules. *FEBS Letters*. 1995;361: 225-228.
- [3] Hardarson G. Use of nuclear techniques in studies of soil-plant relationships. International Atomic Energy Agency, Vienna; 1990.
- [4] O'Hara GW, Dilworth MJ, Boonkerd N, Parkpion P. Iron deficiency specifically limits nodule development in peanut inoculated with *Bradyrhizobium sp.* *New Phytol*. 1988;108:51-57.
- [5] Krouma A, Drevon J, Abdelly C. Genotypic variation of N₂-fixing common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in response to iron deficiency. *Plant Physiol*. 2006;163(11):1094-1100.
- [6] Eyüpoğlu F, Kurucu N. Plant available trace iron, zinc, manganese and copper in Turkey soils, (ed. J. Ryan), In: Accomplishments and Future Challenges in Dryland Soil Fertility Research in the Mediterranean Area, ICARDA Book, 1997. p.191-196.
- [7] Özgümüş A. Bitkilerde demir klorozu. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 1987;6:117-128.
- [8] Römheld V. Different strategies for iron acquisition in higher plants. *Plant Physiol*. 1987;70:231:234.
- [9] Bavaresco L, Fregoni M, Frascini P. Investigations on iron uptake and reduction by excised roots of different grapevine rootstocks and a *Vitis vinifera* cultivar. *Plant Soil*. 1991;130:109-113.
- [10] Rombola AD, Bruggemann W, Lopez-Millan, AF, Tagliavini M, Abadia J, Marangoni B, Moog PR. Biochemical responses to iron deficiency in kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *Tree Physiol*. 2002;22:869-875.
- [11] Krouma A, Abdelly C. Importance of iron use efficiency in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) for iron chlorosis resistance. *J Plant Nutr. And Soil Sci*. 2003;4:525-528.
- [12] Chaney RL, Brown JC, Tiffin LO. Obligatory reduction of ferric chelates in iron uptake by soybeans. *Plant Physiol*. 1972;50:734-739.
- [13] Römheld V, Marschner H. Evidence for a specific uptake system for iron phytosiderophores in roots of grasses. *Plant Physiol*. 1986;80:175-180.

- [14] Marschner H, Römheld V, Kissel M. Different strategies in higher plants in mobilization and uptake of iron. *J Plant Nutr.* 1986;9:695-713.
- [15] Hewitt EJ. Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition; 1966.
- [16] Kacar B, İnal A. Bitki Analizleri, 1. Basım. Nobel Yayınları, Ankara; 2008.
- [17] Ojeda M, Schaffer B, Davies FS. Root and leaf ferric chelate reductase activity in pond apple and soursop. *J Plant Nutr.* 2004;27:1381-1393.
- [18] Takkar PN, Kaur NP. HCl method for Fe⁺² estimation to resolve iron chlorosis in plant. *J Plant Nutr.* 1984;7(1-5):81-90.
- [19] Arnon D. Copper enzymes in isolated chloroplast polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiol.* 1949;24:1-15.
- [20] Withan FH, Blaydes DF, Devlin RM. Experiments in Plant Physiology. Van Nostrand Reinhold Co., New York. 1971. p.55-58.
- [21] Chen Y, Barak P. Iron nutrition of plants in calcareous soils. *Adv. Agron.* 1982;35:217-240.
- [22] Lang HJ, Reed DW. Comparison of HCl extraction versus total iron analysis for iron tissue analysis for iron tissue analysis. *J Plant Nutr.* 1987;10 (7):107-116.
- [23] Slatni T, Krouma A, Gouia H, Abdely C. Importance of ferric chelate reductase activity and acidification capacity in root nodules of N₂-fixing common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) subjected to iron deficiency. *Symbiosis.* 2009;47: 35-42.
- [24] Morales F, Abadía A, Abadía J. Characterization of the xanthophyll cycle and other photosynthetic pigment changes induced by iron deficiency in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Plant Physiol.* 1990;94:607-613.
- [25] Terry N, Zayed AM. Physiology and biochemistry of leaves under iron deficiency. In: Iron nutrition in soils and plants, Abadía, J., ed. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. 1995. p. 283-294.
- [26] Thoirion S, Pascal N, Briat JF. Impact of iron deficiency and iron re-supply during the early stages of vegetative development in maize (*Zea mays* L.). *Plant Cell Environ.* 1997;20:1051-1060.
- [27] Lopez-Millan AF, Morales F, Abadía A, Abadía J. Changes induced by Fe deficiency and Fe resupply in the organic and metabolism of sugar beet (*Beta vulgaris*) leaves. *Physiol. Plant.* 2001;112:31-38.
- [28] Marschner H. Mineral nutrition of higher plants. Institute of Plant Nutrition University of Hohenheim Federal Republic of Germany. Academic Press; 2002.
- [29] Krouma A, Slatni T, Abdely C. Differential tolerance to lime-induced chlorosis of N₂-fixing common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) *Symbiosis.* 2008;46:137-143.



Kivi'de (*Actinidia chinensis*) Hasat Öncesi Bazı Bitki Büyüme Düzenleyici Uygulamaların Meyve Kalitesi Üzerine Etkileri

Umut BALIKÇI¹, Adnan N. YILDIRIM^{1*}, Selçuk BİNİCİ¹

¹ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Merkez, Isparta¹

Umut BALIKÇI ORCID No: 0000-0001-7007-3780

Adnan Nurhan YILDIRIM ORCID No: 0000-0003-2526-040X

Selçuk BİNİCİ ORCID No: 0000-0002-2373-3990

*Sorumlu yazar: adnanyildirim@isparta.edu.tr

(Alınış: 28.04.2021, Kabul: 14.06.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Anahtar Kelimeler

Kivi,
Oksalik asit,
Giberellik asit,
Perlan,
CPPU,
IBA

Bu çalışma 2019 yılı vegetasyon döneminde Bartın ilinde bulunan, 12 yaşındaki Hayward kivi çeşidinde yürütülmüştür. Araştırmada 5 farklı bitki büyüme düzenleyicisinin (50 ppm CPPU, 20 ppm giberellik asit (GA₃), 196 ppm oksalik asit (OA), 25 ppm indol bütirik asit (IBA), ve 50 ppm Perlan) meyve kalitesi üzerine etkisi incelenmiştir. Çalışma sonucunda tüm uygulamaların meyve ağırlığı ve boyunu kontrole göre önemli düzeyde artırdığı saptanmıştır. Perlan, CPPU ve GA₃ uygulamaları kontrole göre meyve kalınlığını artırmıştır. Çalışmada en sert meyve etinin 8,93 N ile IBA uygulamasında elde edildiği, bunu 8,73 N ile OA uygulamasının takip ettiği belirlenmiştir. En düşük meyve eti sertliği değeri ise 7,37 N ile CPPU uygulamasında elde edilmiştir. GA₃, CPPU ve Perlan uygulamalarının kivilerde yeşil rengi olumlu yönde etkilediği saptanmıştır. Sonuçta Hayward kivi çeşidinde tüm uygulamaların meyve iriliğini artırdığı, en sert meyvelerin IBA uygulamalarında elde edildiği ve kivi için önem arz eden yeşil rengin GA₃ uygulamasında en iyi sonucu verdiği tespit edilmiştir.

The Effects of Some Plant Growth Regulator Treatments on Fruit Quality in Kivi (*Actinidia chinensis*)

Keywords

Kivi,
Oxalic acid,
Gibberellic acid,
Perlan,
CPPU,
IBA

Abstract: This study was carried out 12 years old Hayward kiwi cultivar in Bartın during the vegetation period in 2019. The effects of plant growth regulators (50 ppm CPPU, 20 ppm gibberellic acid (GA₃), 196 ppm oxalic acid (OA), 25 ppm indol butyric acid (IBA), and 50 ppm Perlan) on fruit quality was investigated in the study. At the end of the study it was determined that all treatments increased fruit weight and size significantly as compared to the control ($p \leq 0,05$). Perlan, CPPU and GA₃ treatments significantly increased fruit thickness. In the study, it was determined that the hardest fruits were obtained from IBA treatment with 8,93 N followed by OA treatment with 8,73 N. The lowest fruit firmness value was obtained from CPPU treatment with 7,37 N. It was determined that GA₃, CPPU and perlan treatments positively affected green color in kiwi. As a result, it was determined that all treatments increased fruit size in Hayward kiwi cultivar, the hardest fruits were obtained in IBA treatments and the green color, which is important for kiwi, gave the best result in GA₃ treatment.

1. GİRİŞ

Kivi (*Actinidia deliciosa*) Actinidiaceae familyası içerisinde *Actinidia* cinsine ait bir türdür. Sarılcı, tırmanıcı ve yaprağını döken bir meyve türü olmasının yanında iklimatik özellik göstermektedir. En çok bilinen dişi çeşitleri Hayward, Abbott, Bruno, Monty, Allison, Vincent erkek çeşit olarak ise Tomuri ve Matua'dır [1]. Türkiye' de kivi üretiminin neredeyse

tamamı Hayward çeşidi ile gerçekleştirilmektedir. Kivi çok besleyici ve biyoaktif bileşenler bakımından zengin bir meyve türüdür. Özellikle C vitamini, mineraller (Na, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Cu, Zn) bakımından zengindir. İçerisinde bulunan organik hidroksitler vücudun asit-baz dengesinde yer almaktadır. Besleyici ve tıbbi özelliklerinden dolayı kivi kolesterol, romatizma, sindirim sistemi gibi sağlık sorunlarının tedavisinde kullanılmaktadır [2].

Kivi ile ilgili araştırmalar ve adaptasyon çalışmalarına Türkiye’de 1988 yılında Yalova Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü’nde başlanmıştır. Ülkemizin farklı bölgelerinde yürütülen adaptasyon çalışmaları sonucunda Karadeniz, Marmara, Akdeniz ve Ege bölgelerinin kivi yetiştiriciliğine uygun olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmalar sonucunda Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi’nin ekolojik istekler bakımından kivi yetiştiriciliği için daha uygun olduğu saptanmıştır [3].

Dünya kivi üretimi yıllara göre dikkate alındığında çok hızlı bir gelişim gösterdiği görülmektedir. 1990’da sadece 843 011 ton olan dünya kivi üretimi 10 yılda %124 oranında artış göstermiş 2000 yılında 1 888 255 tona, 2000 yılından sonra üretim %50 oranında artış göstererek 2010 yılında 2 837 310 tona ve günümüzde ise üretim %53 oranında bir artışla 4 348 011 tona ulaşmıştır. Dünya’da ilk sırayı 2 196 727 ton üretim ile Çin (% 33,80) gerçekleştirirken bunu sırasıyla 558 191 ton ile Yeni Zelande (% 8,54) ve 524 490 ton ile İtalya (% 8,07) takip etmektedir [4] Türkiye 73 745 ton üretimi (%1,13) ile dünyada yedinci sırada yer almaktadır. Ülkemizde en fazla kivi üretimi 28 416 ton ile Yalova ilinde gerçekleştirilmektedir [5].

Kivinin içerdiği vitamin ve mineral maddelerin yüksek olması, antioksidan, antikanserijen, antimutajenik ve antimikrobiyal etkilerinin anlaşılmasıyla son yıllarda ülkemizde üretimde hızlı bir artış meydana gelmektedir. Dolayısıyla buna paralel olarak tüketim de yaygınlaşmaktadır. Ancak kivi üretiminde kalite açısından çeşitli sorunlar yaşanmaktadır. . Bu nedenle pazarlamada ciddi sorunlar oluşabilmektedir [6]. Kivi meyvesinde irilik tozlaşma, anthesis periyodu, tomurcuk ve meyve yükü, meyve/yaprak oranı, sürgün tipi, fotosentetik aktivite ve kültürel uygulamalar gibi faktörlerden çok fazla etkilenmektedir [7]. Bu faktörlere dışarıdan bitki büyüme düzenleyiciler kullanarak müdahale etmek mümkün olmaktadır. Bitki büyüme düzenleyiciler aynı zamanda verim ve kaliteyi arttırmakta, bitkilerin hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılığını arttırarak daha iyi depolanmasını

sağlamakta ve ürünlerin ihracat olanaklarını da arttırmaktadır [8]. Bunun yanı sıra kaliteli meyve üretimi, ekoloji, fidan seçimi, budama, seyreltme, sulama ve gübreleme gibi faktörler de etkili olabilmektedir.

Çoğu meyve türünde meyve kalitesini etkileyen önemli faktörlerden birisi de bitki büyüme düzenleyicilerinin kullanılmasıdır. Bitki büyüme düzenleyicilerinin kullanımı bitkilerin büyüme ve gelişmesinde oldukça önemli bir yere sahiptir. Bu amaçla oksin, sitokinin, giberellinler, absisik asit, etilen, salisilik asit yanında jasmonatlar da kullanılmaktadır [9]. Yapılan araştırmalarda N-(2-chloro-4-pyridyl)-N'-phenylurea (CPPU), oksalik asit, Perlan, oksin, giberellik asit gibi uygulamaların meyve iriliği ve ağırlığını, meyvelerde biyoaktif bileşik içerikleri ile antioksidan kapasitelerini artırdığı, meyvelerde depolama ve raf ömrünü uzattığı, özellikle bazı hastalıklara karşı meyveleri koruduğu (Botrytis cinerea) bildirilmiştir [10], [11], [12]. Araştırmamızda Hayward kivi çeşidinde hasat öncesi giberellik asit (GA3), oksalik asit (OA), indolbütirik asit (IBA), N-(2-chloro-4-pyridyl)-N'-phenylurea (CPPU) ve Perlan uygulamalarının etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışma 2019 yılı vegetasyon döneminde Bartın ilinde bulunan özel bir şirkete ait 12 yaşındaki kivi bahçesinde yürütülmüştür. Çalışmada dünyada en fazla yetiştiriciliği yapılan Hayward kivi çeşidi kullanılmıştır. Araştırmanın yürütüldüğü kivi bahçesinde ağaçlar 5 x 2.5 m mesafelerde dikilmiştir. Omcalarda 15-20 adet sürgün kalacak şekilde budama yaptıktan sonra sürgünlerin üzerinde 20 adet göz olacak şekilde uç alma işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra yeterli uzunluğa gelen sürgünler tellere alınmıştır. Böylelikle omcalarda kış budama işlemi gerçekleştirilmiştir. Ağaçlar mini sprink sulama sistemi ile sulanmıştır. Araştırma yapılan bahçenin toprak özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Toprak analizine ait sonuçlar

Analiz Parametreleri	Birim	Metodlar	Analiz sonucu	Değerlendirme
Ph	..	Saturasyon	7,7	Hafif Alkalin
Kireç	(%)	Kalsimetrik	11,5	Kireçli
Tuz	(%)	Saturasyon	0,045	Tuzsuz
Doğunluk	(%)	Saturasyon	98	Kil
Organik madde	(%)	TS 8336	2,82	Orta
Toplam N	(%)	Kjeldahl	0,103	Yeterli
Bitkiye yarayışlı P	kg P2O5/da	İşletme İçi metot -"SOP/T-13 Rev. No:04"	11,42	Az
Bitkiye yarayışlı K	kg P2O5/da	A.Asetat-ICP	73	Yeterli
Ekstrakte Edilebilir Ca	kg P2O5/da	A.Asetat-ICP	2136,8	Fazla
Ekstrakte Edilebilir Mg	kg P2O5/da	A.Asetat-ICP	116,9	Yeterli
Bitkiye Yarayışlı Fe	(ppm)	DTPA-ICP	7,68	Yeterli
Bitkiye Yarayışlı Mn	(ppm)	DTPA-ICP	1,53	Orta
Bitkiye Yarayışlı Zn	(ppm)	DTPA-ICP	0,97	Yeterli
Bitkiye Yarayışlı Cu	(ppm)	DTPA-ICP	1,7	Fazla

Denemenin kurulduğu kivi bahçesinde toprak analiz sonuçlarına göre standart gübreleme ve sulama işlemleri yapılmıştır. Araştırmada bitki büyüme düzenleyicilerin uygulama dozları ile uygulama zamanları Tablo 2’de verilmiştir. Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine

göre 3 tekerrür ve her tekerrürde 3 omca olacak şekilde planlanmıştır.

Tablo 2. Araştırmada yapılan uygulamalar, uygulama dozları ve uygulama zamanları

Uygulamalar	Uygulama dozu	Uygulama zamanı
Kontrol	Saf su	Uygulamalar ile birlikte
CPPU	50 ppm	Tam çiçeklenmeden 5 hafta sonra
IBA	25 ppm	Tam çiçeklenmeden 6 hafta sonra
Perlan	50 ppm	Tam çiçeklenmeden 6 hafta sonra
GA ₃	20 ppm	Hasattan 6 hafta önce
OA	196 ppm	Hasattan 6 hafta önce

Omcaların farklı yönlerinden hasat edilen 10 adet meyvenin eni (mm) ve kalınlığı (mm) 0,01 mm hassasiyete sahip dijital kumpas yardımıyla ölçülmüştür. Meyve boyu (mm) ise sap ile burun bölgesini ifade eden iki kutup noktası arasının digital kumpas yardımıyla ölçülmesi ile belirlenmiştir. Meyve ağırlığı hassas terazi (0,001g- Shinko Denshi, Japan) yardımıyla ölçülüp sonuçlar g cinsinden verilmiştir. Meyve eti sertliği meyvenin ekvatorial bölgesinden el penetrometresi yardımıyla silindirik uç (4 mm) kullanılarak ölçülmüştür. Sonuçlar Newton (N) cinsinden belirlenmiştir. Meyvelerin kabuk rengi değerleri, MİNOLTA CR-400 renk ölçer cihazı ile meyvelerin iki tarafından ölçülüp, L*, a* ve b* renk değerleri cinsinden belirlenmiştir. Renk ölçümleri elde edilen iki değerlerin ortalaması alınarak renk skalasına göre değerlendirilmiştir [13,14]. Elde edilen veriler MİNİTAB paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuştur. Önemli çıkan ortalamalar arasındaki farklılık TUKEY çoklu karşılaştırma testine (p<0.05) göre belirlenmiş ve ortalamalar arasındaki farklılıklar farklı harfler yardımı ile ifade edilmiştir.

3. BULGULAR

Araştırmada Hayward kivi çeşidine ppm CPPU, 20 ppm GA₃, 196 ppm OA, 25 ppm IBA, ve 50 ppm Perlan uygulamaları yapılmış ve sonuçlar Tablo 3 ve Tablo 4'te sunulmuştur. Meyve eni haricindeki bazı meyve kalite parametreleri (meyve ağırlığı, kalınlığı, boyu ve meyve eti sertliği) bakımından uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Tablo 3). Çalışmada tüm uygulamaların meyve ağırlığını kontrole kıyasla önemli düzeyde arttırdığı saptanmıştır. En yüksek meyve ağırlığı 104,52 g ile GA₃ uygulamasında elde edilmiş, bunu sırasıyla 96,58 g ile Oksalik asit ve 93,61 g ile CPPU uygulaması izlemiştir. En düşük meyve ağırlığı ise 84,82 g ile kontrol uygulamasında saptanmıştır. GA₃ uygulamasında elde edilen artış kontrol uygulamasına göre yaklaşık %23,20 düzeyinde

gerçekleşmiştir. Nitekim Ozga ve Reinecke [15] hasat öncesi büyümeyi düzenleyicilerin meyve iriliğini artırdığını rapor etmiştir. Yine büyümeyi düzenleyicilerin kivi, üzüm, kiraz, elma ve armut gibi değişik meyve türlerinde meyve ağırlığını kontrole göre arttırıcı etkisinin olduğu diğer araştırmacılar tarafından bildirilmektedir [12, 16, 17, ve 19]. Uygulamaların meyve eni üzerine etkisi incelendiğinde, istatistiki olarak bir fark bulunmamasına rağmen CPPU uygulamasının ön plana çıktığı görülmektedir. Meyve kalınlığı değerlendirildiğinde Perlan, CPPU ve GA₃ uygulamaları arasında istatistik olarak bir fark görülmezken diğer uygulamalara göre %5 düzeyinde önemli farklılık tespit edilmiştir. Meyve kalınlığı en yüksek 46,18 mm ile Perlan uygulamasında, en düşük ise 41,84 mm ile IBA uygulamasında saptanmıştır. Tüm meyvelerin kontrol meyvelerine kıyasla daha uzun olduğu belirlenmiştir. Meyve boyu en yüksek (70,52 mm) GA₃ uygulamasında elde edilirken, en düşük (63,19 mm) kontrol ve (63,99 mm) IBA uygulamalarında tespit edilmiştir. Kontrol ile karşılaştırıldığında GA₃ uygulaması, meyve boyu üzerinde %10,76 oranında bir artış sağlamıştır. Bu durum, hızlı hücre bölünmesi ve büyümesi nedeniyle meyve boyutunun artması, burada daha fazla şeker ve suyun birikmesi ile açıklamak mümkün olabilecektir. Sonuçlar önceki çalışmalar ile uyum göstermektedir [20] ve [21]. IBA uygulaması hariç diğer tüm uygulamalar kontrole göre meyve boyu ve kalınlığını artırarak meyve iriliğini arttırmıştır [16]. CPPU uygulamasının meyve kalınlığının yanısıra meyve uzunluğunu arttırdığı da ifade edilmiştir. [17], Aynı araştırmacılar üzümde GA₃ ve CPPU uygulamalarının meyve boyutlarını üzerine olumlu etkisi olduğunu belirtmişlerdir. IBA uygulamasının ise etkisinin daha az olduğu görülmüştür. Yukarıdaki çalışmalarda genel olarak büyümeyi düzenleyici madde uygulamalarının meyve iriliğini arttırdığı ifade edilmekle birlikte, bu çalışmada CPPU, GA₃, Perlan ve OA uygulamalarının meyve iriliği üzerine pozitif bir etkisi olduğu düşünülmektedir. Kivilerde hücre bölünmesi tam çiçeklenme ile başlayıp 3-4 hafta sürmektedir [22]. Ancak çalışmada IBA uygulaması tam çiçeklenmeden 6 hafta sonra uygulanmıştır. Bu nedenle IBA uygulaması yapılan ağaçlarda kivi meyve iriliğini fazla artmamıştır. Bundan dolayı IBA uygulamalarının uygulama zamanları bakımından değerlendirildiğinde atım zamanının daha geç olduğu kanaatine varılmıştır.

Tablo 3. Uygulamaların meyve ağırlığı, eni, kalınlığı, boyu ve meyve eti sertliği üzerine etkisi

Uygulamalar	Meyve Ağırlığı (g)	Meyve eni (mm)	Meyve kalınlığı (mm)	Meyve Boyu (mm)	Meyve eti sertliği (N)
Kontrol	84,82 D	50,12	43,46 CD	63,19 C	7,76 AB
Perlan	92,52 BC	50,84	46,18 A	66,84 B	8,43 AB
IBA	87,53 CD	52,00	41,84 D	63,99 C	8,93 A
CPPU	93,61 BC	52,85	45,72 AB	68,10 AB	7,37 B
OA	96,58 B	51,64	44,00 BC	67,38 B	8,73 A
GA ₃	104,52 A	52,29	45,68 AB	70,52 A	8,07 AB

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05)

Çalışmada meyve eti sertliği bakımından en sert meyvelerin 8,93 N ile IBA ve 8,73 N ile OA uygulamalarından elde edildiği belirlenmiştir. En düşük meyve eti sertliği değeri ise 7,37 N ile CPPU uygulamasında elde edilmiştir. Martinez-Espla ve ark.

[12], kiraz çeşitlerinde hasattan önce OA uygulamasının meyve eti sertliğini arttırdığını bildirmişlerdir.

Southwick ve ark. [23], hasattan önce GA₃ uygulamalarının, Patterson kayısılarında meyve eti

sertliğini önemli ölçüde arttırdığını ifade etmişlerdir. Benzer şekilde GA₃ uygulamalarının nektarin, şeftali, erik, kiraz gibi meyvelerde meyve eti sertliğini arttırdığı rapor edilmiştir [24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 ve 32]. Üzümcü ve ark. [33], hasat öncesi OA uygulaması yapılan kayısıların daha sert olduğunu ifade etmişlerdir. Diğer yandan Antognozzi ve ark. [7], kivide 20 ppm CPPU uygulamasının meyve eti sertliğini düşürdüğünü ifade etmişlerdir. Bu çalışmanın literatürle ilgili benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. IBA uygulamasının meyve ağırlığı, eni ve kalınlığı üzerine etkisinin olmamasına karşın, meyve eti sertliğini artırdığı görülmüştür.

Çalışmada L parlaklık değeri olup, a değeri yeşilden kırmızıya, b değeri ise sarıdan maviye renk değişimini ifade etmektedir. Meyve kabuk renginde a* ve b* değerleri, et renginde ise L* ve b* değerleri bakımından uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Tablo 4). Uygulamalar arasında meyve kabuk rengi a* değeri en yüksek IBA uygulamasında (5,70) elde edilirken, en düşük GA₃ (1,38) uygulamasında tespit edilmiştir. En yüksek b* değeri ise GA₃ (30,47) uygulamasından elde edilirken bunu OA (28,85) uygulaması takip etmiştir. En düşük b* değeri ise IBA (25,01) uygulamasında belirlenmiştir. Meyve et rengi değerlerine bakıldığında GA₃ uygulaması yapılan meyvelerin CPPU uygulamasına kıyasla daha parlak

olduğu görülürken diğer uygulamalar arasında herhangi bir fark saptanmamıştır (p<0,05). Meyve et renginin b* değeri bakımından kontrole göre kıyaslandığında Perlan, CPPU ve OA uygulamalarının istatistiki olarak aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir. Güteryüz [34] giberellik asidin olgunlaşmaya neden olan etileni inhibe ederek renklenmeyi geciktirdiği ve meyvelerin dayanıklılığını ve depolama yeteneğini arttırdığını bildirmiştir. Lakshmi ve ark. [35], laym türünde GA₃ ün klorofil sentezini arttırdığını bu nedenle renklenmeyi geciktirdiğini bildirmiştir. Nitekim kiraz ve turuncgillerde yapılan çalışmalarda GA₃ ün renklenmeyi geciktirdiği ifade edilmiştir [26 ve 36]. Benzer şekilde Sezer [37] tarafından yürütülen çalışmada, GA₃ uygulamasının, portakallarda meyve kabuğunun renk gelişimini geciktirdiği sonucuna varılmıştır. Çalışmamızda da GA₃ uygulamasının benzer sonuçlar verdiğini söyleyebiliriz. Sitokininlerin meyvelerde yeşil renk oluşumunu olumlu yönde etkilediği bilinmektedir [22]. Sitokininler içerisinde yer alan CPPU uygulamasının, kontrole kıyasla meyvelerde yeşil rengi arttırdığı bildirilmiştir [38]. Zhang ve Whiting [26], CPPU ve Perlan uygulamasının kirazlarda kırmızı rengi arttırdığını tespit etmişlerdir. Bizim çalışmamızda da benzer şekilde CPPU ve Perlan uygulamaları, kivilerde yeşil rengi olumlu yönde etkilemiştir.

Tablo 4. Uygulamaların meyve kabuk ve et rengi üzerine etkisi

Uygulamalar	Meyve kabuk rengi			Meyve et rengi		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Kontrol	49,83	4,04 AB	27,64 AB	64,05 AB	-17,23	33,93 A
Perlan	49,59	2,62 BC	28,34 AB	63,84 AB	-16,89	32,92 AB
IBA	48,71	5,70 A	25,01 B	62,55 AB	-16,68	31,91 B
CPPU	49,77	2,70 BC	27,01 AB	61,97 B	-16,63	32,93 AB
OA	49,11	3,81 AB	28,85 A	63,80 AB	-16,16	32,24 AB
GA ₃	49,39	1,38 C	30,47 A	65,019 A	-15,99	31,60 B

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05)

4. SONUÇ

Kivi çeşitlerinde, ürünün yüksek fiyatla ve daha geniş yelpazede pazara sunumu açısından meyve kalitesi önem arz etmektedir. Kivi de meyve iriliği, sertliği, meyve eti ve kabuk rengi, depolama gibi sorunlar ön plana çıkmaktadır. Söz konusu sorunların önlenmesi amacıyla bitki büyüme düzenleyicilerin kullanımı giderek önem kazanmaktadır. Bu uygulamalar ile meyve kalitesi artırılarak ürün kayıplarının azaltılmasının yanısıra ihracatının da artırılması hedeflenmektedir. Sonuç olarak Hayward kivi çeşidinde tüm uygulamaların meyve iriliğini artırdığı, en sert meyvelerin IBA uygulamalarında elde edildiği ve kivi için önem arz eden yeşil rengin GA₃ uygulamalarının en iyi sonucu verdiği tespit edilmiştir. Araştırmada, uygulamaların meyve şekli, ağaç gelişimi, yaprak sararması ve erken yaprak dökümü gibi olumsuz etkilerine rastlanmamıştır.

KAYNAKLAR

[1] Cingey A. Mersin'in Erdemli İlçesinde Değişik Koşullarda 'Hayward' (*A. deliciosa* Planch) Kivi Çeşidinin Pomolojik ve Kimyasal Özelliklerinin

- Araştırılması. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi Kahramanmaraş; 2018.
- [2] Peticila A, Scaeteanu GV, Madjar R, Stanica F, Asanica A. Fertilization effect on mineral nutrition of *Actinidia deliciosa* (kiwi) cultivated on different substrates. Agriculture and Agricultural Science Procedia. 2015;6, 132-138.
- [3] Özdemir O, Özyazıcı M. Samsun Yöresinde Kivinin Azotlu Gübre İhtiyacı. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 2006;21(3), 303-309.
- [4] Food and Agriculture Organization (FAO) (2019). Statistical Data for Kiwifruit Agriculture. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Erişim tarihi: 10.03.2021.
- [5] Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2020). <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>. Erişim tarihi: 10.03.2021.
- [6] Yazıcı K, Bakoğlu N, Akbulut M, Göksu B. Hayward Kivi Çeşidinde (*Actinidia deliciosa* A. Chev.) Kaolin Uygulamasının Meyve Gelişimi ve Kalitesi Üzerine Etkisi. Derim. 2016;33(2), 189-198.
- [7] Antognozzi E, Battistelli A, Famiani F, Moscatello S, Stanica F, Tombesi A. Influence of CPPU on carbohydrate accumulation and metabolism in

- fruits of *Actinidia deliciosa* (A. Chev.). *Scientia horticulturae*. 1996;65(1), 37-47.
- [8] Karakuş C, Köker R. Tarımda bitki gelişim düzenleyicilerin (BGD) kullanımı ve hormon riski. Üniversite Öğrencileri 2. Çevre Sorunları Kongresi 16-18 Mayıs 2007 Fatih Üniversitesi. İstanbul.
- [9] Algül BE, Tekintaş FE, Dalkılıç GG. Bitki Büyüme Düzenleyicilerinin Kullanımı ve İçsel Hormonların Biyosentezini Artırıcı Uygulamalar. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2016;13(2),87-95.
- [10] Zhu Y, Yu J, Brecht JK, Jiang T, Zheng X. Pre-harvest application of oxalic acid increases quality and resistance to *Penicillium expansum* in kiwifruit during postharvest storage. *Food Chemistry*. 2016;190, 537-543.
- [11] Hur JS, Oh SO, Lim KM, Jung JS, Kim JW, Koh YJ. Novel effects of TiO₂ photocatalytic ozonation on control of postharvest fungal spoilage of kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology*. 2005;35(1), 109-113.
- [12] Martinez-Espla A, Zapata PJ, Valero D, García-Viguera C, Castillo S, Serrano M. Preharvest Application of Oxalic Acid Increased Fruit Size, Bioactive Compounds, And Antioxidant Capacity in Sweet Cherry Cultivars (*Prunus avium* L.). *Journal of agricultural and food chemistry*. 2014;62(15), 3432-3437.
- [13] Butar S. AVG (aminoethoxyvinilglycine)' nin Jersey Mac Elma Çeşidinde Hasat Önü Meyve Dökümü, Hasat Zamanı ve Meyve Kalitesi Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü; 2013.
- [14] Öztürk B, Özkan Y, Yıldız K, Çekiç Ç, Kılıç K. Red Chief Elma Çeşidinde Aminoethoxyvinilglycine'nin (AVG) Ve Naftalen Asetik Asitin (NAA) Hasat Önü Döküm ve Meyve Kalitesi Üzerine Etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 2012;27 (3), 120-126.
- [15] Ozga J, Reinecke MD. Hormonal Interactions in Fruit Development. *Journal of Plant Growth Regulation*. 2003;22: 73-81.
- [16] Biasi R, Costa G, Giuliani R, Succi F, Sansavini S. Effects of CPPU on kiwifruit performance. In II International Symposium on Kiwifruit; 1991. 297 (pp. 367-374).
- [17] Retamales J, Bangerth F, Cooper T, Callejas R. Effects of CPPU and GA₃ on Fruit Quality of Sultanina Table Grape. *Plant Bioregulators in Horticulture*. 1995;394, 149-158.
- [18] Ngugen MT, Yen Ch R. Effect of GA₃ and 2,4-D on fruit development and fruit quality of wax apple. *Int. J. Bio. Biomolecular Agri*. 2013. *Food and Biological Eng*. 7(5): 1-7.
- [19] Canlı, F. A., Pektaş, M., Kelen, M. Effects of Pre-Harvest Plant Growth Regulator Sprays on Fruit Quality of 'Deveci' Pear (*Pyrus communis* L.). *Journal of Applied Biological Sciences*. 2009;3(1), 81-84.
- [20] El-Shiekh AF, Umaharan P. Effect of gibberellic acid, glutamic acid and pollen grains extract on yield, quality and marketability of "Khalas" date palm fruits. In: Proc. 3rd Int. Conf. on Postharvest and Quality Management of Horticultural Products of Interest for Tropical Regions, 1047 (pp. 93-97). Mohammed, M. and J.A. Francis, (Eds.). *Acta Hort*. 2013;1047, pp: 93-98.
- [21] Hedden P. Review article. Recent advances in gibberellin biosynthesis. *J. Exp. Bot*. 1999;50:553-563
- [22] Karacalı İ. Bahçe ürünlerinin muhafazası ve pazarlanması. hasat öncesi dönemde gelişmeyi etkileyen faktörler. *Ege Üniversitesi Yayınları*, 2012;(494), 1101-1111.
- [23] Southwick SM, Yeager JT, Weis KG. Gibberellins on 'Patterson' apricot (*Prunus armeniaca*) to reduce hand thinning and improve fruit size and firmness: Effects over three seasons. *Journal of Horticultural Science*. 1997;72(4): 645-652
- [24] Gonzalez-Rossia D, Reig C, Juan M, Agusti M. Horticultural factors regulating effectiveness of GA₃ inhibiting flowering in peaches and nectarines (*Prunus persica* L. Batsch). *Scientia Horticulturae*, 2007;111(4), 352-357.
- [25] Southwick SM, Yeager JT, Zhou H. Flowering and Fruiting in 'Patterson' Apricot (*Prunus armeniaca*) in Response to Postharvest Application of Gibberellic acid. *Scientia Horticulturae*, 1995;60(3-4), 267-277.
- [26] Stern RA, Ben-Arie R. GA₃ inhibits flowering, reduces hand-thinning, and increases fruit size in peach and nectarine. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 2009;84(2), 119-124.
- [27] Zhang C, Whiting M. Plant growth regulators improve sweet cherry fruit quality without reducing endocarp growth. *Scientia Horticulturae*. 2013;150, 73-79.
- [28] Ozkan Y, Ucar M, Yildiz K, Ozturk B. Pre-harvest gibberellic acid (GA₃) treatments play an important role on bioactive compounds and fruit quality of sweet cherry cultivars. *Scientia Horticulturae*, 2016;211, 358-362.
- [29] Erogul, D., Sen, F. Effects of gibberellic acid treatments on fruit thinning and fruit quality in Japanese plum (*Prunus salicina* Lindl.). *Scientia Horticulturae*. 2015;186, 137-142.
- [30] Giovanaz MA, Fachinello JC, Spagnol D, Weber D, Carra B. Gibberellic acid reduces flowering and time of manual thinning in 'Maciel' peach trees. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 2016;38(2).
- [31] Güleş A, Türk B, Okşar RE, Şen F. Effects of pre-harvest gibberellic acid application at different concentrations on storability of Obilnaja Japanese plum. *COMU Journal of Agriculture Faculty*. 2017;5(2), 21-26.
- [32] Harman Y, Sen F. The effect of different concentrations of pre-harvest gibberellic acid on the quality and durability of 'Obilnaja' and 'Black Star' plum varieties. *Food Science and Technology*. 2016;36(2), 362-368.
- [33] Üzümcü SS, Koyuncu MA, Onursal CE, Güneçli A, Erbaş D. Effect of Pre-Harvest Oxalic Acid Treatment on Shelf-life of Apricot cv. 'Roxana'. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*. 2020; 9(1), 73-80.

- [34] Göleryüz M. Bahçe Ziraatında Büyütücü Ve Engelleyici Maddelerin Kullanılması ve Önemi, Atatürk Üniversitesi Yayınları. 1982;No: 279.
- [35] Lakshmi LM, Ramana KTV, Krishna VNPS, Yuvaraj KM, Lakshmi TN, Sarada GT, Sankar TG, Gopi V and Gopal K. Effect of growth regulators and chemicals on fruit yield and quality of hasta bahar flowering in acid lime (*Citrus aurantifolia* Swingle) cv. Balaji. J. Agri. and Allied Sci. 2014;3(3): 11-13.
- [36] Coggins Jr, C. W., & Hield, H. Z. 1968. Plant growth regulators In: Reuther, W. *The*.
- [37] Sezer G. Hasat Öncesi Giberellik Asit Uygulamalarının Valencia Portakal Çeşidinde Ağaçta Depolama Süresinde Meyve Dökümü ve Kalitesine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı. 2015.
- [38] Binns AN. Cytokinin accumulation and action: biochemical, genetic, and molecular approaches. Annual review of plant biology. 1994;45(1), 173-196.



Stiren-Bütadien Kauçuk Lateks Modifiyeli Harçların Erken Yaştaki Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi

Kasım MERMERDAŞ^{1*}, Zeynep ALGIN¹, Şevin EKMEK¹, Metin KARADAĞ¹

¹Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye

Kasım MERMERDAŞ ORCID No: 0000-0002-1274-6016

Zeynep ALGIN ORCID No: 0000-0001-7004-8403

Şevin EKMEK ORCID No: 0000-0002-2577-696X

Metin KARADAĞ ORCID No: 0000-0002-1883-1078

*Sorumlu yazar: kasim.mermerdas@harran.edu.tr

(Alınış: 30.04.2021, Kabul: 29.09.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Anahtar Kelimeler
İşlenebilirlik,
Harç,
Mekanik özellikler,
Stiren-Bütadiyen Kauçuk lateks,

Öz: Portland çimentosu, harç ve beton yapımında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak çimento harcı ve betonun gecikmiş priz süresi, düşük çekme dayanımı, yüksek kuruma büzülmesi ve düşük kimyasal direnç gibi bazı dezavantajları vardır. Polimerler bu dezavantajları ortadan kaldırmanın yanı sıra, betonun işlenebilirliğini ve geçirimsizliğini arttırmak amacıyla katkı maddesi olarak kullanılabilmektedirler. Bu çalışmada, Stiren-Bütadien Kauçuk lateksinin kütlece farklı ikame oranlarını (%0, %5, %10, %15 ve %20) içeren harçların erken yaştaki (14 gün) sertleştirilmiş özellikleri incelenmiştir. Taze harç için yayılma ve birim ağırlık ölçümleri yapılırken, sertleşmiş harç üzerinde birim ağırlık, basınç dayanımı, eğilme dayanımı, su emme ve kapiler su emme testleri yapılmıştır. Sonuç olarak harç karışımlarında lateks miktarı arttıkça dayanım değerlerinin azaldığı görülmüştür. Lateks kullanımına bağlı olarak eğilme dayanım değerlerinde düşüş gözlenirken, %10 oranında lateks kullanımı kontrol karışımına kıyasla numunelerin eğilme dayanımı değerlerinde %3 oranında küçük bir artış sağlamıştır. Taze ve sertleşmiş harç numunelerinin birim ağırlıkları kontrol numunesine göre artmıştır. Kullanılan lateks, harçların işlenebilirliği, su emme ve kılcal su emme değerleri üzerinde olumlu bir etkiye sahip olmuştur.

154

Investigation of Physical and Mechanical Properties of Styrene-Butadiene Rubber Latex Modified Mortars at Early Age

Keywords
Workability,
Mortar,
Mechanical properties,
Styrene-Butadiene Rubber latex

Abstract: Portland cement has been widely used in mortar and concrete construction. However, there are some disadvantages such as, delayed setting time of cement mortar and concrete, low tensile strength, high drying shrinkage, and low chemical resistance. In addition to eliminating these disadvantages, polymers can be used as concrete admixtures to enhance the workability and impermeability of concrete. In this study, fresh and hardened properties of mortars containing different replacement ratios of Styrene-Butadiene Rubber latex by mass (0%, 5%, 10%, 15%, and 20%) at early age (14 days) were examined. The flow and fresh unit weight measurements were made for fresh mortar, while compressive strength, flexural strength, unit weight, water absorption, and capillary water absorption tests were conducted for hardened mortar. As a result, it was observed that the strength decreases as the amount of latex increases in the mortar mixes. While a decrease was observed in the flexural strength values due to the use of latex, the use of 10% latex resulted in a small increase of 3% in the flexural strength values of the samples compared to the control mixture. The unit weights of the fresh and hardened mortar samples increased compared to the control sample. The latex addition used has a positive effect on workability, water absorption, and sorptivity of the mortars.

1. GİRİŞ

Geleneksel yöntemlerle üretilen yapı sistemleri, basınç dayanımı, istenilen şekli verebilme, hammaddenin hazır bulunabilirliği ve düşük maliyeti gibi nedenlerle inşaat sektöründe tercih edilmektedir. Bazı yapılar ciddi kimyasal saldırıya, artan gerilme seviyelerine ve darbe yüklerine maruz kalmaktadır. Ek olarak, beton yapıların onarımında sıradan bir çimento sisteminin kullanımını, nispeten düşük çekme dayanımı ve darbe dayanımı, agresif etkenlerin girişine zayıf direnç ve eski betona zayıf yapışması nedeniyle sınırlıdır [1]. Bu nedenle, bir yapı malzemesinin çok yönlülüğünü ve esnekliğini değiştirmeden çimento sisteminin özelliklerini değiştiren malzemeler bulmak giderek daha çekici hale gelmektedir [2]. Bilim ve teknolojiye araştırma ve geliştirmenin ortaya çıkması sonucu, beton endüstrisi de çeşitli beton yeniliklerinin tanıtılmasıyla gelişmiştir ve bu nedenle belirli talep ve özelliklere uygun ve farklı beklentileri karşılamak üzere özel betonlar üretilmektedir. 1950'lerde Portland çimento harcı ve betonda polivinil asetat ve poliakrilat olarak sentetik polimerler kullanılmıştır. Düzinelerce monomer türünün değiştiricilerle farklı kombinasyonları, inşaat endüstrisinde yaygın olarak kullanılan çeşitli lateks türlerini üretmektedir [3]. Bu polimer lateksler arasında Portland çimento harçlarının fiziko-mekanik özelliklerini ve dayanıklılığını iyileştirmek için en yaygın kullanılan lateks türleri SBR (Stiren-Bütadien Kauçuk), SAE (Stiren Akrilik Ester), EVA (Etilen Vinil Asetat, PAE (Poliakrilik Ester) ve SAR (Stiren Akrilat Kauçuk)'tur [4-6]. Kullanılan latekslerin harç/betondaki etki mekanizması 3 aşamada gerçekleşmektedir. Karışıma eklenen lateks faz içerisinde ilk olarak homojen bir şekilde dağılır. Daha sonra polimer yapı çimento jeli ve çimento daneleri üzerinde birikmeye başlar ve son olarak kapiler boşluklarda hapsolan polimerler hidrasyon reaksiyonları sonrasında bünyedeki suyun da ortamı terk etmesi ile film tabakalarını oluşturur ve agrega yüzeyini kaplar. Böylece bütün bir ağ yapısı oluşmuş olur ve bu monolitik yapı sayesinde üretilen yapı malzemesi daha sünek ve geçirimsiz bir özellik kazanır. Lateksin harçlardaki etkisinin derecesi, lateksin türüne ve karışımdaki konsantrasyonuna büyük ölçüde bağlıdır [7-8]. Çimento teknolojisinde Stiren-Bütadien Kauçuk (SBR) lateksi olarak kullanılan sentetik polimerler birçok cephede tanınmıştır [9-11]. Öte yandan, polimer modifiyeli harçların mükemmel performansları nedeniyle, özellikle bitirme ve onarım işlerinde [12-13] popüler yapı malzemeleri olarak kullanıldığına dikkat edilmelidir. Kullanılan polimerlerin türü, katı içeriği, PH değeri, yoğunluk ve minimum oluşum sıcaklığı gibi tipik özelliklerine bağlı olarak üretilen bu yapı malzemelerinin sıradan çimento harçlarının etkileyebilecek aynı parametrelerden etkilendiklerini söylemek mümkündür [7]. Yapı malzemelerinin işlenebilirlik, eğilme dayanımı ve durabilite özellikleri polimerlerin kullanımından büyük ölçüde etkilenmektedir [14-15]. Beton teknolojisinde şüphesiz ki stiren-bütadien polimerleri, kural olarak en çok kullanılan polimer malzemelerdir [16]. SBR, çeşitli malzemelerle başarılı bir şekilde birleştirilebilen, bütadien, stiren ve su içeren geniş dağılımlı bir

polimerdir [17-18]. İnşaat mühendisliği alanında SBR, betonun sertleşmiş özelliklerini artırmak için çimentonun bir ilavesi olarak kullanılmaktadır [19]. Araştırma sonucunda SBR ilavesinin betonun dayanım özelliklerine etkisi olduğu görülmüştür. Elde edilen polimer film ve çimento hidrasyonu sonucunda yüksek adezyon gözlenmektedir. Sıradan betonla karşılaştırıldığında, bu etki daha az deformasyona neden olarak betonun ezilme ve eğilme dayanımını iyileştirmektedir [20]. SBR lateksi, modifiye solüsyonlarda büyük ölçüde yaygın bir kullanıma sahiptir. Bulgular, SBR ile modifiye edilen çözümlerin gelişmiş mekanik parametrelere, yani gelişmiş sızdırmazlığa ve donma etkisine karşı daha fazla dirence sahip olduğunu göstermiştir. SBR lateks içeren beton üzerinde birçok araştırma yapılmıştır [21-23]. Aşağıdaki paragrafta, SBR'nin çimentolu kompozitlerde kullanımına ilişkin bir literatür taraması sunulmaktadır.

Ohama ve ark. [24] stiren-bütadien kauçuk (SBR), poliakrilik ester (PAE) ve polivinil asetat (PVAC) gibi latekslerin harç ve betona katıldığında işlenebilirliğe nasıl bir etki ettiği üzerine yaptıkları çalışmada, lateksin harç ve betonda işlenebilirliği arttırdığını bulmuşlardır. Rossignolo [25] silis dumanı ve SBR lateksin arayüzey geçiş bölgesi (ITZ) ve mikro yapı üzerindeki etkisinin araştırılmasında, silis dumanı ve SBR lateks katkıları harçların kontrol numunelerine göre daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmiştir. Benali ve Ghomari [26] SBR lateks modifiyeli harçlar üzerinde akışkanlık, basınç dayanım, eğilme dayanımı, su emme testleri ve yapışma testleri üzerine yapılan çalışmalarında, 60 gün ve daha ileriki günler için eğilme dayanımında bir gelişme kaydedildiğini, tüm süreler için basınç dayanımının azaldığını, su emme yüzdesinde de belirgin bir azalma olduğunu gözlemlemişlerdir. Idrees ve Nazar [27] SBR lateksin infüzyonunun harç üzerine etkisinin araştırılmasında, numunelerin yarmada çekme dayanımının %34, eğilme dayanımının 3 kat ve tokluğun 4 kat oranında arttığını belirtmişlerdir. Rossignolo ve Agnessini [28] SBR lateks katkıları hafif beton üzerinde kimyasal dayanıklılık, korozyona dayanıklılık, su emme deneyleri ve kuru birim hacim ağırlık deneylerini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda kuru birim hacim ağırlığın 1460-1605 kg/m³ olduğunu, su emme ve kimyasal dayanıklılığın katkısız olanlara göre daha iyi sonuçlar verdiğini göstermişlerdir. Shafieyade [29] SBR ve silis dumanı katılarak elde edilen betonların basınç dayanımının incelendiği çalışmada, lateks ilavesinin artışıyla basınç dayanımının azaldığını belirtmiştir. Essa ve ark. [30] SBR lateks katkısının eski ve yeni beton üzerindeki etkisi ile ilgili çalışmalarında, çimento harçlarının su miktarını hacimce %10, %25 ve %35 oranlarında SBR ile değiştirerek 7., 28. ve 60. günlerde basınç ve eğilme dayanımı değerlerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda SBR katkısı ile hazırlanan harç numunelerinde kür süresi ile dayanım arasında doğru bir ilişkinin varlığını belirtmişlerdir. Soni ve Joshi [31] tarafından, SBR lateksin betonun basınç ve eğilme dayanımı üzerindeki etkisi çalışılmış ve beton için optimum lateks içeriği hesaplanmıştır. Bunun için beton karışımlarına %, 5, %, 10, %, 15 ve %20'lik SBR lateks katılarak farklı yaşlar için basınç dayanımı ve

eğilme dayanımları hesaplanmıştır. Çalışmanın sonucunda lateks ilavesinin erken yaşlarda basınç ve eğilme dayanımlarında düşüşe neden olduğu, 28. günde ise artışa neden olduğu gözlemlenmiştir. Bideci ve ark. [32], çimento harçlarına ağırlıkça %0 (Kontrol), %5, %10, %15 ve %40 oranlarında SBR ilavesi katılarak elde edilmiş deney numunelerinin fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri incelemiştir. Ayrıca, numunelerin SEM/EDS analizleri yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda, %5 Stiren Bütadien kopolimer katkısının çimento harçlarının basınç dayanımına olumlu etkisi olduğu görülmüştür. Shirshova vd. [33] çimento kütlelerine göre %14 SBR içeren çimento bulamacını değerlendirmişlerdir. SBR polimer lateks kullanımı nedeniyle sürekli bir polimer ağı oluştuğunu ve bu durumun çimento hamurunun basınç dayanımı üzerinde olumsuz etki gösterirken gerilme-göçme oranını arttırdığını bildirmişlerdir. Schulze [34], polimer içeren harçların özelliklerine ilişkin su/çimento oranının ve çimento içeriğinin etkisini incelemiştir ve SBR içeriğinin %20'ye varan artışı ile SBR içeren harcın eğilme dayanımının arttığını ve ardından dalgalanma gösterdiğini bildirmişlerdir. Wu vd. [35] SBR kullanılarak harcın su geçirmezlik özelliğinin büyük ölçüde artırıldığını bildirmişlerdir. Issa vd. [36] SBR polimer modifiyeli betonun kaplama betonunun tokluğunu artırabileceğini bildirmişlerdir. Shaukat vd. [37] elyaf takviyesinin polimer modifiyeli beton üzerindeki etkisini incelemiş ve harç içerisine polimer ilavesinin çimento ve agrega ile birlikte daha iyi polimer film geliştirdiğini ve geleneksel harca kıyasla etkili sonuçlar gösterdiğini bildirmiştir. Singh vd. [38] işlenebilirlik, eğilme dayanımı ve çekme dayanımı gibi mekanik performansları; polimer içeriği artırılarak iyileştirilebileceğini belirtmişlerdir. Tchegnia vd. [39] farklı çevre koşullarında polimer modifiyeli harcın geleneksel çimento harcı ile karşılaştırıldığında etkili dayanım ve dayanıklılık özellikleri ortaya çıkardığını açıklamışlardır. Wang vd. [40] polimer lateks modifiye çimentonun mekanizmasını araştırmış ve aktif grupları olmayan polimer lateksin benzer fiziksel modifikasyon mekanizması gösterdiği sonucuna varmıştır.

Literatür çalışmalarında bazı lateks malzemeler kullanılarak üretilen harçların taze özellikleri, mekanik ve durabilite özellikleri genellikle ileriki yaşlar için incelenmiştir. Deneysel çalışmamızda, farklı bir SBR lateks (Mastercast-125) değişen yüzdelerde kullanılarak erken yaşta taze ve sertleşmiş harçların üzerindeki etkileri incelenmiş ve en iyi performansı veren katkı oranının belirlenmesi amaçlanmıştır. Kullanılan SBR lateks oranları çimentonun kütlece %0 (Kontrol), %5, %10, %15 ve %20'si olarak belirlenmiştir. SBR lateks akışkanlığı etkilediği için 20 ± 5 cm aralığında akış değerleri elde etmek için akışkanlaştırıcı miktarında düzenleme yapılmıştır. Lateks katkılı karışımlarda taze harç için yayılma ve birim hacim ağırlık ölçümleri yapılırken sertleşmiş harç için birim ağırlık, basınç dayanımı, eğilme dayanımı, su emme ve kılcallık deneyleri yapılmıştır. Böylece SBR lateks kullanımının harçlar üzerindeki etkisi irdelenmiştir.

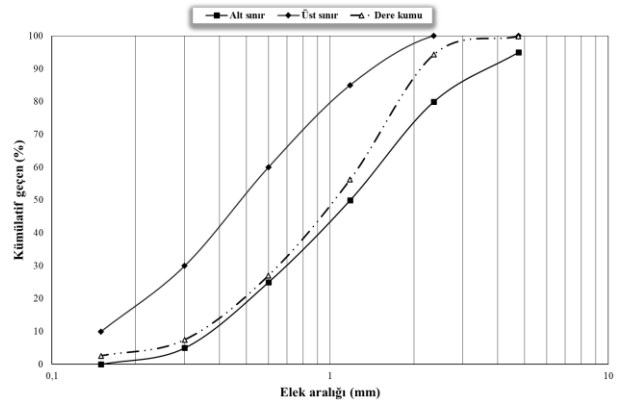
2. MATERYAL VE METOT

Yürütülen çalışmada kullanılan malzemeler; kum, çimento, SBR lateks ve akışkanlaştırıcıdır. Üretilen tüm karışımlarda 4 mm açıklığa sahip elekten elenmiş dere kumu kullanılmıştır. Kullanılan kumun özgül ağırlığı 2,65 su emme değeri ise 1,4 olarak belirlenmiştir. 2,59 incelik modülüne sahip kumun bünyesinde bulunan kimyasal oksitler Tablo 1.'de verilmiştir.

Tablo 1. Dere kumunun kimyasal bileşenleri

Oksit(%)	Dere kumu
SiO ₂	96,39
Al ₂ O ₃	1,69
Fe ₂ O ₃	0,21
CaO	0,15
MgO	0,25
Na ₂ O	0,05
K ₂ O	0,23
TiO ₂	1,03

Kullanılan dere kumuna ait elek analiz grafiği alt ve üst sınır grafikleri ile birlikte Şekil 1.'de sunulmuştur.



Şekil 1. Dere kumuna ait elek analiz grafiği

Deneysel çalışmada, Kahramanmaraş çimento fabrikasında üretilen (KÇS) CEM I 42,5N tipi çimento kullanılmıştır. Kullanılan çimentonun özgül ağırlığı 3,15 tir. Tablo 2.'de çimentonun kimyasal ve fiziksel özellikleri görülmektedir.

Tablo 2. CEM I 42,5N çimentonun kimyasal ve fiziksel özellikleri

Kimyasal bileşenler	Fiziksel özellikler		
CaO	62,8	Priz başlangıcı (dakika)	200
SiO ₃	20,05	Priz sonu (dakika)	240
Al ₂ O ₃	4,9	Özgül Ağırlık	3,15
Fe ₂ O ₃	3,7	Hacim genişlemesi	1,3
SO ₃ (%)	2,48	Özgül yüzey (Blaine) (cm ² /g)	3880
MgO (%)	0,85	Litre ağırlığı (g l ⁻¹)	950
Kızdırma Kaybı (%)	2	2 günlük dayanım(MPa)	28,1
Çözünmeyen Kalıntı (%)	0,4	28 günlük dayanım(MPa)	54,5

Hazırlanan tüm karışımlarda SBR lateks olarak BASF firmasına ait Mastercast-125 ürünü kullanılmıştır. Şekil 2.'de kullanılan SBR lateksin görüntüsüne Tablo 3.'te ise ürüne ait özellikler görülmektedir.



Şekil 2.. SBR lateks ürününe ait görüntü

Tablo 3. SBR lateks ürününün özellikleri

Malzemenin Yapısı	Modifiye edilmiş akrilik dispersiyon
Görünüm	Beyaz
Özgül ağırlık (20 °C'de)	1,08
pH-değeri	7 - 9
Uygulanacak Zemin Sıcaklığı	+5 °C +35 °C
Servis Sıcaklığı	-20 °C +80 °C

Çalışmada kullanılan süper akışkanlaştırıcı polikarboksilik-eter esaslı olup 1,07 birim ağırlık değerine sahiptir. K1 (kontrol), K2 (%5 SBR) ve K3 (%10 SBR) karışımlarında istenen yayılma değerini elde etmek için çimento ağırlığının %0,25'i ile %1'i arasında değişen miktarlarda süper akışkanlaştırıcı kullanılmıştır.

Laboratuvar ortamında hazırlanan deney numuneleri için malzeme karışım dizaynı Tablo 4.'te verilmiştir. Su/çimento oranı 0,4 olarak belirlenmiştir. Kullanılan lateks bünyesinde bulunan %42 katı malzeme oranı dikkate alınarak kullanılan çimento miktarı, %58 oranındaki su miktarı dikkate alınarak da karışım suyu miktarı azaltılmıştır. Elde edilen numuneler 24 saat üstü kapatılmış vaziyette kalıplarda bekletilmiş bu süre sonunda kalıptan alınan numuneler erken yaş (14 gün) özelliklerinin belirlenmesi amacıyla standart kür ortamına (20±2 °C-bağıl nem %100) bırakılmıştır.

Tablo 4. Malzeme karışım dizaynı (1 m³)

Karışım kodu	Çimento (kg)	SBR (kg)	Akışkanlaştırıcı (kg)	Su(kg)	Kum (kg)
K1(%0)	542		5,7	216	1622
K2(%5)	507	64	2,7	176	1601
K3(%10)	474	126	1,4	136	1579
K4(%15)	441	187	-	100	1555
K5(%20)	412	242	-	52	1545

Yayılma Tablası Deneyi, ASTM C 1437 [41] standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Harç, kesik koni içine iki tabaka halinde yerleştirilmiş ve her tabaka 25 kez tokmaklanarak sıkıştırılmıştır. Harç kalıptan çıkarıldıktan sonra 15 saniyede 25 kez sarsılarak ortalama yayılma çapları bulunmuştur.

Üretilen taze ve sertleşmiş numunelerin birim ağırlık deneyi ASTM C138 [42] standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Her karışım için 3 küp numunesine ait sonuçlarının ortalaması alınmıştır.

Eğilme deneyi, ASTM C348-18 [43] standardına uygun olarak 3 adet 40x40x160 mm boyutlara sahip 14 günlük harç numunelerinin 1 MPa/dak yüklenme hızında kırılmaya tabi tutulmasıyla gerçekleştirilmiştir. Basınç dayanımı testi için eğilme dayanımında ikiye bölünmüş olan olan 6 adet numune kullanılarak, test cihazına uygun vaziyette yerleştirilmiş ve 2,4 kN/s yüklenme hızında kırılmıştır.

Su emme deneyi ASTM C642-13 [44] standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Su emme deneyinde, 14 günlük 3 adet 5x5x5 cm boyutunda numune oda sıcaklığında içi su ile dolu bir kap içerisine doygun hale gelinceye kadar bekletilmiştir. Numuneler sudan çıkarılmış ve yüzeylerindeki su bir bez vasıtasıyla alındıktan sonra hassas terazide tartılmıştır (ms). Emilen toplam suyu belirlemek için numuneler, 105±5 °C' de 24 saat süresince kurutulmuş ve tartılmıştır (mk). Suya doymuş numunenin ağırlığı (ms) ve 24 saat kurutulup oda sıcaklığında soğutulan numunenin ağırlığı (mk) kullanılarak ağırlıkça su emme oranı (%), Eşitlik 1.'den hesaplanmıştır.

$$Su\ emme\ (\%) = (ms - mk)/mk \times 100 \quad (1)$$

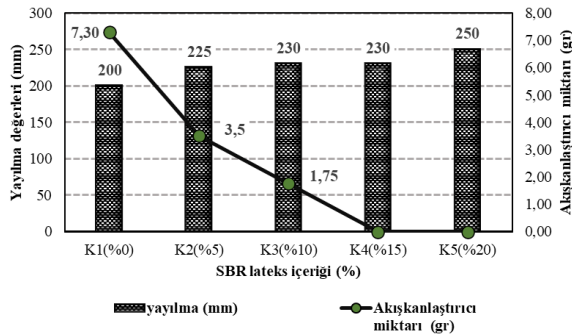
Numunelerde kılcallık testi ASTM C 1585 [45] standardına uygun olarak, daha önce dört tarafı belli yüksekliğe kadar su geçirmez parafin ile kaplanmış 14 günlük 3 adet 5x5x5 cm boyutunda numune üzerinde, suyun sadece alttan tek yönlü alınımının mümkün olacağı şekilde gerçekleştirilmiştir. Maruz kalan yüzey alanı başına kazanılan kümülatif kütlelerin, zamanın (1., 4., 9., 16., 25., 36., 49., 64. dakika) kare köküne karşı grafiği çizilmiş ve 'k' kılcallık katsayısının belirlenmesi için elde edilen verilerden geçirilen eğrinin eğimi dikkate alınmıştır.

3. BULGULAR

Üretilen 5 farklı karışımın taze özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yayılma testi ve birim ağırlık tespiti gerçekleştirilmiştir. Karışımların yeterli işlenebilirliğe sahip olmaları açısından kullanılan akışkanlaştırıcı yüzdeleri değişiklik göstermiştir.

Yayılma testleri hem kontrol hem de lateks ikameli taze harçlar üzerinde gerçekleştirilmiş ve sonuçlar Şekil 3.'te sunulmuştur. Hedeflenen 20±5 cm yayılma çapı ile SBR lateks oranlarının %5, %10, %15 ve %20 olması halinde yayılma çap değerleri sırasıyla 22,5, 23, 23 ve 25 cm olmuştur. %20 SBR lateks katkılı harç karışımı akışkanlaştırıcı kullanılmamasına rağmen kontrol harcından %25 daha fazla yayılma göstermiştir. K4 ve K5 karışımları yüksek SBR lateks kullanım oranlarına bağlı olarak yeterli yayılmayı sağladıklarından bu karışımlarda akışkanlaştırıcı malzeme kullanımı tercih edilmemiştir. Benzer sonuca, Baş [46] yürüttüğü çalışmada harcın içine koyulan lateks miktarı arttıkça harcın işlenebilir kıvamının oldukça arttığını gözlemleyerek ulaşmıştır. Yine, Shete ve Upase [47] bir SBR lateks çeşidi olan Rıparstar-148 ürününü kullanarak gerçekleştirdikleri çalışmada SBR latekslerin işlenebilirliği artırdığını göstermişlerdir. Sonuç olarak,

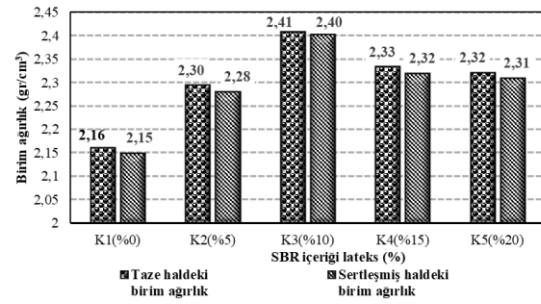
çalışmada kullanılan SBR lateks tipinin de harçlarda işlenebilirliği artırıcı etkiye sahip olduğu bilgisine ulaşılmıştır.



Şekil 3. Taze harçların yayılma değerleri

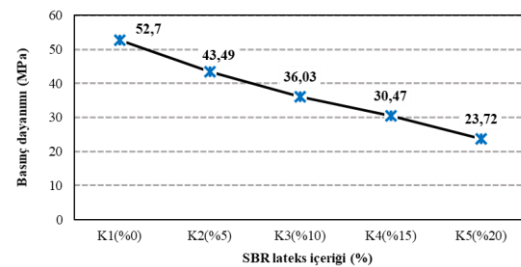
Kullanılan SBR lateks tipinin harçların taze ve sertleşmiş birim ağırlıkları üzerindeki etkisinin hangi oranlarda olduğu bilgilerine ulaşılması amacıyla birim ağırlık tayini gerçekleştirilmiştir. Taze ve sertleşmiş harç numunelerinin birim ağırlık değerleri Şekil 4.'de verilmiştir. Oldukça küçük farklılıklar ile de olsa tüm karışımlar için taze haldeki numunelerin birim ağırlık değerleri sertleşmiş numunelerden daha fazla olmuştur. Şekil 4 incelendiğinde SBR lateks katkı oranlarının üretilen karışımlar üzerindeki etkisi de görülmektedir. Kontrol numuneleri ile kıyaslandığında tüm durumlarda SBR lateks katkısı birim ağırlık değerlerini arttırmıştır. SBR lateks etkisi incelendiğinde ise hem taze hem de sertleşmiş durumlar için birim ağırlık değerleri %10 SBR lateks katkısına kadar artış gösterirken, %15 ve %20 oranlarında gerçekleştirilen SBR lateks katkısı elde edilen birim ağırlık değerlerinde düşüşe neden olduğu görülmüştür. Bu durumun, hava muhtevasının azalması sebebiyle boşluğun yerini su ve lateksin doldurmasından kaynaklanmış olduğu söylenebilmektedir. Elde edilen sonuçlar literatürden elde edilen bilgiler ile uyum sağlamaktadır. Örneğin, Ceran [48] çalışmasında lateks ilavesinin kuru birim hacim ağırlığı arttırdığını fakat %7 oranında lateks katılan harç numunesinde en büyük kuru birim hacim ağırlığına ulaşıldığını ve diğer lateks ilaveli harç numunelerinin kuru birim hacim ağırlık değerlerinin birbirine yakın çıktığını gözlemlemiştir. Bir diğer çalışma da Baş [46] tarafından gerçekleştirilmiştir. Lateks miktarı artırıldıkça birim hacim ağırlığının arttığını gözlemlemiştir ve %23 oranında lateks ilaveli harcın birim ağırlığı katkısız harçtan %5,16 oranında daha büyük olarak ortaya çıkmıştır.

Yapılan çalışmada sertleşmiş numuneler arasında tespit edilen birim ağırlık sonuçları için en yüksek değer olan 2,4 gr/cm³, %10 SBR lateks ikamesi ile elde edilirken 2,15 gr/cm³ olan en düşük birim ağırlık değerine kontrol numunesi ile ulaşılmıştır. Sonuç olarak %10 SBR lateks ikamesinin %11,63'lük bir birim ağırlık artışına neden olduğu görülmüştür.



Şekil 4. Birim hacim ağırlık değerleri

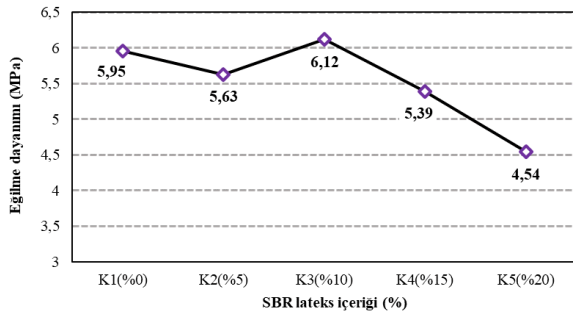
Hazırlanan kontrol ve SBR lateks katkılı numuneler için mekanik özellikleri en iyi yansıtan basınç dayanım testi gerçekleştirilmiştir. Üretilen her karışımdan alınan 3 farklı numune için gerçekleştirilen eğilme testi sonucu elde edilen 6 numunenin ortalama basınç dayanım sonuçları Şekil 5.'te grafiksel olarak gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde SBR lateks ikamesinin harç numunelerinin erken yaşta (14 gün) dayanım değerlerini düşürdüğü görülmektedir. Kontrol karışımı ile kıyaslandığında %5, %10, %15 ve %20 oranlarında SBR lateks ikamesi basınç dayanım değerlerinde sırasıyla %17,48, %31,63, %42,18 ve %55 oranlarında düşüşe neden olmuştur. Shirshova vd. [33] çimento kütlesine göre %14 SBR içeren çimento bulamacını değerlendirmişlerdir: SBR polimer lateks kullanımını nedeniyle sürekli bir polimer ağı oluştuğunu ve bu durumun çimento hamurunun basınç dayanımı üzerinde olumsuz etki gösterirken gerilme-göçme oranını arttırdığını bildirmişlerdir. Baş [46] tarafından yürütülen çalışmada 28 günlük harç numunelerinde lateks ilavesinin katkısız örneklerle göre basınç dayanımı değerlerindeki etkisi incelenmiştir. Basınç dayanımı değerleri için, %4,6 lateks ilaveli numunelerde %28,5, %11 lateks ilaveli numunelerde %26,30, %23 lateks ilaveli numunelerde ise %19,8 oranında düşüş gözlenmiştir. Shete ve Upase [47] SBR lateks çeşidi olan Rıptar-148 kullanarak gerçekleştirdikleri çalışmada SBR lateksin 7 günlük basınç dayanımını olumsuz etkilediğini göstermişlerdir. Yao ve Ge [49] lateks katkısının tüm hazırlanan numunelerin 28 günlük basınç dayanımını azalttığını belirlemişlerdir. SBR lateks ilavesinin basınç dayanımını düşürmesinin nedenini, polimer filmin oluşması, polimer yapısının gelişmesi ve Portland çimento matrisinin oluşumu için yeterli zamanın olması gerektiği bilgisi ile açıklamak mümkündür.



Şekil 5. Basınç dayanımı değerleri

Üretilen numunelerin çekme etkisi altındaki davranışının incelenmesi amacıyla eğilmede çekme deneyi gerçekleştirilmiştir. Eğilme dayanım testinin sonuçları Şekil 6.'da grafiksel olarak gösterilmiştir. Kontrol

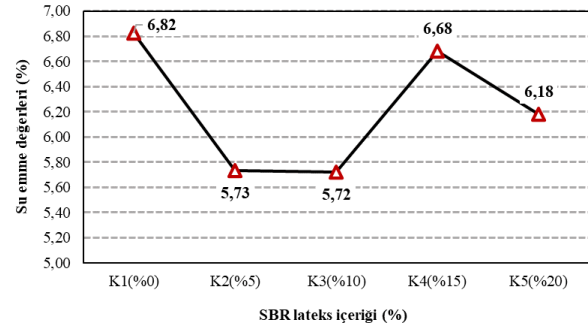
karışımı için 5,95 MPa olarak elde edilen eğilme çekme dayanım değeri SBR lateks ikamesi sonucunda 5,63 MPa ile 6,12 MPa arasında değişiklik göstermiştir. Eğilme dayanımı, %0 SBR-kontrol numunelerine göre tüm karışımlarda azalmasına rağmen %10 SBR ikamesinde yaklaşık %3 oranında artış göstermiştir. Ayrıca, erken yaşta eğilme dayanımı değerlerinde %5 SBR serisi için %5,5, %15 SBR serisi için %9,4, ve %20 SBR serisi için %23,7 oranında azalma olduğu belirlenmiştir. Eğilme dayanımının kullanılan oranlara göre farklılık göstermesi lateksin harç bünyesindeki etki mekanizması ile ilişkilendirilebilir. %10 oranında lateks ikamesi polimer ağın yapısını ve oluşan lif tabakanın etki alanını olumlu yönde değiştirerek boşluk dağılımını değiştirmiştir. Literatürde bu konuda farklı oranlar için elde edilen benzer sonuçlar mevcuttur. Baş [46], %11 lateks ilavesinin 28 günlük harcın eğilme dayanımında katkısız harca göre %3,6 oranında artışa, %23 oranında lateks ilavesinin eğilme dayanımında %11 oranında düşüşe sebep olduğunu bildirmiştir. Ahmed ve ark. [50] ise %8 oranında lateks katkısının numunelerin eğilme dayanımında %11 oranında artış sağladığını fakat bu değerden sonra eğilme dayanımının düştüğünü belirtmişlerdir. Sonuç olarak üretilen SBR lateks katkılı karışımlar arasında en yüksek eğilme çekme dayanım değeri olan 6,12 MPa'ı veren seri K3 (%10 SBR) olmuştur. En düşük eğilme çekme dayanım değeri ise K5 (%20 SBR) serisi ile ulaşılmıştır.



Şekil 6. Elde edilen harç numunelerinin eğilme dayanımı değerleri

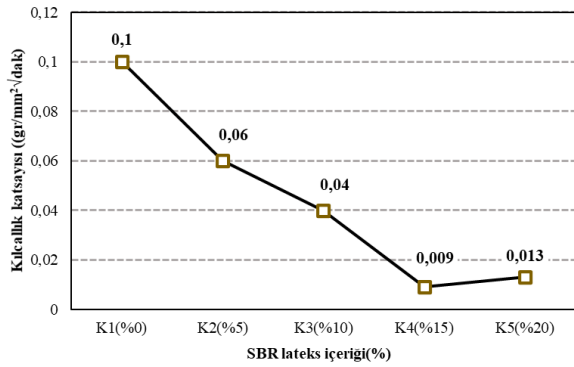
Lateks katkılı harçların su emme değerleri, kontrol karışımlarının değerleri ile birlikte Şekil 7.'de gösterilmektedir. Kontrol karışımı ile kıyaslandığında SBR lateks kullanılan karışımların su emme değerlerinde düşüş gözlenmiştir. Bu azalmanın polimer film oluşumundan kaynaklandığını söylemek mümkündür. Ceran [48], çalışmada lateks ilavesinin su emme yüzdesinde azalmaya neden olduğu sonucuna varmıştır. Shete ve Upase [47] Rıparstar-148 çeşidi bir SBR lateks kullanarak katkısız numuneye göre SBR lateks katkılı numunelerin su emme yüzdesinde bir azalmanın meydana geldiğini göstermişlerdir. Su emme değerlerinde görülen bu düşüşler SBR lateks artış oranlarında farklılık göstermiştir. %15 ve %20 oranında SBR lateks ilavesi ile oluşan polimer ağlar düzgün homojen bir dağılım gösteremediğinden %5 ve %10 SBR lateks ikamesine göre boşluk yapısını iyileştirmede daha az etkili olmuş ve su emme değerlerinde artışa neden olmuştur. Kontrol karışımı için %6,82 olan su emme değeri %5, %10, %15 ve %20 oranlarında SBR lateks ilaveleri ile sırasıyla %15,98, %16,13, %2,05 ve

%9,38 oranlarında azalış göstermiştir. K2 (%5 SBR) ve K3 (%10 SBR) serileri için elde edilen su emme sonuçları birbirine oldukça yakın değerler olmuştur. Maksimum su emme oranına %15 oranında lateks ikamesi ile ulaşıırken, minimum su emme değeri %10 SBR lateks içeren karışım ile elde edilmiştir. Ulaşılan bu en yüksek ve en düşük su emme değerleri sırasıyla %5,72 ve %6,68 olarak elde edilmiştir. Lateksli numuneler kontrol numuneleri ile kıyaslandığında, kontrol numunesine en yakın su emme yüzdesine %15 lateks katkılı numuneler ile ulaşıldığı görülmüştür.



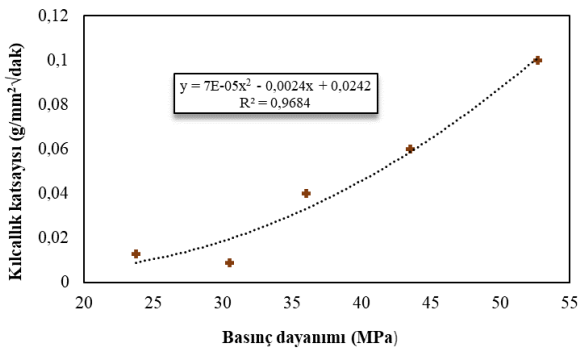
Şekil 7. Harç numunelerinin su emme değerleri

Hazırlanan karışımların bünyesinde bulunan boşluk yapıları ve birbirleriyle olan bağlantılarının incelenmesi amacıyla kılcal su emme deneyi gerçekleştirilmiştir. Lateks katkılı harçların kılcallık katsayısı değerleri, kontrol karışım değeri ile birlikte Şekil 8.'de gösterilmektedir. Kontrol numuneleri ile kıyaslandığında, tüm SBR lateks içeren harç karışımlarının (%5, %10, %15, %20 SBR) kılcallık katsayılarında azalma görülmüştür. Sonuçlar incelendiğinde %20 oranında lateks ikamesinin kılcallık katsayısında diğer oranlara göre düşük bir oranda artırıcı etkisinin olduğu görülmektedir. SBR lateksin oluşum mekanizması dikkate alındığında bu durumun oluşmasında meydana gelen monolitik ağın bağlantılı boşluklardaki dağılımı belirleyici olma. Kontrol karışımına ait harç numunesi için 0,1 gr/(mm²/dak) olarak elde edilen kılcallık katsayısı %5, %10, %15 ve %20 oranlarında lateks kullanımı ile sırasıyla 0,06, 0,04, 0,009 ve 0,013 gr/(mm²/dak) değerlerine düşmüştür. Ancak %15 ve %20 SBR katkılı numunelerin su emme yüzdesinin yüksek değerlerde elde edilmesi ile birlikte kılcallık değerlerinin düşük çıkması numunelerin bünyesinde bulunan boşlukların bağlantı yapısından kaynaklı olabilmektedir. Ceran [48] tarafından yapılan çalışmaya göre katkısız harç numunesinin 7. günde kılcallık katsayısı değeri sonraki yaşlarda büyük bir azalma göstermiştir. Lateks katkılı harçların kılcallık katsayısı katkısız harçlara göre oldukça düşük iken, bu fark 7. günde yaklaşık 5 kat olup sonraki yaşlarda gittikçe düşmüştür.



Şekil 8. Harç numunelerinin kılcallık katsayısı değerleri

Şekil 9.'da elde edilen basınç dayanım sonuçları ile kılcallık katsayıları arasındaki ilişkiyi veren denkleme ve R^2 değerine yer verilmiştir. Kılcallık katsayısı değerleri 0,013 ile 0,1 $\text{gr}/(\text{mm}^2 \cdot \text{dak})$ arasında değişirken, basınç dayanım sonuçları 23,72 ile 54,7 MPa arasında değişmiştir. Kılcallık katsayısı ve basınç dayanımı sonuçları arasında 0,97 R^2 değeri ile oldukça iyi bir ilişki elde edilmiştir. Numunelerin bünyesinde bulunan bağlantılı boşluk yapılarının dayanım sonuçlarını doğru orantılı olarak etkilediği görülmüştür.



Şekil 9. Basınç dayanımı ile kılcallık katsayısı arasındaki ilişki

4. SONUÇ

Yürütülen çalışma kapsamında SBR lateks kullanımının harç numunelerinin taze ve sertleşmiş özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Taze harç karışımları için yayılma ve birim ağırlık sonuçları elde edilirken, sertleşmiş durumdaki numuneler üzerinde ise birim ağırlık, basınç dayanımı, eğilme dayanımı, su emme ve kılcal su emme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda hazırlanan 5 farklı karışım için ulaşılan deney sonuçları irdelenerek kullanılan SBR lateks tipinin harç numuneler üzerindeki etkisi incelenerek, uygulanabilirliği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır:

4 farklı SBR lateks oranları (%5, %10, %15, %20) kullanılarak üretilen harçların yayılma çaplarının belirlenmesi sonucunda elde edilen veriler lateks oranlarındaki artışın harçların işlenebilirliğini artırdığını göstermiştir.

Sertleşmiş numuneler üzerinde yapılan çalışmalar kapsamında gerçekleştirilen eğilmede çekme dayanım test sonuçlarına göre erken yaştaki eğilme dayanım

değerleri lateks miktarının artmasıyla azalırken, eğilme dayanım değerlerinin %10 lateks katkılı numunelerde %3 civarında arttığı gözlenmiştir.

Hazırlanan harç numuneleri için erken yaştaki basınç dayanımı değerleri lateks oranı arttıkça azalmıştır. Bu durumun polimer yapısının ve çimento hidrasyonunun oluşum ve gelişim aşamalarından kaynaklandığını söylemek mümkündür.

Lateks katkılı numunelerin su emme yüzdeleri kontrol numuneleri ile karşılaştırıldığında daha düşük olarak elde edilmiştir. Bu azalmanın polimer film oluşumundan kaynaklandığını söylemek mümkündür. Maksimum su emme oranına %15 oranında lateks ikamesi ile ulaşıırken, minimum su emme değeri %10 SBR lateks içeren karışım ile elde edilmiştir.

Lateks miktarının artmasıyla numunelerin birim hacim ağırlıklarının arttığı gözlenmiştir. Birim hacim ağırlığın artmış olmasının, hava muhtevasının azalması sebebiyle oluşan boşlukların yerini su ve lateksin doldurmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Kontrol numuneleri ile kıyaslandığında lateksli harç numunelerinin kılcallık katsayısının azaldığı görülmüştür. %15 ve %20 SBR katkılı numunelerin su emme yüzdeleri yüksek değerlerde çıktığı halde kılcallık değerlerinin düşük çıkmasının numune içindeki boşluk yapısı ve bağlantısı ile ilgili olduğu söylenebilir.

Elde edilen basınç dayanım sonuçları ile kılcallık katsayıları arasında 0,87 R^2 değerine sahip doğru orantılı bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir.

Kullanılan SBR lateks tipine ve oranlarına bağlı olarak yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar değişkenlik gösterebilmektedir. Yapılacak çalışmalarda bu durum dikkate alınarak farklı oran ve tiplerde SBR lateks kullanımının harçların taze ve sertleşmiş özellikleri üzerindeki etkisi incelenebilir. Ayrıca farklı kütleme şartlarına bağlı olarak durabilite özelliklerinin belirlenmesi de hedeflenebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Palson P, Vıdıvelli B. Mechanical properties of latex modified concrete with silica fume. International Journal of Civil Engineering and Technology. 2017;8(9):701-710.
- [2] Kardon, Joshua B. Polymer-modified concrete. Journal of Materials in Civil Engineering. 1997;9(2):85-92.
- [3] Stampino PG, Zampori L, Dotelli G, Meloni P, Sora IN, Pelosato R. Use of admixtures in organic-contaminated cement-clay pastes. Journal of Hazardous Materials. 2009;161(2-3):862-870.
- [4] Aggarwal LK., Thapliyal PC, Karade SR. Properties of polymer-modified mortars using epoxy and acrylic emulsions. Construction and Building Materials. 2017;21(2):379-383.
- [5] Eren F, Gödek E, Keskinates M, Tosun-Felekoğlu K, Felekoğlu B. Effects of latex modification on

- fresh state consistency, short term strength and long term transport properties of cement mortars. *Construction and Building Materials*. 2017;133:226-233.
- [6] Rozenbaum O, Pellenq RM, Van Damme H. An experimental and mesoscopic lattice simulation study of styrene-butadiene latex-cement composites properties. *Materials And Structures*. 2005;38(4):467-478.
- [7] Lavelle JA. Acrylic latex-modified Portland cement. *Materials Journal*. 1988;85(1):41-48.
- [8] Kim HK, Lee MH. Generalized Eichler-Shimura isomorphisms for compact locally symmetric spaces. *Osaka Journal of Mathematics*. 1988;35(2):407-415.
- [9] Dayo AA, Kumar A, Raja A, Bheel N, Shaikh ZH. Use of sugarcane bagasse ash as a fine aggregate in cement concrete. *Engineering Science and Technology International Research Journal*. 2019;3(3):8-11.
- [10] Wagner HB. Polymer-modified hydraulic cements. *Industrial & Engineering Chemistry Product Research and Development*. 1965;4(3):191-196.
- [11] Radhakrishnan R, SyamPrakash V, Thampan CK, Varma P. Performance of styrene butadiene rubber as a concrete repair material in tropical climate. *International Journal of Advancements in Research & Technology*. 2012;1(6):118-122.
- [12] Afridi MUK, Ohama Y, Iqbal MZ, Demura K. Behaviour of Ca(OH)₂ in polymer modified mortars. *International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete*. 1989;11(4):235-244.
- [13] Lho BC, Joo, MK, Choi KH, Choi JY. Effects of polymer-binder ratio and slag content on strength properties of autoclaved polymer-modified concrete. *KSCE Journal of Civil Engineering*. 2012;16(5):803-808.
- [14] Hwang EH, KoYS, Jeon JK. Effect of polymer cement modifiers on mechanical and physical properties of polymer-modified mortar using recycled artificial marble waste fine aggregate. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 2008;14(2):265-271.
- [15] Yao SY, Ge Y. Effect of styrene butadiene rubber latex on mortar and concrete properties. *Advanced Engineering Forum*. 2012;5:283-288.
- [16] Ohama Y. Principle of latex modification and some typical properties of latex-modified mortars and concretes adhesion; binders (materials); bond (paste to aggregate); carbonation; chlorides; curing; diffusion. *Materials Journal*. 1987;84(6):511-518.
- [17] Baghini MS, Ismail A, Karim MR, Shokri F, Firoozi AA. Effect of styrene-butadiene copolymer latex on properties and durability of road base stabilized with Portland cement additive. *Construction and Building Materials*. 2014;68:740-749.
- [18] Doğan M, Bideci A. Effect of styrene butadiene copolymer (SBR) admixture on high strength concrete. *Construction and Building Materials*. 2016;112:378-385.
- [19] Kim KK, Yeon J, Hee Lee J, Yeon KS. Feasibility study of SBR-modified cementitious mixtures for use as 3D additive construction materials. *Polymers*. 2019;11(8):1321.
- [20] Kardon JB. Polymer-modified concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*. 1997;9(2):85-92.
- [21] Sakai E, Sugita J. Composite Mechanism of Polymer Modified Cement. *Cement and Concrete Research*. 1995;25(1):127-135.
- [22] Ollitrault-Fichet R, Gauthier C, Clamen G, Boch P. Microstructural Aspects in a Polymer-Modified Cement. *Cement and Concrete Research*. 1998;28(12):1687-1693.
- [23] Kim MO. Influence of Polymer Types on the Mechanical Properties of Polymer-Modified Cement Mortars. *Applied Sciences*. 2020;10(3):1061.
- [24] Ohama Y, Nishimura T, Miyaka T, Kan S. Proposed Mix Proportioning of Polymer-Modified Concrete. In: *proc. of the 3rd Int. Cong, on Polymers in Concrete*. Koriyama;Japan; 1982. p. 178-192.
- [25] Rossignolo JA. Effect of silica fume and SBR latex on the paste/aggregate interfacial transition zone. *Materials Research*. 2007;10(1):83-86.
- [26] Benali Y, Ghomari F. Mechanical behavior and durability of latex modified mortars. *Journal of Building Materials and Structures*. 2018;5(1):110-126.
- [27] Idrees M, Nazar R. Effect of SBR on physical and mechanical properties of concrete. 10 th International Concrete Congress. Bursa, 2019. p. 9.
- [28] Rossignolo JA, Agnesin MV. Durability of polymer-modified lightweight aggregate concrete. *Cement and Concrete Composites*. 2004;26(4):375-380.
- [29] Shafieyzadeh M. Prediction of compressive strength of concretes containing silica fume and styrene-butadiene rubber (SBR) with a mathematical model. *International Journal of Concrete Structures and Materials*. 2013;7(4):295-301.
- [30] Essa MS, Abdul-Amir AM, Hassan NF. Effect of Adding (SBR) on Concrete Properties and Bond Between Old and New Concrete. *Kufa journal of Engineering*. 2012;4(1):81-95.
- [31] Soni K, Joshi YP. Performance analysis of styrene butadiene rubber-latex on cement concrete mixes. *Journal of Engineering Research and Applications*. 2014;3(1):838-44.
- [32] Bideci A, Doğan M, Çomak B, Bideci ÖS, Besli E. Stiren-Bütadien Kopolimer Katkısının Çimento Harçlarına Etkisi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*. 2016;4(1).
- [33] Shirshova N, Menner A, Funkhouser GP, Bismarck A. Polymerised high internal phase emulsion cement hybrids: Macroporous polymer scaffolds for setting cements. *Cement and Concrete Research*. 2011;41(4):443-450.
- [34] Schulze J. Influence of Water-Cement Ratio and Cement Content on the Properties of Polymer-Modified Mortars. *Cement and Concrete Research*. 1999;29(6):909-915.
- [35] Wu KR, Zhang D, Song JM. Properties of polymer-modified cement mortar using pre-enveloping

- method. *Cement and Concrete Research*. 2002;32(3):425-429.
- [36] Issa MA, Alhassan MA, Shabila H. High-performance plain and fibrous latex-modified and microsilica concrete overlays. *Journal of Materials in Civil Engineering*. 2008;20(12):742-753.
- [37] Shaukat AJ, Feng H, Khitab A, Jan A. Effect of Admixtures on Mechanical Properties of Cementitious Mortar. *Civil Engineering Journal*. 2020;6(11):2175-2187.
- [38] Singh SB, Pankaj Munjal, and Nikesh Thammishetti. Role of Water/cement Ratio on Strength Development of Cement Mortar. *Journal of Building Engineering*. 2015;4:94-100.
- [39] Tchegnina Ngassam IL, Marceau S, Chaussadent T. Durability of polymer modified repair mortars on concrete structures. In *Advanced Materials Research*. 2013;687:397-402.
- [40] Wang M, Wang R, Yao H, Farhan S, Zheng S, Wang Z, et al. Research on the mechanism of polymer latex modified cement. *Construction and Building Materials*. 2016;111:710-718.
- [41] American Society for Testing and Materials, ASTM C1437-01: Standard test method for flow of hydraulic cement mortars, *Annual Book of ASTM Standards*. Philadelphia:2005; p. 611-612.
- [42] ASTM, C. C138-Standard Test Method for Unit Weight, Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete. 2001.
- [43] ASTM, C. Standard test method for flexural strength of concrete (using simple beam with third-point loading). In *American society for testing and materials*. 2010;100:p. 19428-2959.
- [44] Standard, A. S. T. M. C642. Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2013.
- [45] ASTM, C. (2013). 1585. Standard Test Method for Measurement of Rate of Absorption of Water by Hydraulic-", ASTM Int, 4-9.
- [46] Baş B. Lateks katkılı sıva harçlarının özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü; 2009.
- [47] Shete GN, Upase KS. Evaluation of compressive strength and water absorption of styrene butadiene rubber (SBR) latex modified concrete. *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*. 2014;4(10):40-44.
- [48] Ceran A. Polimer esaslı lateks katkının çimento harç özellikleri üzerindeki etkisinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü; 2009.
- [49] Yao SY, Ge Y. Effect of styrene butadiene rubber latex on mortar and concrete properties. In *Advanced Engineering Forum*. 2012;5:283-288.
- [50] Ali AS, Jawad HS, Majeed IS. Improvement the Properties of Cement Mortar by Using Styrene Butadiene Rubber Polymer. *Journal of Engineering and Development*. 2012;16(3):1813-7



Antimicrobial Activity of Pigments Extracted from *Auxenochlorella protothecoides* SC3 against *Pseudomonas aeruginosa*

Elif ARSLAN^{1,2}, Şeymanur ÇOBANOĞLU^{1,2}, Ayşenur YAZICI^{1,2*}

¹ Erzurum Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Erzurum, Türkiye

² Erzurum Teknik Üniversitesi, Yüksek Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (YUTAM), Erzurum, Türkiye

Elif ARSLAN ORCID No: 0000-0001-7310-241X

Şeymanur ÇOBANOĞLU ORCID No: 0000-0002-2805-0523

Ayşenur YAZICI ORCID No: 0000-0002-3369-6791

*Corresponding author: aysenur.ozdemir@erzurum.edu.tr

(Alınış: 30.04.2021, Kabul: 12.10.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Keywords

Auxenochlorella protothecoides, Antimicrobial, Pigment

Abstract: Nowadays, natural microbial pigments are emerging as potential candidate therapeutic agents that can be used in antibiotic resistance. In this paper, we report the antimicrobial activity of green algae pigments. Green algae SC3 isolate was isolated from soil in Erzurum. Pigments extracted by methanol: dimethyl sulfoxide solvents were partially characterized by Thin Layer Chromatography (TLC), UV-Absorbance, and Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR). The antimicrobial activity of pigments was determined with agar well diffusion and microbroth assays against *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853 and clinic isolate), *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) and *Escherichia coli* (ATCC 25922). To identify green algae, total DNA was isolated and both 18S rRNA and 16S rRNA for the chloroplast genome were amplified using universal primers. Thus, this alga was identified as *Auxenochlorella protothecoides* and submitted to Genbank (Accession number: MW139225 and MW063613). According to our results, the best antimicrobial activity was recorded against *P. aeruginosa*. Our results show for the first time the antimicrobial activity of the total pigments from *A. protothecoides* green algae.

Auxenochlorella protothecoides SC3'ten Ekstre Edilen Pigmentlerin *Pseudomonas aeruginosa*'ya karşı Antimikrobiyal Aktivitesinin Değerlendirilmesi

Anahtar Kelimeler

Auxenochlorella protothecoides, Antimikrobiyal, Pigment

Öz: Günümüzde, doğal mikrobiyal pigmentler, antibiyotik direncinde kullanılabilecek potansiyel aday terapötik ajanlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada, yeşil alg pigmentlerinin antimikrobiyal aktivitesi gösterilmiştir. Yeşil alg SC3 izolatu Erzurum'da topraktan izole edildi. Metanol:dimetil sülfoksit ile ekstrakte edilen pigmentler kısmi olarak ince tabaka kromatografisi (TLC), UV-Absorbansı ve fourier-transform kızılötesi spektroskopisi (FTIR) yöntemleri ile karakterize edildi. Pigmentlerin antimikrobiyal aktivitesi, *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853 ve klinik izolatu), *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) ve *Escherichia coli* (ATCC 25922)'ye karşı agar difüzyon ve mikropalak deneyleri ile belirlendi. SC3 izolatını tanımlamak için total DNA izole edildi ve hem 18S rRNA bölgesi hem de kloroplast genomu için 16S rRNA bölgesi evrensel primerler kullanılarak çoğaltıldı. Bu şekilde, SC3 izolatu *Auxenochlorella protothecoides* olarak tanımlandı ve Genbank'a kaydedildi (Erişim numarası: MW139225 ve MW063613). Çalışmamıza göre, en iyi antimikrobiyal aktivite *P. aeruginosa*'ya karşı olduğu belirlenmiştir. Sonuçlarımız, *A. protothecoides* yeşil alginden elde edilen total pigmentlerin antimikrobiyal aktivitesini ilk kez göstermektedir.

1. INTRODUCTION

Antibiotic resistance is one of the biggest threats to global health today. The emergence of new resistance mechanisms poses a major threat to global health,

causing high medical costs and mortality. With the increasing bacterial resistance to antibacterial agents and multidrug resistance, the development of new antimicrobial agents and improvement of existing antimicrobial agents is of global importance [1]. One of the antibiotic resistant bacteria is *P. aeruginosa*. It

responsible for nosocomial infections and exhibits resistance to a variety of antibiotics [24]. Urgent treatment option or new antibiotics are required for the treatment of this bacterium.

Microalgae are microscopic microorganisms that can live in all ecosystems, can perform photosynthesis, and can be found in single-cell, colony, or filamentous forms [2–4]. Microalgae are of great interest as a promising resource for the sustainable production of various bioactive compounds. It contains algae biomass, pigments, proteins, essential fatty acids, polysaccharides, vitamins, and minerals [5].

Compound screenings of microalgae have been carried out since 1950. In recent years, bioactive agents produced by microalgae have been used for therapeutic purposes. Many microalgae extracts or extracellular products have been found to have antimicrobial, antifungal, antibiofilm, antiprotozoal, antiplasmodial, antioxidant, anti-inflammatory, antiviral, and antitumor effects [2,3]. Studies have shown that microalgae compounds and their derivatives can be candidates for antimicrobial drug development due to their ability to fight pathogenic bacteria.

A. protothecoides, formerly known as *Chlorella protothecoides*, is eucaryotic microalga that supports mixotrophic metabolism. In this study, the pigments from *A. protothecoides* SC3 isolated from soil identified using both 16S rRNA for chloroplast and 18S rRNA gene. The pigments were partially characterized using TLC, UV-Abs, and FTIR. To investigate the antimicrobial potential of *A. protothecoides* pigments against bacterial pathogens, we extracted total pigments from biomass of solid culture. Inhibition zone obtained from agar-well diffusion assay and minimum inhibitory concentration (MIC) were calculated. In light of the information obtained as a result of the study, the pigments of *A. protothecoides* SC3 demonstrate antimicrobial activity against *P. aeruginosa*.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Materials and Bacterial Strains

All chemicals were analytical grade and mediums were purchased from Oxoid (England). *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853 and clinic isolate of our laboratory stock), *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) and *Escherichia coli* (ATCC 25922) were used as the reference bacterial pathogens to investigate the antimicrobial activity.

2.2. Isolation of Pigment Producer Algal Isolate

The soil sample is collected in November 2019 from the Erzurum city in Turkey. 0,5 gr of soil sample was diluted in 10 mL sterile water and serial dilution was made. 100 µL of 10⁻⁴ dilution sample was seeded on the YEPC agar (Yeast extract 5,0 g/L; D(+) Glucose 20,0 g/L; Chloramphenicol 0,1 g/L; Agar-agar 14,9 g/L) plate. After 7 days of incubation at 25 °C, colonies were

picked. Green colonies were examined under a light microscope and selected as a eukaryotic alga for further experiments.

2.3. DNA isolation, 16S and 18S rRNA PCR and Molecular Identification

The 18S rRNA region was amplified using universal ITS primers (ITS1:5'TCCGTAGGTGAACCTGCGG3'; ITS4: 5'TCCTCCGCTTATTGATATGC3'). The 16S rRNA region in the chloroplast genome was amplified using universal 27F and 1392R primers (27F: 5'AGAGTTTGATCMTGGCTCAG3'; 1392R: 5'ACGGGCGGTGTGTRC3'). The PCR contained 5 µL of PCR buffer, 40.2 µL of nuclease-free water, 0.7 µL dNTP (25 mM), 0.8 µL of each primer, and 2 µL of DNA 0,5 µL of Taq polymerase (Dream Taq, Thermo). Thermal cycling followed the following steps: 2 min at 95°C, 30 cycles of 94°C for 45 sec, 55°C for 45 sec and 72°C for 1 min, a final extension at 72°C for 10 min. After PCR, the amplicons were visualized in 100 mL 1% (w/v) agarose gel with 3 µL ethidium bromide (5 mg/mL). Then, PCR products were purified with a PCR purification kit (Invitrogen) and sequenced in both directions.

2.4. Pigment Extraction

Pigment production was carried out in MYEB (10 g/L glucose; 5 g/L peptone; 3 g/L malt extract; 3 g/L yeast extract pH: 6,3) medium. The extraction of pigments from isolated algae was made according to [6], with modifications. Briefly, 1 g of bacterial cell pellet and methanol: dimethyl sulfoxide (DMSO) (2:1) solvent was transferred into the tube. Cells were broken by a homogenizer (Qiagen). Then, cells were harvested by centrifugation at 9.000 rpm for 10 minutes. The supernatant was gathered.

2.5. Thin-layer chromatography (TLC), UV-Absorbance, and FT-IR

The extracted pigments were implemented on the aluminum-supported TLC plates (Merck, silica gel 60 F254). Methanol: dichloromethane (7:3, v/v) was used as a solvent system. After equilibration, the TLC plate was extinguished and air-dried. Afterward, R_f (retention factor) values were calculated.

Absorbance spectrum and fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) was executed as to [7] with some modifications. Absorbance was scanned using a spectrophotometer (Multiskan GO, Thermo) between 300 and 800 nm to attain the absorption wavelength related to this pigment. Initial scanning, methanol:DMSO (2:1) was used as blank.

Fourier Transform Infrared-Attenuated Total Reflectance (FTIR-ATR, Bruker VERTEX 70V) spectroscopy was used to detect functional groups of pigments. Spectra were measured within the frequency range 500-4000 cm⁻¹.

2.6. Agar-well Diffusion Assay

Former screening of antimicrobial composition from bacteria was made using agar-well diffusion assay [8]. In brief, 0.5 McFarland (1×10^5 CFU mL⁻¹) pathogen bacterial suspension was overlaid Mueller Hilton Agar (MHA) medium and made a hole using 6 mm cork borer. 150 μ L of pigment was seeded onto wells. The inhibition zone was measured to detect the antimicrobial effects.

2.7. Minimum Inhibitory Concentration (MIC)

Different concentrations of pigments (0,5-512 μ g mL⁻¹) and 0,5 McFarland bacterial cells were added to the 96-well plate. The plate was incubated for 24 hours at 37°C. The lowest concentration with no growth was recorded for pathogens as MIC [8].

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Molecular Characterization of Algal Isolate

To identify microalgae SC3 isolate, 18S rRNA was amplified using universal ITS1 and ITS4 primers. In this way, 647 base pairs were amplified and registered in the NCBI database with the number MW139225. Furthermore, 1,296 base pairs of chloroplast 16S rRNA region was multiplied using other universal 27F and 1392R primers. This region was registered in NCBI GenBank with the accession number MW063613.

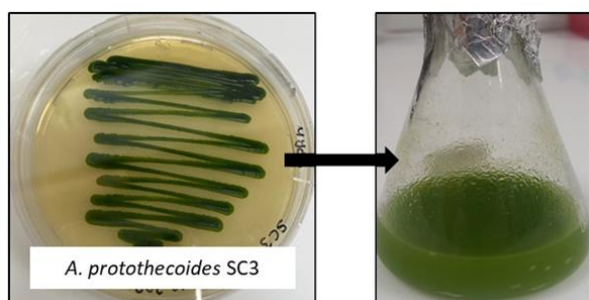


Figure 1. The petri images and liquid culture of *A. protothecoides* SC3 isolate in MYEB medium.

Microalgae can survive in a wide range of environmental habitat. Especially, they are predominantly found in fresh and marine water [9]. Interestingly, the purification of *A. protothecoides* from soil samples collected from Erzurum city was carried out in our screening of antimicrobial molecule producing isolates.

A. protothecoides is a biotechnologically important species. In particular, it is a potential resource in biofuel production due to its high lipid content [10]. Furthermore, this alga has antifungal activity against *A. niger*, *A. alternata* and *P. expansum* and extract of *A. protothecoides* has a stronger antioxidant activity [6].

3.2. Characterization of Pigments

The pigments of *A. protothecoides* SC3 were elucidated using TLC, UV-Abs and FT-IR. The four pigments were detected in the TLC plate and Rf values of them were calculated. Green, blue, yellow and brown spots shown in Figure 2 demonstrated that *A. protothecoides* SC3 have different types of pigments. The Rf value of green, blue, yellow and brown pigments was 0,97; 0,89; 0,72; 0,64; respectively.

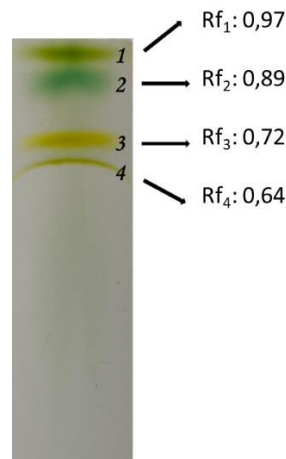


Figure 2. TLC images of *A. protothecoides* SC3 pigments

Microbial pigments are colorful compounds produced by bacteria, fungi, and algae. Pigments can be used for food additives, textile, cosmetic dyes and medical applications in the industry [11–13]. Carotenoid, which is a highly valuable bioactive molecule stored in microalgae, has antimicrobial properties. Carotenoids are natural pigments that show a multi-spectrum color band, including bright yellow (lutein), orange (astaxanthin), red (lycopene) [14].

UV- absorbance spectrum of *A. protothecoides* SC3 pigments was measured with spectrophotometer at a wavelength region of 300-800 nm. As shown in Figure 3, the maximum absorbance value is 440-450 nm and the second maximum absorbance is 665-675 nm. In addition, there are other peaks in 330-340 nm and 620-630 nm. Each pigment gives a different absorbance spectrum [15]. Thus, the *A. protothecoides* pigments could possibly be chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoid.

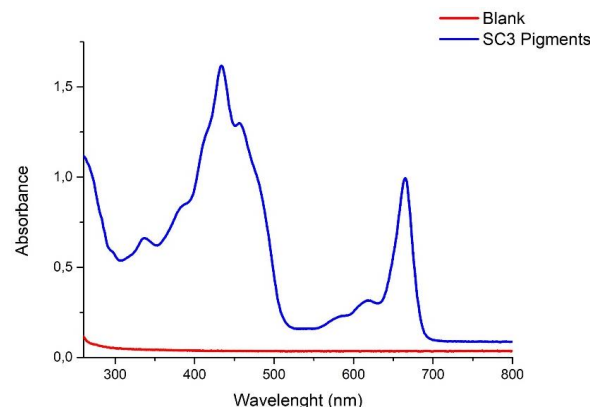


Figure 3. UV-Absorbance spectrum of *A. protothecoides* SC3 pigments

FTIR is a technique used in the partial characterization of microbial pigments. The pigment composition of *A. protothecoides* SC3 was determined using a FTIR-ATR spectrum of pigment extract and FTIR spectra result from the contributions of all pigments. Several major peaks at 3330, 2925, 2850, 1105, 1040 was observed from transmission spectrum. As shown in Figure 4, FTIR spectrum of the total pigments indicates the presence of high density chlorophyll pigment [16].

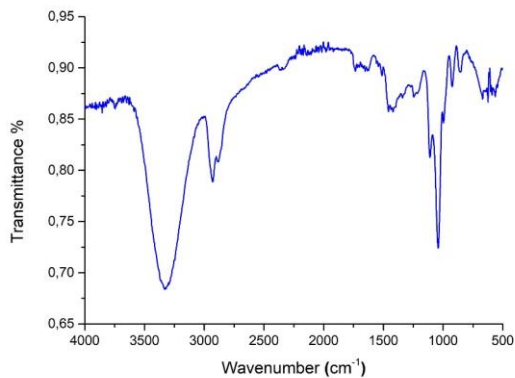


Figure 4. FTIR spectrum of *A. protothecoides* SC3 pigments

3.3. Antimicrobial Activity of Pigments

The methanol:DMSO extract of *A. protothecoides* SC3 isolate was tested. To determine the antimicrobial activity of *A. protothecoides* SC3 pigments, the inhibition zone was measured against all bacterial pathogens. Inhibition zone diameters were determined as 15 mm and 20 mm against *P. aeruginosa* ATCC 27853 and clinical isolate, respectively. Furthermore, 8 mm diameter zone was measured against *E. coli* (ATCC25922). It did not show antimicrobial activity against *S. aureus* (ATCC 25923).

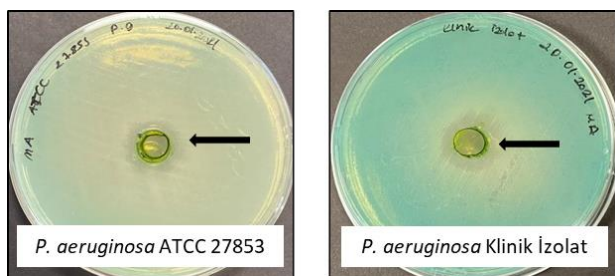


Figure 5. Agar-well diffusion assay images.

MIC value is also determined with broth microdilution assay. MIC was defined as the lowest concentration of pigment compounds that inhibited the visible growth of a microorganism after 24h incubation with minimum concentration of pigment compounds. MIC value against *P. aeruginosa* reference and clinical isolate is $\geq 64 \mu\text{g mL}^{-1}$ and $64 \mu\text{g mL}^{-1}$, respectively. Furthermore, MIC values against *E. coli* and *S. aureus* were determined. MIC value of SC3 total extract is $>128 \mu\text{g/mL}$ against *E. coli*. In contrast, the MIC value for *S. aureus* was found to be $>512 \mu\text{g/mL}$. These results demonstrated that pigments of *A. protothecoides* SC3 shows antibacterial effect against *P. aeruginosa*. Another interesting case is that when the *A. protothecoides* SC3 isolate grows in the

dark, the resulting pigments show more antimicrobial properties (data not shown). The results of MIC value revealed that total extract of SC3 isolate had more antibacterial effect on Gram-negative bacteria compared to Gram-positive types. Considering that antibiotics used against Gram negative bacteria, especially *P. aeruginosa*, have decreased, SC3 pigments appear to be a potential application area.

Green algae of the genus *Chlorella* contain many natural metabolites such as anticancer, antifungal, antioxidant and antibacterial compounds [17]. These bioactive compounds carotenoids, sulfated polysaccharides, sterols, PUFAs (n-3) fatty acids, canthaxanthin, astaxanthin, peptide, oleic acid, eicosapentaenoic acid (EPA), zeaxanthin, violaxanthin, lutein, phenolic, terpenoids, alkaloids, phytol, phenol [18]. The antibacterial properties of microalgae have been known since the 1940s. Since the emergence of the antibiotic resistance problem, algae metabolites have started to attract attention again [19].

Sampathkumar et al. (2019) reported that lutein isolated from *Chlorella pyrenoidosa* showed antibiofilm and quorum sensing inhibitor properties [14]. Vehabi et al. (2020) showed that methanol extract of *A. protothecoides* has antifungal and antioxidant activity [6].

The most important type of carotenoid found in *A. protothecoides* microalgae pigments is lutein. Lutein content increases under stress conditions [20]. However, Indhu and Iyer (2017) reported that lutein isolated from *Chlorella* spp. has no antibacterial activity against *Staphylococcus* and *E.coli* using agar diffusion assay [21]. Similar findings were observed in our study against *S. aureus* for the total pigment of SC3 isolate.

A. protothecoides is also important as a species of algae with very high lipid content. The lipid content is related to the nitrogen and glucose source [22,23]. The antimicrobial molecule content can be increased by optimizing the medium. Özçimen (2017) showed the antifungal activity of microalgae oil isolated from *Chlorella protothecoides* against fungal microorganisms such as *Botrytis cinerea* and *Aspergillus niger* [17].

4. CONCLUSION

A. protothecoides is a green microalga that is a biotechnological significant characteristic. In the current study, we isolated *A. protothecoides* SC3 isolate from soil and its pigment was extracted with methanol:DMSO solvent. The antimicrobial activity of pigments against *P. aeruginosa*, a Gram-negative bacteria, indicates that this algae species is an important species to antimicrobial resistance. However, further characterization studies are needed for these pigments.

REFERENCES

- [1] Coates A, Hu Y, Bax R, Page C. The future challenges facing the development of new antimicrobial drugs. *Nat Rev Drug Discov* 2002;1:895–910.
- [2] Amaro H, Guedes A, Malcata F. Antimicrobial activities of microalgae: an invited review. *Sci against Microb Pathog Commun Curr Res Technol Adv* 2011:1272–80.
- [3] López Y, Soto SM. The Usefulness of Microalgae Compounds for Preventing Biofilm Infections. *Antibiotics* 2019;9:9.
- [4] Asker D, Awad TS. Isolation and characterization of a novel lutein-producing marine microalga using high throughput screening. *Food Res Int* 2019;116:660–7.
- [5] Mourelle M, Gómez C, Legido J. The Potential Use of Marine Microalgae and Cyanobacteria in Cosmetics and Thalassotherapy. *Cosmetics* 2017;4:46.
- [6] Vehapi M, Koçer AT, Yılmaz A, Özçimen D. Investigation of the antifungal effects of algal extracts on apple-infecting fungi. *Arch Microbiol* 2020;202:455–71.
- [7] Kendirlioglu G, Kadri Cetin A. Effect of different wavelengths of light on growth, pigment content and protein amount of *Chlorella vulgaris*. *Fresenius Environ Bull* 2017;25:7974–80.
- [8] Balouiri M, Sadiki M, Ibsouda SK. Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. *J Pharm Anal* 2016;6:71–9.
- [9] Rojas V, Rivas L, Cárdenas C, Guzmán F. Cyanobacteria and Eukaryotic Microalgae as Emerging Sources of Antibacterial Peptides. *Molecules* 2020;25.
- [10] Polat E, Altınbaş M. Optimization of *Auxenochlorella protothecoides* lipid content using response surface methodology for biofuel production. *Biomass Convers Biorefinery* 2020.
- [11] Neha T, Shishir T, Ashutosh D. Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) profiling of red pigment produced by *Bacillus subtilis* PD5. *African J Biotechnol* 2017; 16:1507 – 12.
- [12] Ramesh C, Vinithkumar NV, Kirubakaran R, Venil CK, Dufossé L. Multifaceted applications of microbial pigments: Current knowledge, challenges and future directions for public health implications. vol. 7. 2019.
- [13] Sen T, Barrow CJ, Deshmukh SK. Microbial pigments in the food industry—challenges and the way forward. *Front Nutr* 2019;6:1–14.
- [14] Sampathkumar SJ, Srivastava P, Ramachandran S, Sivashanmugam K, Gothandam KM. Lutein: A potential antibiofilm and quorum sensing molecule from green microalga *Chlorella pyrenoidosa*. *Microb Pathog* 2019;135:103658.
- [15] Redmond S. *Gracilaria Culture Handbook for New England* Gracilaria Culture Handbook for New England 2017.
- [16] Ahmed JK. Effect of Chlorophyll and Anthocyanin on the Secondary Bonds of Poly Vinyl Chloride (PVC). *Int J Mater Sci Appl* 2015;4:21.
- [17] Özçimen D. *Chlorella protothecoides* Mikroalg Yağının *Botrytis cinerea* ve *Aspergillus niger* Küflerine Karşı Antifungal Etkisinin İncelenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Derg* 2018;15:45–52.
- [18] Vaz B da S, Moreira JB, Morais MG de, Costa JAV. Microalgae as a new source of bioactive compounds in food supplements. *Curr Opin Food Sci* 2016;7:73–7.
- [19] Jyotirmayee P, Sachidananda D, Basanta K Das. Antibacterial activity of freshwater microalgae: A review. *African J Pharm Pharmacol* 2014;8:809–18.
- [20] Wei D, Chen F, Chen G, Zhang XW, Liu LJ, Zhang H. Enhanced production of lutein in heterotrophic *Chlorella protothecoides* by oxidative stress. *Sci China, Ser C Life Sci* 2008;51:1088–93.
- [21] Indhu, R., Iyer, P., 2017. Extraction, anti-oxidant, anti-bacterial and anti-cancer activity of lutein from microalgae. *Int.J.Curr.Res.Biosci.Plantbiol.* 4(9): 42-46.
- [22] Fei Q, Fu R, Shang L, Brigham CJ, Chang HN. Lipid production by microalgae *Chlorella protothecoides* with volatile fatty acids (VFAs) as carbon sources in heterotrophic cultivation and its economic assessment. *Bioprocess Biosyst Eng* 2015;38:691–700.
- [23] Shen Y, Yuan W, Pei Z, Mao E. Heterotrophic culture of *Chlorella protothecoides* in various nitrogen sources for lipid production. *Appl Biochem Biotechnol* 2010;160:1674–84.
- [24] Pang, Z., Raudonis, R., Glick, B. R., Lin, T. J., & Cheng, Z. (2019). Antibiotic resistance in *Pseudomonas aeruginosa*: mechanisms and alternative therapeutic strategies. *Biotechnology advances*, 37(1), 177-192.



Investigation of Nonlinear Wave Solutions in Fluid Mechanics

Tolga AKTÜRK^{1*}, Yusuf GUREFE²

¹ Ordu University, Faculty of Education, Department of Mathematics and Science Education, Ordu, Turkey

² Mersin University, Faculty of Sciences, Department of Mathematics, Mersin, Turkey

Tolga AKTÜRK ORCID No: 0000-0002-8873-0424

Yusuf GUREFE ORCID No: 0000-0002-7210-5683

*Corresponding author: tolgaakturk@odu.edu.tr

(Alınış: 03.05.2021, Kabul: 18.09.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Keywords

Modified exponential function method, The (3+1)-dimensional Yu-Toda-Sasa-Fukuyama equation, Traveling wave solutions

Abstract: In this study, the traveling wave solutions of the (3 + 1) -dimensional potential Yu-Toda-Sasa-Fukuyama (YTSE) equation are get using the modified exponential function method (MEFM). It has been observed that the obtained solution functions are in the form of trigonometric, hyperbolic and rational functions. The solution functions that arose from the process of the method are checked by Wolfram Mathematica software and it has seen that they satisfy the (3 + 1)- dimensional potential Yu-Toda-Sasa-Fukuyama (YTSE) equation. Two and three dimensional, contour and density graphs of the solution function are found by determining the appropriate parameters.

Akışkanlar Mekaniğinde Doğrusal Olmayan Dalga Çözümlerinin İncelenmesi

Anahtar Kelimeler

Geliştirilmiş üstel fonksiyon metodu, (3+1)-Boyutlu Yu-Toda-Sasa-Fukuyama denklemi, Hareketli dalga çözümleri

Öz: Bu çalışmada, (3+1) boyutlu potansiyel Yu-Toda-Sasa-Fukuyama (YTSE) denkleminin yürüyen dalga çözümleri değiştirilmiş üstel fonksiyon yöntemi (MEFM) kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen çözüm fonksiyonlarının trigonometrik, hiperbolik ve rasyonel fonksiyonlar şeklinde olduğu görülmüştür. Yöntemin işleminde ortaya çıkan çözüm fonksiyonları Wolfram Mathematica yazılımı ile kontrol edilmiş ve (3+1) boyutlu potansiyel Yu-Toda-Sasa-Fukuyama (YTSE) denklemini sağladıkları görülmüştür. Çözüm fonksiyonunun iki ve üç boyutlu, kontur ve yoğunluk grafikleri uygun parametreler belirlenerek bulunur.

1. INTRODUCTION

Nonlinear partial differential equations and the solutions of these types of equations are used in physics, engineering, health, and social sciences, etc. They have an essential place in the branches of science because such equations represent the mathematical model of a given event. In the literature, there are various methods for obtaining the numerical or analytical solutions of such equations. Some of these methods in the literature are, the generalized Bernoulli sub-equation function method [1-2], the trial equation method [3-7], the modified, extended tanh-function method [8-9], the first integral method [10], generalized tanh function method [11], the modified exponential function method [12-16] and many more methods.

In this study, we consider the (3+1) dimensional potential YTSE equation given in the following [17-19],

$$-4u_{xt} + u_{xxxz} + 4u_x u_{xz} + 2u_{xx} u_z + 3u_{yy} = 0. \quad (1)$$

The mathematical model in equation (1) has an important place in plasma physics and fluid dynamics. There are various methods in the literature [20-25] for the solutions of equation (1). In the second part of this study, the modified exponential function method is introduced. In the third part, the solutions for the (3 + 1)-dimensional YTSE equation are obtained by applying MEFM. Besides that two and three dimensional and contour graphs are presented. The conclusion part is given in the end.

2. MATERIALS AND METHODS

Let us consider the general form of the nonlinear partial differential equation for the modified exponential function method as follows;

$$P(U, U_x, U_y, U_z, U_t, U_{xx}, U_{xt}, U_{yy}, U_{xxx}, \dots) = 0, \quad (2)$$

where $U = U(x, y, z, t)$ is the unknown function.

Step 1. The wave transformation given below is considered for the independent variables of equation (1),

$$U(x, y, z, t) = U(\xi), \xi = k(x + y + z - ct), \quad (3)$$

The terms k and c in the wave transformation are constants. If the solution function $U(\xi)$ in (3) and the related derivatives are substituted into (2), a nonlinear ordinary differential equation is obtained as in the following form,

$$N(U, U', (U')^2, U'', U''', \dots) = 0, \quad (4)$$

the general form of the nonlinear ordinary differential equation is get.

Step 2: According to this method, the solution function of equation (1) is as follows;

$$U(\xi) = \frac{\sum_{i=0}^n A_i [\exp(-\Omega(\xi))]^i}{\sum_{j=0}^m B_j [\exp(-\Omega(\xi))]^j} = \frac{A_0 + A_1 \exp(-\Omega) + \dots + A_n \exp(n(-\Omega))}{B_0 + B_1 \exp(-\Omega) + \dots + B_m \exp(m(-\Omega))}, \quad (5)$$

where $A_i, B_j, (0 \leq i \leq n, 0 \leq j \leq m)$ are constants. The balancing procedure is applied to the nonlinear ordinary differential equation (4) obtained by using the wave transformation. In other words, by balancing the term having the highest order derivative and the nonlinear term in equation (4), the relation between m and n is obtained. By determining the parameters that satisfy the this balancing relation, the upper limits of the summation symbols in equation (5) are revealed.

The $\Omega(\xi)$ function that situated in (5) satisfies the following ODE [27].

$$\Omega'(\xi) = \exp(-\Omega(\xi)) + \mu \exp(\Omega(\xi)) + \lambda. \quad (6)$$

Family 1: When $\mu \neq 0, \lambda^2 - 4\mu > 0,$

$$\Omega(\xi) = \ln \left(\frac{-\sqrt{\lambda^2 - 4\mu}}{2\mu} \tanh \left(\frac{\sqrt{\lambda^2 - 4\mu}}{2} (\xi + E) \right) - \frac{\lambda}{2\mu} \right). \quad (7)$$

Family 2: When $\mu \neq 0, \lambda^2 - 4\mu < 0,$

$$\Omega(\xi) = \ln \left(\frac{\sqrt{-\lambda^2 + 4\mu}}{2\mu} \tan \left(\frac{\sqrt{-\lambda^2 + 4\mu}}{2} (\xi + E) \right) - \frac{\lambda}{2\mu} \right). \quad (8)$$

Family 3: When $\mu = 0, \lambda \neq 0$ and $\lambda^2 - 4\mu > 0,$

$$\Omega(\xi) = -\ln \left(\frac{\lambda}{\exp(\lambda(\xi + E)) - 1} \right). \quad (9)$$

Family 4: When $\mu \neq 0, \lambda \neq 0$ and $\lambda^2 - 4\mu = 0,$

$$\Omega(\xi) = \ln \left(-\frac{2\lambda(\xi + E) + 4}{\lambda^2(\xi + E)} \right). \quad (10)$$

Family 5: When $\mu = 0, \lambda = 0$ and $\lambda^2 - 4\mu = 0,$

$$\Omega(\xi) = \ln(\xi + E). \quad (11)$$

Step 3: The substitution of (5) into NLODE (4), considering (6), produces an algebraic equation system consisting of coefficients $A_0, A_1, \dots, A_n, B_0, B_1, \dots, B_m$. When this system of equations is solved with the help of the Mathematica program, the traveling wave solutions that satisfy equation (1) are obtained.

3. APPLICATIONS

By using the traveling wave transformation (3), equation (1) return to the following nonlinear ordinary differential equation,

$$(4c + 3)U' + k^2U'' + 3k(U')^2 = 0. \quad (12)$$

If $U' = V$ transform is applied in order to make integral operations with ease in equation (12),

$$(4c + 3)V + k^2V'' + 3kV^2 = 0. \quad (13)$$

In equation (13), if the equalization term is applied between V'' and V^2 according to the definition given above,

$$M + 2 = N. \tag{14}$$

If $M=1$ is chosen so as to provide the equality in equation (14), $N=3$ is obtained. In this case, the necessary derivative terms in equation (5) and the nonlinear ordinary differential equation are obtained as follows:

$$V(\xi) = \frac{\psi}{\phi} = \frac{A_0 + A_1 e^{-\Omega(\xi)} + A_2 e^{-2\Omega(\xi)} + A_3 e^{-3\Omega(\xi)}}{B_0 + B_1 e^{-\Omega(\xi)}}, \tag{15}$$

$$V'(\xi) = \frac{\psi'\phi - \psi\phi'}{\phi^2},$$

$$V''(\xi) = \frac{\psi''\phi^3 - \phi^2\psi'\phi' - (\psi\phi'' + \psi'\phi')\phi^2 + 2(\psi')^2\psi\phi}{\phi^4}.$$

CASE 1:

$$A_0 = \frac{\lambda^2 A_3 B_0}{4 B_1} + \frac{(3 + 4c) B_0 B_1}{A_3},$$

$$A_1 = \frac{1}{4} \lambda A_3 \left(\lambda + \frac{4 B_0}{B_1} \right) + \frac{(3 + 4c) B_1^2}{A_3},$$

$$A_2 = A_3 \left(\lambda + \frac{4 B_0}{B_1} \right), k = -\frac{A_3}{2 B_1},$$

$$\mu = \frac{\lambda^2}{4} + \frac{(3 + 4c) B_1^2}{A_3^2}.$$

Using the obtained coefficients, let's investigate the traveling wave solutions of equation (1), considering the following family cases.

Family-1:

$$V_{1,1}(\xi) = \frac{\left(\text{Sech} \left[\frac{1}{2} \phi \right]^2 \left(\left(\sqrt{\lambda^2 - 4\mu} \right) (-2\mu + \alpha + \lambda\beta) A_3^2 - \right) \right)}{\left(4 A_3 B_1 \left(\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 4\mu} \text{Tanh} \left[\frac{1}{2} \phi \right] \right)^2 \right)}. \tag{16}$$

Where $\alpha = (\lambda^2 - 2\mu) \text{Cosh}[\phi]$, $\beta = \sqrt{\lambda^2 - 4\mu} \text{Sinh}[\phi]$, $\phi = \sqrt{\lambda^2 - 4\mu} (EE + \xi)$.

Integrating both sides of the equation $U' = V$ with respect to ξ gives,

$$U_{1,1}(\xi) = \frac{\left(\left(\lambda^2 - 4\mu \right) \left(-2\lambda + \lambda^2 (EE + \xi) - \right) \right) + \left(2\mu (EE + \xi) \right) + 2 \left(\lambda^2 - 4\mu \right) \mu (EE + \xi) \text{Cosh}[\phi] - 4 \sqrt{\lambda^2 - 4\mu} \mu \text{Sinh}[\phi] \right)}{\left(4 \left(\lambda^2 - 2\mu + 2\mu \text{Cosh}[\phi] \right) B_1 \right) + \frac{(3 + 4c)(EE + \xi) B_1}{A_3}}. \tag{17}$$

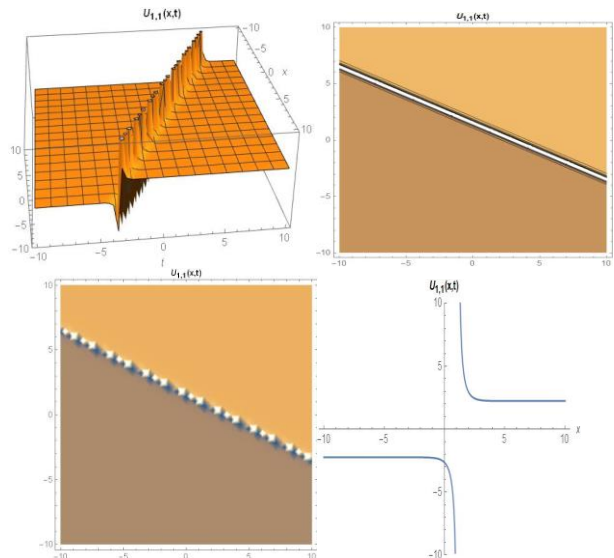


Figure 1. Three-dimensional, contour and density plots of solution (17) for the values $A_3 = 1, c = -2, B_1 = 2, \lambda = 1, k = -\frac{1}{4}, \mu = -\frac{79}{4}, y = -1, z = 1, EE = 0.75$ and $t = 1$ for the two-dimensional graph.

Family 2:

$$V_{1,2}(\xi) = -\frac{\left(\left(\text{Sec} \left[\frac{1}{2} \tau \right] \right)^2 \left(\left(\lambda^2 - 4\mu \right) \left(2\mu - \omega + \varsigma \right) A_3^2 + \right) \right)}{\left(4 A_3 B_1 \left(\lambda - \sqrt{-\lambda^2 + 4\mu} \text{Tan} \left[\frac{1}{2} \tau \right] \right)^2 \right)}. \tag{18}$$

Where $\varsigma = \lambda \sqrt{-\lambda^2 + 4\mu} \text{Sin}[\tau]$, $\omega = (\lambda^2 - 2\mu) \text{Cos}[\tau]$, $\tau = \sqrt{-\lambda^2 + 4\mu} (EE + \xi)$.

The solution $U_{1,2}(\xi)$ is obtained by integrating the function $V_{1,2}(\xi)$ with respect to ξ .

$$U_{1,2}(\xi) = \frac{\left(\left((\lambda^2 - 4\mu)(-2\lambda + \lambda^2(EE + \xi)) + 2 \left((\lambda^2 - 4\mu)\mu(EE + \xi)\cos[\tau] + \frac{4\mu\xi}{\lambda} \right) A_3 \right) \right)}{\left(4(\lambda^2 - 2\mu + 2\mu\cos[\tau])B_1 + (3+4c)(EE + \xi)B_1 \right) A_3} \quad (19)$$

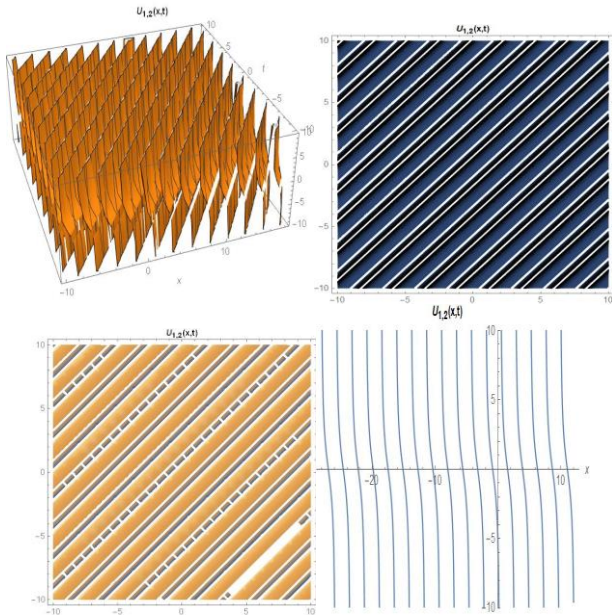


Figure 2. Three-dimensional, contour and density plots of solution (19) for the values $A_3 = 20, c = 1, B_1 = 2, \lambda = 1, k = -5, \mu = \frac{8}{25}, y = -1, z = 1, EE = 0.75$ and $t = 1$ for the two-dimensional graph.

Family 3:

$$V_{1,3}(\xi) = \frac{\lambda^2 \text{Coth} \left[\frac{1}{2} \lambda (EE + \xi) \right]^2 A_3}{4B_1} + \frac{(3+4c)B_1}{A_3} \quad (20)$$

Integrating equation (18) with respect to ξ , solution $U_{1,3}(\xi)$ is derived as in the following,

$$U_{1,3}(\xi) = \frac{\lambda \left(\text{ArcTanh} \left[\text{Tanh} \left[\frac{1}{2} \lambda (EE + \xi) \right] \right] - \text{Coth} \left[\frac{1}{2} \lambda (EE + \xi) \right] \right) A_3}{2B_1} + \frac{(3+4c)\xi B_1}{A_3} \quad (21)$$

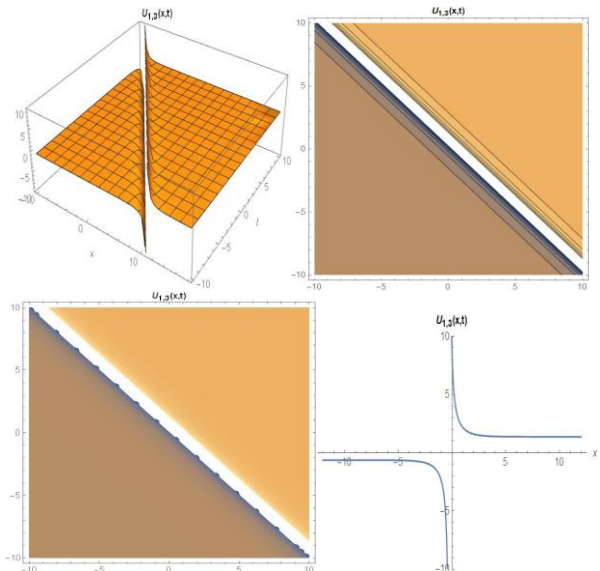


Figure 3. Three-dimensional, contour and density plots of solution (21) for the values $A_3 = 2, c = -1, B_1 = 1, \lambda = 1, k = -1, \mu = 0, y = -1, z = 1, EE = 0.75$ and $t = 1$ for the two-dimensional graph.

Family 4:

$$V_{1,4}(\xi) = \frac{\lambda^2 A_3}{(2 + \lambda(EE + \xi))^2 B_1} + \frac{(3+4c)B_1}{A_3} \quad (22)$$

Integrating equation (22) with respect to ξ , solution $U_{1,4}(\xi)$ is derived as in the following,

$$U_{1,4}(\xi) = -\frac{\lambda A_3}{(2 + \lambda(EE + \xi)) B_1} + \frac{(3+4c)\xi B_1}{A_3} \quad (23)$$

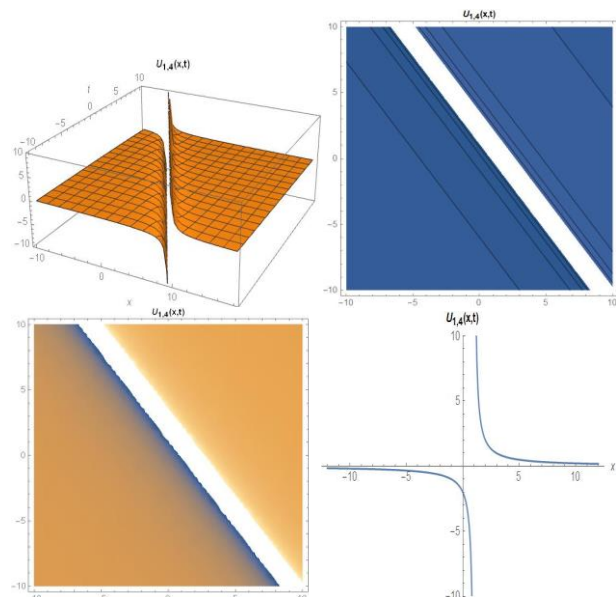


Figure 4. Three-dimensional, contour and density plots of solution (23) for the values $A_3 = 2, c = -\frac{3}{4}, B_1 = 1, \lambda = 2, k = -1, \mu = 1,$

$y = -1, z = 1, EE = 0.75$ and $t = 1$ for the two-dimensional graph.

Family 5:

$$V_{1,5}(\xi) = \frac{A_3}{(EE + \xi)^2 B_1} + \frac{(3 + 4c)B_1}{A_3}. \quad (24)$$

Integrating equation (24) with respect to ξ , solution $U_{1,5}(\xi)$ is derived as in the following,

$$U_{1,5}(\xi) = -\frac{A_3}{(EE + \xi)B_1} + \frac{(3 + 4c)\xi B_1}{A_3}. \quad (25)$$

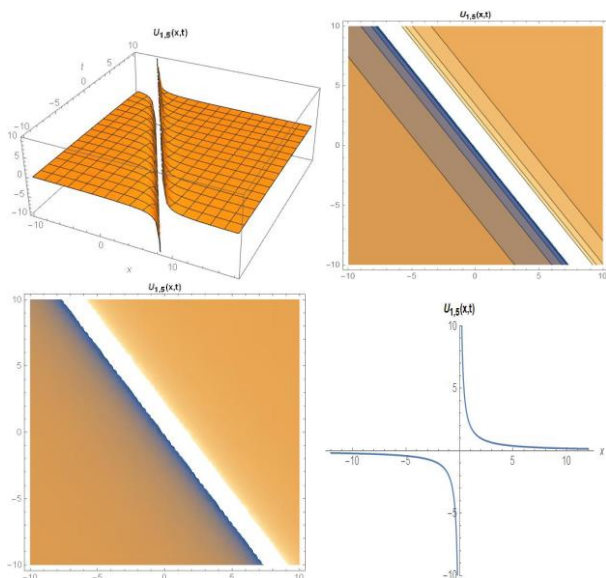


Figure 5. Three-dimensional, contour and density plots of solution (25)

for the values $A_3 = 2, c = -\frac{3}{4}, B_1 = 1, \lambda = 0, k = -1, \mu = 0$, $y = -1, z = 1, EE = 0.75$ and $t = 1$ for the two-dimensional graph.

4. CONCLUSION

In this study, we applied MEFM to the (3 + 1) dimensional YTSF equation given as a nonlinear mathematical model. In this research, it was determined that all analytical solutions obtained in this study satisfy equation (1). When analytical solution functions are investigated, it is stated that hyperbolic and trigonometric functions have periodic function features and rational functions. All calculations and graphics were obtained using by Mathematica software program. The models of two and three-dimensional graphs remind their physical meaning of traveling wave solutions. If we analyze more situations and take different coefficient values, we can obtain more traveling wave solutions. This MEFM is a reliable technique. The results can help us to learn about the diffusion processes of the nonlinear waves in fluid mechanics.

REFERENCES

- [1] Yang XF, Deng ZC, Wei YA. Riccati-Bernoulli sub-ODE method for nonlinear partial differential equations and its application. *Advances in Difference equations*. 2015; (1): 1-17.
- [2] Baskonus HM, Bulut H. Exponential prototype structures for (2+1)-dimensional Boiti-Leon-Pempinelli systems in mathematical physics. *Waves in Random and Complex Media*. 2016; 26(2):189-196.
- [3] Liu CS. Trial equation method and its applications to nonlinear evolution equations. *Acta Physica Sinica*. 2005; 54(6): 2505-2509.
- [4] Liu CS. Trial equation method to nonlinear evolution equations with rank inhomogeneous: mathematical discussions and its applications. *CoTPh*. 2006; 45(2): 219-223.
- [5] Abdelrahman MA. A note on Riccati-Bernoulli Sub-ODE method combined with complex transform method applied to fractional differential equations. *Nonlinear Engineering*. 2018; 7(4): 279-285.
- [6] Bulut H, Baskonus HM and Pandir Y. The modified trial equation method for fractional wave equation and time fractional generalized Burgers equation. In *Abstract and Applied Analysis Hindawi*. 2013; Vol. 2013.
- [7] Gurefe Y, Misirli E, Sonmezoglu A and Ekici M. Extended trial equation method to generalized nonlinear partial differential equations. *Applied Mathematics and Computation*. 2013; 219(10): 5253-5260.
- [8] Elwakil SA, El-Labany SK, Zahran MA and Sabry R. Modified extended tanh-function method for solving nonlinear partial differential equations. *Physics Letters A*. 2002; 299(2-3): 179-188.
- [9] Fan E and Hon YC. Applications of extended tanh method to 'special' types of nonlinear equations. *Applied Mathematics and Computation*. 2003; 141(2-3): 351-358.
- [10] Hosseini K and Gholamin P. Feng's first integral method for analytic treatment of two higher dimensional nonlinear partial differential equations. *Differential Equations and Dynamical Systems*. 2015; 23(3): 317-325.
- [11] Zheng X, Chen Y and Zhang H. Generalized extended tanh-function method and its application to (1+1)-dimensional dispersive long wave equation. *Physics Letters A*, 2003; 311(2-3): 145-157.
- [12] Misirli E and Gurefe Y. The Exp-function method to solve the generalized Burgers-Fisher equation. *Nonlinear Science Letter A*. 2010; 1: 323-328.
- [13] Misirli E and Gurefe Y. Exact solutions of the Drinfel'd-Sokolov-Wilson equation using the exp-function method. *Applied Mathematics and Computation*. 2010; 216(9): 2623-2627.
- [14] Baskonus HM and Bulut H. Regarding on the prototype solutions for the nonlinear fractional-order biological population model. In *AIP Conference*

- Proceedings AIP Publishing LLC. 2016; 1738: 1.
- [15] Gurefe Y and Misirli E. Exp-function method for solving nonlinear evolution equations with higher order nonlinearity. *Computers & Mathematics with Applications*. 2011; 61(8): 2025-2030.
- [16] Özpınar F, Baskonus, HM and Bulut H. On the complex and hyperbolic structures for the (2+1)-dimensional boussinesq water equation. *Entropy*. 2015; 17(12): 8267-8277.
- [17] Yan ZY. New families of nontravelling wave solutions to a new (3 + 1)-dimensional potential-YTSF equation. *Physics Letters A*. 2003; 318: 78–83.
- [18] Ma WX, Huang T and Zhang Y. A multiple exp-function method for nonlinear differential equations and its application. *Physica Scripta*. 2010; 82(6): 065003.
- [19] Zhang S and Zhang HQ. A transformed rational function method for (3+1)-dimensional potential Yu–Toda–Sasa–Fukuyama equation. *Pramana*. 2011; 76(4): 561-571.
- [20] Roshid HO. Lump solutions to a (3+1)-dimensional potential-Yu–Toda–Sasa–Fukuyama (YTSE) like equation. *International Journal of Applied and Computational Mathematics*. 2017; 3: 1455-1461.
- [21] Tan, W. and Dai, Z. Dynamics of kinky wave for (3+1)-dimensional potential Yu–Toda–Sasa–Fukuyama equation. *Nonlinear Dynamics*. 2016; 85(2): 817-823.
- [22] Zayed EME and Ibrahim SH, 2013. The two variable (G'/G, 1/G)-expansion method for finding exact traveling wave solutions of the (3+1)-dimensional nonlinear potential Yu-Toda-Sasa-Fukuyama equation. In 2013 International Conference on Advanced Computer Science and Electronics Information (ICACSEI 2013). Atlantis Press.
- [23] Zeng XP, Dai ZD, Li DL. New periodic soliton solutions for (3+1)-dimensional potential-YTSE equation. *Chaos, Solitons Fractals*. 2009; 42: 657–661.
- [24] Zhao Z and He L. Multiple lump solutions of the (3+1)-dimensional potential Yu–Toda–Sasa–Fukuyama equation. *Applied Mathematics Letters*. 2019; 95: 114-121.
- [25] Dong MJ, Tian, SF, Wang XB and Zhang TT. Lump-type solutions and interaction solutions in the (3+1)-dimensional potential Yu–Toda–Sasa–Fukuyama equation. *Analysis and Mathematical Physics*. 2019; 9(3): 1511-1523.
- [26] Zheng X, Chen Y, Zhang H. Generalized extended tanh-function method and its application to (1+1)-dimensional dispersive long wave equation. *Physics Letters A*. 2003; 311(2-3):145-157.
- [27] He JH and Wu XH. Exp-function method for nonlinear wave equations. *Chaos, Solitons & Fractals*. 2006; 30(3): 700-708.



***Asphodeline baytopiae*'nin (Xanthorrhoeaceae) Farklı Kısımlarından Elde Edilen Ekstraktların Antioksidan ve Enzim İnhibitör Özellikleri Üzerine Bir Çalışma**

Gökhan ZENGİN^{1*}, Güneş AK¹, Abdurrahman AKTÜMSEK¹

¹ Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Konya, Türkiye

Gökhan ZENGİN ORCID No: 0000-0001-6548-7823

Güneş AK ORCID No: 0000-0002-9539-0763

Abdurrahman AKTÜMSEK ORCID No: 0000-0002-5151-2650

*Sorumlu yazar: gokhanzengin@selcuk.edu.tr

(Alınış: 18.02.2021, Kabul: 26.04.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Anahtar Kelimeler
Asphodeline baytopiae, Fenolikler, Antioksidan, enzim inhibisyonu, Doğal ajanlar

Öz: *Asphodeline* Reichb. cinsi gıda ve ilaç kaynağı olarak büyük bir ilgiye sahiptir. Bu çalışmada, *Asphodeline baytopiae* Tuzlaci'nin (Xanthorrhoeaceae) farklı kısımlarından (kök, gövde, yaprak ve tohum) elde edilen farklı çözücü ekstraktlarının (aseton, metanol ve su) biyolojik aktiviteleri belirlenmiştir. Biyolojik özellikleri için; antioksidan ve enzim inhibitör etkileri ortaya konulmuştur. Serbest radikal (DPPH ve ABTS), indirgeme gücü (CUPRAC ve FRAP), metal şelatlama ve fosfomolibdat testlerini içeren farklı antioksidan test sistemleri kullanılmıştır. Ayrıca, enzim inhibitör etkiler kolinesterazlar (AChE ve BChE), tirozinaz, α -amilaz ve α -glukozidaz'a karşı araştırılmıştır. Bunlara ek olarak, her bir ekstraktın toplam fenolik ve flavonoid içerikleri de belirlenmiştir. Gövde-metanol ekstraktının en yüksek toplam fenolik (73.57 mg GAE/g ekstrakt) ve flavonoid (75.04 mg RE/g ekstrakt) içeriğine sahip olduğu görülmüştür. Genel olarak, gövde ekstraktları; yaprak, kök ve tohum ile kıyaslandığında güçlü antioksidan yetenekler sergilemektedir. Kolinesteraz inhibisyon testlerinde, aseton ve metanol ekstraktlar inhibitör etkiler gösterirken, su ekstraktlarının aktif olmadığı gözlenmiştir. Tirozinaz inhibitör etkileri 4.83 ile 74.64 mg KAE/g ekstrakt arasında değişmektedir. α -Amilaz ve α -glukozidaz inhibisyonu sırasıyla 0.22-0.77 mmol ACAE/g ekstrakt ve 3.42-4.65 mmol ACAE/g ekstrakt şeklindedir. Bu sonuçlar *A. baytopiae*'nin gıda ve farmasötik endüstrileri için doğal ajanların değerli bir kaynağı olarak düşünülebileceğini önermektedir.

174

A Study on Antioxidant and Enzyme Inhibitory Properties of Extracts from Different Parts of *Asphodeline baytopae* (Xanthorrhoeaceae)

Keywords
Asphodeline baytopiae, Phenolics, Antioxidant, Enzyme inhibition, Natural agents

Abstract: The *Asphodeline* Reichb. genus has a great interest as a source of drugs and foods. In the present study, we aimed to determine biological activities of different solvent extracts (acetone, methanol and water) from different parts (roots, stems, leaves, and seeds) from *Asphodeline baytopiae* Tuzlaci. Antioxidant and enzyme inhibitory effects were determined for biological properties. Different antioxidant assays including free radical scavenging (DPPH and ABTS), reducing power (CUPRAC and FRAP), metal chelating and phosphomolybdenum were employed. Enzyme inhibitory effects were investigated against cholinesterases (AChE and BChE), tyrosinase, α -amylase and α -glucosidase. In addition, total phenolic and flavonoid contents for each extracts were determined. Stem-acetone extract contained the highest levels of the total phenolics (73.57 mg GAE/g extract) and flavonoids (75.04 mg RE/g extract). Generally, stem extracts exhibited stronger antioxidant abilities when compared with leaves, roots and seeds. In cholinesterases inhibition assays, acetone and methanol extracts displayed inhibitory effects but water extracts were not active. Tyrosinase inhibitory effects varied from 4.83 to 74.64 mg KAE/g extract. α -Amylase and α -glucosidase inhibiton were 0.02-0.77 mmol ACAE/g extract and 3.42-4.65 mmol ACAE/g extract, respectively. The results suggested that *A. baytopae* could be considered as valuable sources of natural agents in pharmaceutical and food industries.

1. GİRİŞ

Son yüzyılda insanoğlu salgınlar başta olmak üzere küresel boyutta birçok problem ile ciddi bir savaş halindedir. Yüzyılın başında görülen İspanyol gribi, ebola salgını gibi birçok hastalığın tedavisi gelişen teknoloji ile sağlanırken bulaşıcı olmayan diğer bazı hastalıkların görülme sıklığı günden güne artış göstermektedir. Örneğin günümüzde yaklaşık 500 milyon insan şeker hastalığı (diyabet) ile mücadele etmektedir [1]. Yine yapılan bir çalışmada Amerika'da 2019 yılında 55 milyon Alzheimer hastasının olduğu belirtilmiştir [2]. Bu noktadan hareketle insanoğlu belirtilen küresel problemlere karşı mücadele de acil eylem planlarına ihtiyaç duymaktadır. Artan nüfus ve hastalıkların yayılma hızı dikkate alındığında, bu savaşta sentetik çözümler halen birinci sıradadır. Ancak sentetiklerin kullanımına bağlı olarak ortaya çıkan başta toksik problemler olmak üzere istenmeyen yan etkiler bu kullanımları üzerine çeşitli toplumsal kaygıların doğmasına yol açmıştır. Bu bağlamda sentetiklerin yerine daha güvenli ve etkili doğal bileşiklere olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır ve yeni doğal kaynakların belirlenmesine yönelik çalışmalar son yılların en ilgi çekici konularından biridir [3-4].

Türkiye florası bünyesinde bulundurduğu yaklaşık 12000 bitki taksonu ile doğal kaynaklar bakımından eşsiz bir hazine konumundadır [5]. Tarih öncesi çağlardan beri birçok uygarlığa ev sahipliği yapan ülkemizde bitkiler geleneksel Anadolu halk hekimliğinde oldukça önemli bir konuma sahiptir [6-8]. Bununla birlikte bu bitkilerin birçoğunun kullanımları hakkındaki bilimsel temeller halen eksiktir. Bu nedenle, yeni yapılacak çalışmalarla ülkemizin etnobotanik kimliğinin bilimsel verilerle doğrulanması büyük önem arz etmektedir.

Asphodeline Reichb. cinsi Xanthorrhoeaceae familyasına ait bir cins olup dünya üzerinde 19 takson ile temsil edilmektedir [9]. Üyeleri ülkemizde yöresel olarak kirış veya çiriş otu olarak bilinen bu cins 18 tür (23 takson) ile temsil edilmektedir [10]. Bu taksonlardan 11'i ülkemiz için endemik olup, endemizm oranı %61 şeklindedir [10]. *Asphodeline* üyeleri ülkemizde ve dünyada geleneksel olarak halk hekimliğinde oldukça önemli bir konuma sahiptir. Yapılan çeşitli çalışmalar bu durumu gözler önüne sermektedir. *A. lutea* (L.) Rchb cinsin en yaygın üyesi olup grıda ve tıbbi amaçlar için kullanılmaktadır [11, 12]. Ülkemizde yapılan çeşitli etnobotanik çalışmalarda da *A. lutea* 'nın yanı sıra çeşitli taksonların geleneksel amaçlarla kullanıldığı belirtilmiştir. Örneğin, Sargın ve Büyükcengiz [13]'ün Gülnar ve çevresinde yaptıkları etnobotanik çalışmada *A. baytopiae* Tuzlaci 'nin yara ve egzama tedavilerinde geleneksel amaçlarla kullanıldığı rapor edilmiştir. Doğu Anadolu Bölgesinde benzer şekilde *Asphodeline tenuior* subsp. *tenuiflora* (K.Koch) Tuzlaci 'nın kökleri de yara tedavisinde halk hekimliğinde kullanılmaktadır [14]. Eraslan ve ark [15] Türkiye'de deri hastalıkları üzerine kullanılan bitkiler üzerine yaptıkları bir çalışmada *A. baytopiae*, *A. brevicaulis* (Bertol.) J. Gay ex Baker ve *A. taurica* (Pall.) Endl taksonlarının kullanımlarını da rapor

etmişlerdir. Bunların yanı sıra, *A. damascena* (Boiss.) Baker, *A. cilicica* Tuzlaci ve *A. globifera* J. Gay ex Baker hemoroid ve kulak ağrılarının tedavisinde kullanılmaktadır [16, 17]. Bu kullanımlarına ek olarak, yapılan çeşitli çalışmalar *Asphodeline* cinsinin biyoaktif bileşikler bakımından oldukça zengin olduğunu ortaya koymuştur. Başta antrokinonlar, fenolik asitler ve flavonoidler olmak üzere çeşitli bileşikler bu çalışmalarda rapor edilmiştir [11, 18-24]. Yine yapılan çeşitli çalışmalarda *Asphodeline* üyelerinin antioksidan, antimikrobiyal, antikanser ve karaciğer koruyucu özellikler gibi biyolojik aktiviteleri de belirlenmiştir [11, 19-28]. Bununla birlikte cins üyelerinin kimyasal profilleri ve biyolojik aktiviteleri üzerine yapılan çalışmalar halen yeterli seviyede değildir.

Bu çalışmada *A. baytopiae* bitkisinin kök, gövde, yaprak ve tohumlarından elde edilen farklı ekstraktların (aseton, metanol ve su) antioksidan ve enzim inhibitör özellikleri araştırılarak biyolojik potansiyellerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Elde edilecek olan sonuçlar *Asphodeline* cinsi ve bu tür üzerine yeni bakış açılarının doğmasını sağlayacaktır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Bitki Materyali ve Ekstraktların Elde Edilmesi

Asphodeline baytopiae örnekleri Mersin: Gülnar-Aydıncık arasında gerçekleştirilen arazi çalışmasında 2014 yılında toplanmıştır (Gülnar ve Aydıncık arası, Gülnar'a 17 km'e kala, açık alanlar, GPS: 36° 16' 07" K, 33° 22' 11" D, 751 m, Toplayıcı No: GZ-1436). Bitkinin toplandığı alanda baskın tür olarak *Asphodelus aestivus* Brot. üyeleri gözlenmiştir. Toplanan örneklerin kök, gövde, yaprak ve tohum kısımları ayrılıp gölgede kurutuldu. Her bir kısım için aseton, metanol ve su özütleri elde edildi. Aseton ve metanol özütleri için sokslet aparatı kullanıldı ve 5 g bitkisel materyal bu çözücüler kullanılarak 6-8 saat süreyle ekstraksiyona tabi tutuldu. Ekstraktlar süzülme ve rotary- evaporatörde çözücüler uzaklaştırıldı. Su özütleri ise her bir kısım (5 g) için 250 ml su ile yarım saat boyunca kaynatıldı. Süzülme işlemi takiben su özütleri liyofilize edildi. Tüm ekstraktlar analizlere kadar +4 °C 'de saklandı.

2.2. Toplam Fenolik ve Flavonoid İçerik

A. baytopiae ekstraktlarının toplam fenolik ve flavonoid içerikleri spektrofotometrik olarak belirlendi ve içerikler fenolik için gallik asit (GAE) ve flavonoid için rutin (RE) kullanılarak hesaplandı [29].

2.3. Antioksidan Kapasite Testleri

A. baytopiae ekstraktlarının antioksidan özellikleri farklı test sistemleri kullanılarak belirlenmiştir. Bu test sistemleri radikal süpürme aktiviteleri (DPPH ve ABTS), indirgeme gücü (FRAP ve CUPRAC), metal şelatlama ve fosfomolibdat testlerini içermektedir. Testlerin sonuçları standard maddelere eş değer olarak hesaplanmıştır (Trolox eşdeğeri: TE ve EDTA eşdeğeri:

EDTAE). Bu test sistemlerine ait deneysel prosedürler önceki çalışmalarımızda rapor edilmiştir [23, 30].

2.4. Enzim İnhibisyonuna Yönelik Testler

A. baytopiae ekstraktlarının enzim inhibitör özellikleri kolinesterazlar (AChE ve BChE), tirozinaz, α -amilaz ve α -glukozidaz enzimleri kullanılarak belirlendi ve bu testlere ait deneysel prosedürler önceki çalışmalarımızda belirtildi [18, 30]. Enzim inhibisyon sonuçları standard eşdeğer olarak değerlendirildi (kolinesterazlar için galatamin (GALAE); tirozinaz için kojik asit (KAE); amilaz ve glukozidaz için akarboz (ACAE))

2.5. İstatiksel değerlendirme

Sonuçlar üç paralel ölçümün ortalaması ve standard sapmaları şeklinde verildi. Ekstraktlar arasında her hangi bir fark olup olmadıkları tek yönlü varyans analizi (ANOVA, Tukey testi) ile belirlendi. Ayrıca ekstraktlara uygulanan testler arasında Pearson korelasyon analizleri yapıldı. İstatistiksel değerlendirmeler GraphPad Prism 9.0 programı kullanılarak gerçekleştirildi.

3. BULGULAR

Fenolik bileşikler sekonder metabolitler içerisinde sergiledikleri biyolojik aktiviteler ile en fazla dikkat çeken bileşiklerdendir. Yapılan çalışmalar fenolik bileşiklerin alımının sağlık üzerine pozitif etkilerini ortaya koymuştur [31, 32]. Bu nedenle bitkisel bir ekstraktın fenolik içeriğinin tespiti, ekstraktın potansiyelinin yorumlanmasında önemli bir parametredir. Bu amaçla *A. baytopiae* ekstraktlarının toplam fenolik ve flavonoid içerikleri spektrofotometrik metotlar ile belirlenmiş ve sonuçlar Tablo 1'de özetlenmiştir. En yüksek fenolik içerik gövde-aseton ekstrakt (73.57 mg GAE/g ekstrakt)'nda belirlenmiş ve bunu sırasıyla gövde-metanol (68.38 mg GAE/g ekstrakt) ve gövde-su (52.32 mg GAE/g ekstrakt) izlemiştir. Benzer şekilde toplam flavonoid içerikte en yüksek gövde-aseton (75.04 mg RE/g ekstrakt) ve gövde-metanol (74.23mg RE/g ekstrakt) ekstraktlarında belirlenmiştir. Toplam flavonoid içerik bakımından tüm bitki kısımlarında solventler aseton>metanol>su şeklinde sıralanabilir. Elde edilen sonuçlar açık bir şekilde fenolik ve flavonoid içeriklerin kullanılan bitki kısmı ve çözücüye bağlı olarak değiştiğini ortaya koymuştur. Çalışmamız sonuçlarını destekler nitelikte çeşitli çalışmalarda da benzer sonuçlar rapor edilmiştir [33-36]. Son yıllarda yapılan çalışmalar, spektrofotometrik içerik sonuçlarının kesinliği hakkında çeşitli kaygıların doğmasına yol açmıştır [37]. Özellikle, Folin-Ciocalteu reaktifinin sadece fenolikler tarafından değil aynı zamanda peptidler tarafından da indirgenmesi fenoliklerin seviyesi hakkında kesin bir değerlendirme yapılmasını sınırlamaktadır.

Tablo 1. *A. baytopiae* ekstraktlarının toplam fenolik ve flavonoid içerikleri

Çözücü	Kısım	Toplam Fenolik içerik (mg GAE/g özüt)	Toplam Flavonoid içeriği (mg RE/g özüt)
Aseton	Gövde	73.57±3.81 ^{ab}	75.04±1.85 ^a
	Kök	46.48±2.55 ^{bc}	58.44±0.80 ^d
	Tohum	31.74±1.93 ^c	64.23±1.42 ^{bc}
	Yaprak	48.20±1.23 ^b	67.19±2.89 ^b
Metanol	Gövde	68.38±3.40 ^a	74.23±0.44 ^a
	Kök	22.55±1.48 ^g	17.30±0.71 ^h
	Tohum	25.43±1.69 ^f	46.42±2.32 ^e
	Yaprak	32.58±1.29 ^e	60.39±1.63 ^{cd}
Su	Gövde	52.32±1.97 ^b	30.20±0.60 ^f
	Kök	17.98±1.37 ^e	8.97±0.48 ⁱ
	Tohum	40.55±1.29 ^{cd}	22.24±0.88 ^g
	Yaprak	37.65±1.28 ^{de}	57.26±0.78 ^d

^Uç paralel ölçümün ortalaması±S.D. GAE: Gallik asit eşdeğeri; RE Rutin eşdeğeri. Aynı sütundaki farklı harfler ekstraktlar arasındaki farkı gösterir ($p<0.05$).

Antioksidan kapasitenin değerlendirilmesinde tek universal bir metot bulunmadığı için bitkisel bir ekstraktın antioksidan profili farklı mekanizmaları içeren birden fazla test sistemi ile doğrulanmalıdır. Bu bağlamda, *A. baytopiae* ekstraktlarının antioksidan profilleri farklı test sistemleri ile araştırılmış ve sonuçlar Tablo 2'de özetlenmiştir. DPPH ve ABTS radikalleri antioksidan kapasite çalışmalarında en sık kullanılan radikaller olup bitkisel ekstraktların radikal süpürme kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Çalışmamızda her iki radikal içinde en güçlü etkinlik gövde-metanol (DPPH: 65.57 mg TE/g ekstrakt ve ABTS: 150.51 mg TE/g ekstrakt) ekstraktında gözlenmiştir. Genel olarak tohum ekstraktları, tüm çözücülerde en düşük radikal süpürme aktiviteleri sergilemiştir. Metal iyonlarının indirgenme gücü antioksidan moleküllerin elektron verme yeteneklerinin değerlendirilmesinde önemli bir göstergedir. Bu amaçla çalışmamızda Cu^{+2} ve Fe^{+3} iyonlarının indirgenme yetenekleri sırasıyla CUPRAC ve FRAP testleri ile araştırılmıştır. En güçlü etkinlik CUPRAC testi için gövde-aseton (255.97 mg TE/g ekstrakt) ve FRAP testi için ise gövde-metanol (152.97 mg TE/g ekstrakt) ekstraktlarında gözlenmiştir. Her iki test sistemi içinde tüm çözücülerde en güçlü aktivite gövdede elde edilmiştir. Ayrıca kök ve tohum ekstraktları genel olarak indirgeme gücü testlerinde düşük aktiviteler sergilemiştir. Radikal süpürme ve indirgeme gücü tayinine yönelik testlerin sonuçları birlikte değerlendirildiğinde toplam fenolik içerik sonuçları ile uyumlu oldukları gözlenmiştir. Uygulanan test sistemleri arasındaki ilişkiyi belirlemek için Pearson korelasyon testi yapılmış ve toplam fenolik içerik ile radikal süpürme ve indirgeme gücü testleri arasında pozitif bir korelasyon gözlenmiştir (Şekil 1). Çalışmamız sonuçlarını doğrular nitelikte çeşitli çalışmalarda toplam fenolik içerik ve antioksidan özellikler arasındaki pozitif bir korelasyonun varlığını göstermiştir [38-40]. Fosfomolibdat testi asidik ortamda antioksidan bileşikler tarafından Mo (VI)'nın Mo (V)'e indirgenmesi ve oluşan koyu mavi renkli Mo (V)-fosfat kompleksinin absorbansının 695 nm'de okunmasına dayanmaktadır[41]. Fosfomolibdat test sisteminde

fenolikler dışındaki antioksidan bileşiklerde etkili olduğu için bazı araştırmacılar tarafından bir toplam antioksidan metodu olarak kabul edilir. Diğer testlerden farklı olarak en yüksek etkinlik 3.35 mmol TE/g ekstrakt ile yaprak-asetonda gözlenmiştir. Bu ekstraktı sırasıyla gövde-aseton (3.12 mmol TE/g ekstrakt) ve tohum-aseton (2.46 mmol TE/g ekstrakt) izlemektedir. Bu sonuçlardan açıkça asetonun metanol ve suya kıyasla bu test sisteminde daha etkin olduğunu göstermektedir. Şekil 1'de toplam fenolik içerik ve fosfomolibdat testi arasındaki korelasyona bakıldığında, bu iki test sistemi arasında zayıf bir ilişki olduğu ve bu durumun fenolikler dışındaki antioksidan bileşiklerin varlığı ile açıklanabileceği sonucu çıkarılabilir. Benzer şekilde çeşitli araştırmacılar bu test sistemi ile toplam fenolik içerik arasında düşük korelasyon değerlerini rapor etmiştir [42-44].

Geçiş metallerinin şelatlanması Fenton reaksiyonu ile hidroksil radikali üretiminin durdurulmasında oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Bu nedenle şelatlayıcı ajanlar önemli antioksidan bileşikler olarak kabul edilirler [45]. Çalışmamızda *A. baytopiae* ekstraktlarının metal şelatlama yetenekleri ferrozin testi ile belirlenmiş ve sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir. En güçlü şelatlama kapasitesine sahip ekstrakt gövde-su (61.02 mg EDTAE/g ekstrakt) olup, bunu sırasıyla gövde-aseton (57.73 mg EDTAE/g ekstrakt) ve yaprak-aseton (52.67 mg EDTAE/g ekstrakt) izlemektedir. Metal şelatlama aktivitesi bakımından en zayıf ekstrakt ise kök-su (4.89 mg EDTAE/g ekstrakt) olarak bulunmuştur. Yapılan çeşitli çalışmalarda metal şelatlama yeteneğinin fenolik bileşiklerin antioksidan mekanizmaları arasında minör bir yol olduğu belirtilmiş [46, 47] ve bunu doğrular nitelikte çalışmamızda toplam fenolik içerik ile metal şelatlama yeteneği arasında zayıf bir ilişki gözlenmiştir (Şekil 1).

Enzimler, ilaç dizaynı ve geliştirilmesinde ana hedefler konumunda olup, eczane raflarındaki ilaçların büyük bir çoğunluğu enzim inhibitörleri olarak görev yapmaktadırlar. Enzim inhibisyonu, bazı hastalıkların gelişimine doğrudan veya dolaylı olarak katkı sağlayan enzimlerin inhibe edilmesi ve gözlenen patolojik bulguların hafifletilmesine dayanır. Bu amaçla Alzheimer hastalığında, bilinçsel faaliyetleri kontrol etmek için kolinesterazlar [48], şeker hastalığında kan şekeri seviyelerini kontrol etmek için amilaz ve glukozidaz [49] ile deri hastalıkları için tirozinaz [50] enzimleri farmasötik hedeflerdir. Bu noktadan hareketle ilaç endüstrisi bu enzimleri inhibe edecek çok sayıda sentetik ajanlar üretmiştir. Ancak bu sentetiklerin başta gastrointestinal bozukluklar ve toksik özellikleri olmak üzere sergiledikleri yan etkiler bunların kullanımını kaygılı hale getirmiştir [51-53]. Bu nedenle bu sentetiklerin yerini alabilecek doğal kaynaklı güvenilir ve etkili ajanlara ihtiyaç vardır. Bu amaçla mevcut çalışmamızda *A. baytopiae* ekstraktlarının inhibitör özellikleri kolinesterazlar (AChE ve BChE), tirozinaz, amilaz ve glukozidaz'a karşı araştırılmıştır (Tablo 3). Kolinesteraz inhibisyonu bakımından en güçlü ekstrakt olarak kök-aseton (AChE: 4.96 mg GALAE/g ekstrakt ve BChE: 7.84 mg GALAE/g ekstrakt). Genel olarak,

her bir kısım için aseton ekstraktları metanole kıyasla daha güçlü kolinesteraz inhibitör özellik sergilemiştir. Bununla birlikte su özütlerinin hiçbirisi kolinesterazlara karşı etkili bulunmamıştır. Melanin sentezinde anahtar enzim olan tirozinaz enzimi üzerine çalışılan ekstraktların potansiyelleri değerlendirildiğinde en güçlü ekstrakt olarak kök-metanol (74.64 mg KAE/g ekstrakt) bulunmuş ve bunu sırasıyla yaprak-metanol (68.17 mg KAE/g ekstrakt) ve tohum-metanol (67.78 mg KAE/g ekstrakt) izlemektedir. Tüm kısımlar için en zayıf ekstraktlar ise su ekstraktları olarak bulunmuş ve yaprak-su ekstraktında herhangi bir tirozinaz inhibisyonu gözlenmemiştir. Benzer şekilde amilaz ve glukozidaz inhibisyonları bakımından da aseton ve metanol ekstraktları, su ekstraktlarına kıyasla güçlü aktiviteler sergilemiştir. Su özütlerinin hiçbirisi glukozidaz üzerine herhangi bir inhibitör etki sergilememiştir. Amilaz inhibisyonu bakımından en güçlü ekstrakt yaprak-aseton (0.79 mmol ACAE/g ekstrakt) ve gövde-aseton (0.77 mmol ACAE/g ekstrakt); glukozidaz bakımından ise tohum-aseton (4.65 mmol ACAE/g ekstrakt) ve yaprak-aseton (4.34 mmol ACAE/g) tespit edilmiştir. *Asphodeline* üyeleri için önceki çalışmalarda da enzim inhibitörleri olarak önemli aktiviteler belirlenmiş [11, 19-21, 23, 24] ve bu noktada bu cinsin üyeleri farmasötik endüstri için değerli bir ham madde kaynağı olarak düşünülebilir.

4. SONUÇ

Mevcut çalışmamız *A. baytopiae* ekstraktlarının biyolojik aktiviteleri hakkında önemli bilgiler sağlamakta ve elde edilen sonuçlar *A. baytopiae*'nin doğal ajanların önemli bir kaynağı olarak farmasötik ve gıda endüstrilerinde değerli olabileceğini ortaya koymuştur. Özellikle *A. baytopiae*'nin farklı kısımlarından elde edilen aseton ve metanol ekstraktları biyolojik aktivite bakımından güçlü özellikler sergilemiştir. Ülkemiz sahip olduğu bitki çeşitliliği ve bunların geleneksel kullanımları noktasında önemli bir konumda bulunmakta ve araştırılmamış bitki türleri üzerine yapılacak çalışmalarla bu potansiyelin daha fazla gün yüzüne çıkması sağlanmalıdır. Bu noktadan hareketle çalışmamız *A. baytopiae* üzerine bir bilimsel başlangıç noktası oluşturacak ve ileride bu tür üzerine yapılacak yeni çalışmalara ışık tutacaktır.

Tablo 2. *A. baytopiae* ekstraktlarının antioksidan özellikleri

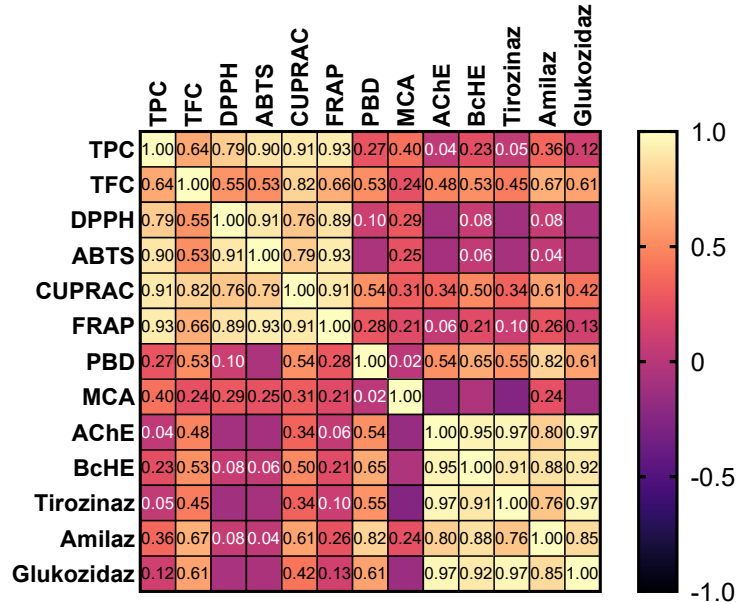
Çözücü	Kısım	DPPH süpürücü aktivite (mg TE/g)	ABTS süpürücü aktivite (mg TE/g)	FRAP (mg TE/g)	CUPRAC (mg TE/g)	Fosfomolibdat (mmol TE/g)	Metal şelatlama (mg EDTAE/g)
Aseton	Gövde	55.04±7.01 ^{b*}	121.24±3.44 ^b	135.48±2.31 ^b	255.97±7.53 ^a	3.12±0.10 ^b	57.73±4.05 ^a
	Kök	62.89±4.87 ^{ab}	109.02±3.16 ^c	100.03±5.93 ^d	196.81±5.43 ^c	2.40±0.13 ^{cd}	24.68±0.91 ^f
	Tohum	9.39±0.41 ^{efg}	44.77±0.57 ^e	49.77±0.74 ^e	143.88±4.49 ^d	2.46±0.02 ^c	46.76±0.30 ^c
	Yaprak	40.67±2.09 ^c	66.35±0.74 ^f	85.25±0.66 ^e	184.72±3.63 ^c	3.35±0.12 ^a	52.67±0.56 ^b
Metanol	Gövde	65.57±4.35 ^a	150.51±6.39 ^a	152.97±3.72 ^a	237.35±8.54 ^b	2.19±0.06 ^{dc}	10.96±0.41 ^e
	Kök	16.00±0.53 ^{ef}	45.36±0.38 ^e	43.79±2.47 ^{gh}	80.14±4.51 ^e	1.88±0.03 ^f	21.93±0.84 ^f
	Tohum	7.41±0.34 ^{fg}	46.64±0.97 ^e	44.12±2.08 ^{gh}	102.93±3.44 ^f	1.90±0.06 ^f	30.30±0.07 ^e
	Yaprak	28.47±1.65	67.43±0.99 ^f	76.30±2.05 ^f	125.21±3.25 ^e	2.08±0.13 ^{ef}	12.92±0.49 ^e
Su	Gövde	56.33±3.15 ^{ab}	115.23±7.79 ^{bc}	109.18±3.83 ^c	158.95±4.89 ^d	1.44±0.03 ^g	61.02±2.84 ^a
	Kök	4.40±0.17 ^g	23.28±0.90 ^h	36.98±1.94 ^h	60.91±4.68 ^h	2.48±0.02 ^c	4.89±0.21 ^h
	Tohum	18.45±0.43 ^c	81.06±4.26 ^e	46.27±1.42 ^e	78.34±5.36 ^h	0.72±0.01 ^h	41.76±0.29 ^d
	Yaprak	62.89±5.00 ^{ab}	97.36±8.41 ^d	87.80±2.77 ^e	127.83±2.64 ^e	1.52±0.01 ^g	47.58±2.04 ^c

*Üç paralel ölçümün ortalaması±S.D. TE: Troloks eşdeğeri; EDTAE; EDTA eşdeğeri. Aynı sütundaki farklı harfler ekstraktlar arasındaki farkı gösterir ($p<0.05$).

Tablo 3. *A. baytopiae* ekstraktlarının enzim inhibitör özellikleri

Çözücü	Kısım	AChE inhibisyonu (mg GALAE/g)	BChE inhibisyonu (mg GALAE/g)	Tirozinaz inhibisyonu (mg KAE/g)	Amilaz inhibisyonu (mmol ACAE/g)	Glukozidaz inhibisyonu (mmol ACAE/g)
Aseton	Gövde	3.71±0.08 ^{bc}	7.29±0.01 ^b	54.54±1.22 ^c	0.77±0.01 ^a	3.42±0.03 ^c
	Kök	4.96±0.09 ^a	7.84±0.30 ^a	65.21±0.87 ^b	0.52±0.01 ^c	3.86±0.73 ^{abc}
	Tohum	4.65±0.33 ^a	5.58±0.01 ^c	65.29±2.73 ^b	0.64±0.01 ^b	4.65±0.15 ^a
	Yaprak	3.96±0.03 ^b	6.02±0.07 ^d	62.95±2.87 ^b	0.79±0.01 ^a	4.34±0.29 ^{ab}
Metanol	Gövde	3.42±0.01 ^c	4.44±0.23 ^e	61.63±3.47 ^b	0.35±0.01 ^e	3.62±0.30 ^{bc}
	Kök	4.86±0.01 ^a	6.61±0.06 ^c	74.64±4.30 ^a	0.33±0.01 ^e	3.59±0.02 ^{bc}
	Tohum	4.82±0.11 ^a	5.23±0.04 ^f	67.78±3.55 ^{ab}	0.41±0.01 ^d	4.04±0.41 ^{abc}
	Yaprak	3.56±0.04 ^c	4.08±0.03 ^h	68.17±2.12 ^{ab}	0.30±0.01 ^f	3.84±0.34 ^{abc}
Su	Gövde	na	na	15.97±0.33 ^d	0.05±0.01 ^g	na
	Kök	na	na	13.48±0.54 ^d	0.05±0.01 ^g	na
	Tohum	na	na	4.83±0.12 ^e	0.02±0.01 ^h	na
	Yaprak	na	na	na	na	na

*Üç paralel ölçümün ortalaması±S.D. GALAE: Galatamin eşdeğeri; KAE: Kojik asit eşdeğeri; ACAE: Akarboz eşdeğeri; na: aktivite gözlenmedi. Aynı sütundaki farklı harfler ekstraktlar arasındaki farkı gösterir ($p<0.05$).

**Şekil 1.** Biyolojik aktivite testleri arasında Pearson korelasyon değerleri ($p<0.05$).

KAYNAKLAR

- [1] Kaiser AB, Zhang N, Der Pluijm WV. Global Prevalence of Type 2 Diabetes over the Next Ten Years (2018-2028). *Diabetes*. 2018;67(Supplement 1):202-LB.
- [2] Alzheimer's Association. 2019 Alzheimer's disease facts and figures. *Alzheimer's & Dementia*. 2019;15(3):321-87.
- [3] Chen Y, Kirchmair J. Cheminformatics in Natural Product-Based Drug Discovery. *Molecular Informatics*. 2020;39(12):2000171.
- [4] Chávez-Hernández AL, Sánchez-Cruz N, Medina-Franco JL. Fragment Library of Natural Products and Compound Databases for Drug Discovery. *Biomolecules*. 2020;10(11):1518.
- [5] Noroozi J, Zare G, Sherafati M, Mahmoodi M, Moser D, Asgarpour Z, et al. Patterns of endemism in Turkey, the meeting point of three global biodiversity hotspots, based on three diverse families of vascular plants. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2019;7:159.
- [6] Şenkardeş İ, Bulut G, Doğan A, Tuzlacı E. An Ethnobotanical Analysis on Wild Edible Plants of the Turkish Asteraceae Taxa. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 2019;84(1):17-28.
- [7] Sezik E, Yeşilada E, Honda G, Takaishi Y, Takeda Y, Tanaka T. Traditional medicine in Turkey X. Folk medicine in Central Anatolia. *Journal of Ethnopharmacology*. 2001;75(2):95-115.
- [8] Güneş S, Savran A, Paksoy MY, Koşar M, Çakılçioğlu U. Ethnopharmacological survey of medicinal plants in Karaisalı and its surrounding (Adana-Turkey). *Journal of Herbal Medicine*. 2017;8:68-75.
- [9] The Plant List. Version 1.1. Published on the Internet; <http://www.theplantlist.org/> (accessed 1st January). 2013.
- [10] Güner A, Aslan S, Ekim T, Vural M, Babaç M. Türkiye Bitkileri Listesi. Damarlı Bitkiler, Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını. 2012(s 262).
- [11] Melucci D, Locatelli M, Locatelli C, Zappi A, De Laurentiis F, Carradori S, et al. A comparative assessment of biological effects and chemical profile of Italian *Asphodeline lutea* extracts. *Molecules*. 2018;23(2):461.
- [12] Kargioğlu M, Cenkeci S, Serteser A, Evliyaoğlu N, Konuk M, Kök MŞ, et al. An ethnobotanical survey of inner-West Anatolia, Turkey. *Human Ecology*. 2008;36(5):763-77.
- [13] Sargin SA, Büyükcengiz M. Plants used in ethnomedicinal practices in Gulnar district of Mersin, Turkey. *Journal of Herbal Medicine*. 2019;15:100224.
- [14] Altundag E, Ozturk M. Ethnomedicinal studies on the plant resources of east Anatolia, Turkey. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 2011;19:756-77.
- [15] ERARSLAN ZB, ECEVİT-GENÇ G, Kültür Ş. Medicinal plants traditionally used to treat skin diseases in Turkey—eczema, psoriasis, vitiligo. *Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi*. 2020;44(1):137-66.
- [16] Tuzlacı E. Türkiyenin Çiriş otları (I). *Marmara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi*. 1985;1: 69-89.
- [17] Tuzlacı E. *Asphodeline* (Liliaceae) taksonlarının Türkiye'deki yayılışları. *Doğa Botanik Dergisi*. 1988;12(1):71-84.
- [18] Zengin G. A study on in vitro enzyme inhibitory properties of *Asphodeline anatolica*: New sources of natural inhibitors for public health problems. *Industrial Crops and Products*. 2016;83:39-43.
- [19] Locatelli M, Zengin G, Uysal A, Carradori S, De Luca E, Bellagamba G, et al. Multicomponent pattern and biological activities of seven *Asphodeline* taxa: potential sources of natural-functional ingredients for bioactive formulations. *Journal of enzyme inhibition and medicinal chemistry*. 2017;32(1):60-7.
- [20] Zengin G, Locatelli M, Ceylan R, Aktumsek A. Anthraquinone profile, antioxidant and enzyme inhibitory effect of root extracts of eight *Asphodeline* taxa from Turkey: can *Asphodeline* roots be considered as a new source of natural compounds? *Journal of enzyme inhibition and medicinal chemistry*. 2016;31(5):754-9.
- [21] Zengin G, Menghini L, Malatesta L, De Luca E, Bellagamba G, Uysal S, et al. Comparative study of biological activities and multicomponent pattern of two wild Turkish species: *Asphodeline anatolica* and *Potentilla speciosa*. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*. 2016;31(sup1):203-8.
- [22] Lazarova I, Zengin G, Aktumsek A, Gevrenova R, Ceylan R, Uysal S. HPLC–DAD analysis of phenolic compounds and antioxidant properties of *Asphodeline lutea* roots from Bulgaria and Turkey. *Industrial Crops and Products*. 2014;61:438-41.
- [23] Locatelli M, Yerlikaya S, Baloglu MC, Zengin G, Altunoglu YC, Cacciagrano F, et al. Investigations into the therapeutic potential of *Asphodeline liburnica* roots: In vitro and in silico biochemical and toxicological perspectives. *Food and chemical toxicology*. 2018;120:172-82.
- [24] Lazarova I, Zengin G, Bender O, Zheleva-Dimitrova D, Uysal S, Ceylan R, et al. A comparative study of Bulgarian and Turkish *Asphodeline lutea* root extracts: HPLC–UV profiles, enzyme inhibitory potentials and anti-proliferative activities against MCF-7 and MCF-10A cell lines. *Journal of functional foods*. 2015;15:254-63.
- [25] Lazarova I, Simeonova R, Vitcheva V, Kondeva-Burdina M, Gevrenova R, Zheleva-Dimitrova D, et al. Hepatoprotective and antioxidant potential of *Asphodeline lutea* (L.) Rchb. roots extract in experimental models in vitro/in vivo. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2016;83:70-8.
- [26] Lazarova I, Zengin G, Gevrenova R, Nedialkov P, Aneva I, Aumeeruddy MZ, et al. A comparative study of UHPLC/Orbitrap MS metabolomics profiles and biological properties of *Asphodeline taurica* from Bulgaria and Turkey. *Journal of*

- Pharmaceutical and Biomedical Analysis. 2019;168:174-80.
- [27] Marino A, Zengin G, Nostro A, Ginestra G, Dugo P, Cacciola F, et al. Antimicrobial activities, toxicity and phenolic composition of *Asphodeline anatolica* E. Tuzlaci leaf extracts from Turkey. *Natural product research*. 2016;30(22):2620-3.
- [28] Uysal A, Lazarova I, Zengin G, Gunes E, Aktumsek A, Gevrenova R. New Perspectives on *Asphodeline lutea* from Bulgaria and Turkey: Anti-mutagenic, Anti-microbial and Anti-methicillin Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) Activity. *Journal of Pharmaceutical Research International*. 2016:1-10.
- [29] Zengin G, Aktumsek A. Investigation of antioxidant potentials of solvent extracts from different anatomical parts of *Asphodeline anatolica* E. Tuzlaci: An endemic plant to Turkey. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*. 2014;11(2):481-8.
- [30] Uysal S, Zengin G, Locatelli M, Bahadori MB, Mocan A, Bellagamba G, et al. Cytotoxic and enzyme inhibitory potential of two *Potentilla* species (*P. speciosa* L. and *P. reptans* Willd.) and their chemical composition. *Frontiers in pharmacology*. 2017;8:290.
- [31] Zhang B, Zhang Y, Li H, Deng Z, Tsao R. A review on insoluble-bound phenolics in plant-based food matrix and their contribution to human health with future perspectives. *Trends in Food Science & Technology*. 2020;105:347-62.
- [32] Shahidi F, Ambigaipalan P. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review. *Journal of Functional Foods*. 2015;18:820-97.
- [33] Patial PK, Cannoo DS. Evaluation of volatile compounds, phenolic acids, antioxidant potential and DFT study of essential oils from different parts of *Araucaria columnaris* (G. Forst.) Hook. from India. *Food and Chemical Toxicology*. 2020;141:111376.
- [34] Belhaoues S, Amri S, Bensouilah M. Major phenolic compounds, antioxidant and antibacterial activities of *Anthemis praecox* Link aerial parts. *South African Journal of Botany*. 2020;131:200-5.
- [35] Barbouchi M, Elamrani K, El Idrissi M, Choukrad Mb. A comparative study on phytochemical screening, quantification of phenolic contents and antioxidant properties of different solvent extracts from various parts of *Pistacia lentiscus* L. *Journal of King Saud University - Science*. 2020;32(1):302-6.
- [36] Alnuqaydan AM, Rah B. Comparative assessment of biological activities of different parts of halophytic plant *Tamarix articulata* (T. articulata) growing in Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2020;27(10):2586-92.
- [37] Sánchez-Rangel JC, Benavides J, Heredia JB, Cisneros-Zevallos L, Jacobo-Velázquez DA. The Folin–Ciocalteu assay revisited: improvement of its specificity for total phenolic content determination. *Analytical Methods*. 2013;5(21):5990-9.
- [38] Wu L, Wu W, Cai Y, Li C, Wang L. HPLC fingerprinting-based multivariate analysis of phenolic compounds in mango leaves varieties: Correlation to their antioxidant activity and in silico α -glucosidase inhibitory ability. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 2020;191:113616.
- [39] Lou X, Xu H, Hanna M, Yuan L. Identification and quantification of free, esterified, glycosylated and insoluble-bound phenolic compounds in hawthorn berry fruit (*Crataegus pinnatifida*) and antioxidant activity evaluation. *LWT*. 2020;130:109643.
- [40] Sarikurkcü C, Andrade JC, Ozer MS, de Lima Silva JMF, Ceylan O, de Sousa EO, et al. LC-MS/MS profiles and interrelationships between the enzyme inhibition activity, total phenolic content and antioxidant potential of *Micromeria nervosa* extracts. *Food Chemistry*. 2020;328:126930.
- [41] Prieto P, Pineda M, Aguilar M. Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. *Anal Biochem*. 1999;269(2):337-41.
- [42] Zengin G, Bulut G, Mollica A, Haznedaroglu MZ, Dogan A, Aktumsek A. Bioactivities of *Achillea phrygia* and *Bupleurum croceum* based on the composition of phenolic compounds: In vitro and in silico approaches. *Food and Chemical Toxicology*. 2017;107:597-608.
- [43] Benabderrahim MA, Elfalleh W, Sarikurkcü C, Sarikurkcü RB. Biological activities and phytochemical composition of organs from *Loranthus europaeus*. *Industrial Crops and Products*. 2019;141:111772.
- [44] Etienne OK, Dall'Acqua S, Sinan KI, Ferrarese I, Sut S, Sadeer NB, et al. Chemical characterization, antioxidant and enzyme inhibitory effects of *Mitracarpus hirtus* extracts. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 2020:113799.
- [45] Bibi Sadeer N, Montesano D, Albrizio S, Zengin G, Mahomoodally MF. The Versatility of Antioxidant Assays in Food Science and Safety—Chemistry, Applications, Strengths, and Limitations. *Antioxidants*. 2020;9(8):709.
- [46] Rice-Evans C, Miller N, Paganga G. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in plant science*. 1997;2(4):152-9.
- [47] Wang T, Jonsdottir R, Ólafsdóttir G. Total phenolic compounds, radical scavenging and metal chelation of extracts from Icelandic seaweeds. *Food chemistry*. 2009;116(1):240-8.
- [48] Mishra P, Kumar A, Panda G. Anti-cholinesterase hybrids as multi-target-directed ligands against Alzheimer's disease (1998–2018). *Bioorganic & Medicinal Chemistry*. 2019;27(6):895-930.
- [49] Papoutsis K, Zhang J, Bowyer MC, Brunton N, Gibney ER, Lyng J. Fruit, vegetables, and mushrooms for the preparation of extracts with α -amylase and α -glucosidase inhibition properties: A review. *Food Chemistry*. 2021;338:128119.
- [50] Mukherjee PK, Biswas R, Sharma A, Banerjee S, Biswas S, Katiyar CK. Validation of medicinal

- herbs for anti-tyrosinase potential. *Journal of Herbal Medicine*. 2018;14:1-16.
- [51] Dhameja M, Gupta P. Synthetic heterocyclic candidates as promising α -glucosidase inhibitors: An overview. *European Journal of Medicinal Chemistry*. 2019;176:343-77.
- [52] Marucci G, Buccioni M, Ben DD, Lambertucci C, Volpini R, Amenta F. Efficacy of acetylcholinesterase inhibitors in Alzheimer's disease. *Neuropharmacology*. 2020:108352.
- [53] Saeedi M, Eslamifar M, Khezri K. Kojic acid applications in cosmetic and pharmaceutical preparations. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2019;110:582-93.



Rhizospheric PGPR Strains of Wheat, Barley and Trefoil Grown in Ağrı Province

Burak ALAYLAR^{1*}, Medine GULLUCE², Mehmet KARADAYI², Taha Yasin KOC³, Gökce KARADAYI⁴

^{1*}Agri Ibrahim Cecen University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Molecular Biology and Genetics, Agri, Turkey

² Ataturk University, Faculty of Science, Department of Biology, Erzurum, Turkey

³ Ataturk University, Institute of Natural and Applied Sciences, Erzurum, Turkey

⁴ Ataturk University, Faculty of Science, Department of Molecular Biology and Genetics, Erzurum, Turkey

Burak ALAYLAR ORCID No: 0000-0001-6737-3440

Medine GULLUCE ORCID No: 0000-0002-5957-8259

Mehmet KARADAYI ORCID No: 0000-0002-2473-0409

Taha Yasin KOC ORCID No: 0000-0002-7786-5462

Gökce KARADAYI ORCID No: 0000-0003-2044-9609

*Corresponding author: balaylar@agri.edu.tr

(Alınış: 16.05.2021, Kabul: 04.11.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Keywords

PGPR,
Nitrogen
fixation,
Phosphate-
solubilization,
Siderophore
production,
16S rRNA

Abstract: The present study aimed to isolate potential plant growth rhizobacteria (PGPR) from various crops in agricultural areas in Ağrı-Turkey and their characterization. For this goal, rhizospheric soil samples of wheat, barley and trefoil were collected from 12 different locations in Ağrı province. Bacteria isolation studies were carried out with these rhizospheric samples. Then, to determine the PGPR properties of each isolate; nitrogen fixation, phosphate dissolution, siderophore, ammonia and HCN production tests were performed. Molecular identification of active isolates determined as suitable for development of biofertilizers, biostimulants and/or bioprotectants was done by PCR and sequencing applications performed with universal 16S rRNA primers. According to the results, 29 potential PGPR isolates were determined and their molecular characterization was done. These isolates were distributed in *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Brevibacterium*, *Enterobacter*, *Pantoea*, *Pseudomonas*, *Microbacterium* and *Stenotrophomonas* according to their 16S rRNA sequence similarities.

Ağrı İlinde Yetiştirilen Buğday, Arpa ve Yoncanın Rhizosferik PGPR Suşları

Anahtar Kelimeler

PGPR,
Azot
fiksasyonu,
Fosfat
çözünmesi,
Siderofor
üretimi,
16S rRNA

Öz: Mevcut çalışmamızda; Ağrı ili ve çevresinde yer alan tarım alanlarında yetişmekte olan buğday, arpa ve yonca gibi zirai mahsullerden potansiyel bitki büyümesini teşvik eden rizobakterilerin (PGPR) izolasyonu ve karakterizasyonu amaçlanmıştır. Bu amaçla, Ağrı ilinin 12 farklı noktasından buğday, arpa ve yonca rizosferik toprak örnekleri toplanmıştır. Bakteri izolasyonu çalışmaları bu rizosferik örneklerle gerçekleştirilmiştir. Daha sonra her bir izolatanın PGPR özelliklerini belirlemeye yönelik; azot bağlama, fosfat çözme, siderofor, amonyak ve HCN üretimi testleri yapılmıştır. Biyogübre, biyostimülan ve/veya biyo-koruyucuların geliştirilmesine uygun olduğu belirlenen aktif izolatların moleküler tanımlaması, evrensel 16S rRNA primerlerinin kullanıldığı PCR ve dizileme uygulamaları ile yapılmıştır. Elde edilen Sonuçlara göre 29 potansiyel PGPR izolatu tanımlanmış ve moleküler karakterizasyonu yapılmıştır. Bu izolatlar, 16S rRNA sekans benzerliklerine göre *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Brevibacterium*, *Enterobacter*, *Pantoea*, *Pseudomonas*, *Microbacterium* ve *Stenotrophomonas* cinsleri içerisinde dağılım göstermiştir.

1. INTRODUCTION

The world population is increasing rapidly in recent years and the food is one of the basic demands for

human life. This situation has revealed the necessity of determining various alternative strategies to feed the growing population [1, 2]. With the start of the green revolution, there has been a significant increase in the

use of pesticides and chemical fertilizers in the strategies developed in this field and an alternative solution has been produced to meet the demands in the short term [3, 4]. However, the production costs of these chemical fertilizers have increased and their improper use have caused both economic and environmental destruction such as; high costs, decreasing of microbial diversity and soil productivity, arising of phytopathogens and insect resistance and pollution of environment and agricultural lands [3-5]. As an alternative solution to chemical fertilizers, microbial fertilizers are widely utilized all over the world recently. Among microbial fertilizers, bacteria based fertilizers play crucial role in plant growth and health under different climate conditions [6]. Beneficial effects of soil bacteria have been discovered in crop production for decades.

Many soil bacteria colonize the roots of plants or free-living organisms that have profitable effects on the growth and health of the plant are called plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) [7-11]. It has been reported plenty of rizospheric bacteria genera which have beneficial roles for enhancing crop productivity from various agricultural products [12-15]. *Agrobacterium*, *Arthrobacter*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Chromobacterium*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Klebsiella*, *Micrococcus*, *Pantoea*, *Pseudomonas* and *Serratia* are a group of PGPR microorganisms, with the ability to stimulate and plant growth via different mechanisms [16-18].

These mechanisms are divided into three groups as biofertilizers, biostimulants and bioprotectants. For instance; enhancing to nitrogen fixation and phosphate-solubilization which help to nutrients proper to plants can be good example of PGPR's biofertilizer properties [19]. It is also known that their biostimulant effects on plant via production of phytohormones such as indole-3-acetic acid (IAA) [16]. Furthermore, antibiotics, siderophores and lytic enzyme production have caused suppression of soil borne pathogens as bioprotectant [17].

In the current study, we aimed to isolate and characterize of potential PGPR strains from agricultural areas of Ağrı Province-Turkey. It is the promising step for identification of novel local potential PGPR strains gain to improve usage of new microbial based fertilizers in agricultural areas. Hence, 29 potential PGPR strains were characterized from 12 different locations from the agricultural regions in order to assessment of their potential ability to promote plant growth.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Soil Sampling

Rhizospheric soil samples were collected in May 2019 from agricultural areas in Ağrı-Turkey. Sampling was taken from 12 different sites, at depths of 0-7 cm in the region of directly surrounding the roots of various agricultural crops such as wheat, barley and trefoil. Each soil samples were labeled with codes according to their

localities. Then, the samples were brought to the Central Research and Application Laboratory, Agri Ibrahim Cecen University aseptically.

2.2. Isolation of bacterial isolates

The serial dilution method was utilized to isolate bacterial isolates. According to this method, soil samples were transferred into 10 ml of sterile isotonic saline water, and homogenized. Then, dilution series were prepared between 10^{-1} and 10^{-6} . These dilutions were spread on nutrient agar (NA) plates, incubated for 2 days at 28 °C. After the incubation period, distinct bacterial colonies were streaked on NA media to obtain pure single colonies.

2.3. Plant growth promoting activity tests

2.3.1. N₂ Fixation Assay

Nitrogen fixation assay was performed to determine the nitrogen fixation ability of bacterial strains. The assay was used according to the Jensen's modified method [20] into Nitrogen free medium (NFM). Isolates were inoculated onto this medium, incubated, and those that could grow there were considered positive for nitrogen fixation.

2.3.2. Phosphate-Solubilization Assay

Phosphate solubilization potential of the bacterial strains was determined by using modified Pikovskaya's (PKV) agar medium. Isolates were inoculated onto this medium. Plates were incubated at 28 ± 1 °C for 2-7 days and phosphate solubilization was observed for halo zones around the colonies [21].

2.3.3. Siderophore Production Assay

The siderophore production assay of the bacterial strains performed to Loudon et al. procedure [22]. According to this procedure; all glassware wash with 6M HCl to detract from any trace elements and it should rinse with ddH₂O. After Chrome azurol S (CAS) agar need to prepare respectively as three following main solution as; blue dye solution, mixture solution and CAS agar solution. After inoculation of bacterial cultures on CAS agar plates, the plates were incubated at 28 °C for 2-7 days. Siderophore-producing bacteria demonstrated an alteration in color, from blue to orange around the colonies. The bacteria with orange halo around itself was determined as siderophore-producing bacteria.

2.3.4. Determination of Ammonia Potential Assay

The ammonia production property was determined by using Marques et al. procedure [23]. The bacterial strains were transferred to peptone water (Peptone 20.0 g/L and NaCl 30.0 g/L) with constant shaking at 140 rpm for 5 days at 30 °C. After incubation, 0.2 mL of the culture supernatant was mixed with 1 mL Nessler's reagent. The OD of the mixture was measured at 450 nm using a

spectrophotometer, and an end point of a brown to yellow color was evaluated as ammonia production.

2.3.5. HCN Production Assay

HCN production assay was performed by modified method of Bakker and Schippers's method [24]. Bacterial strains were streaked on solid agar plates added with or without 4.4 g glycine l^{-1} . Then, filter paper soaked in 0.5% picric acid in 1% Na_2CO_3 in the plates. The plates were covered with parafilm and incubated at 28 ± 1 °C. At the final stage; from yellow to light brown, moderate brown or strong brown was determined as HCN production.

2.4. Identification of Bacterial Strains

2.4.1. Biochemical, Morphological and Physiological Characterization of Bacterial Strains

Staining procedures, microscopic examinations and biochemical tests were carried out to the Harley and Prescott method (Cell morphologies, Gram property, catalase and oxidase activities *etc.*) [25].

2.4.2. Molecular Characterization of Bacterial Strains

DNA extraction studies of the potential PGPR bacterial strains were utilized with the method described by Sezen [26]. Extracted DNA samples of the potential PGPR strains were used as a template for 16S rRNA gene analysis. The 16S rRNA genes were amplified with PCR using the following forward and reverse primers: 27F (5'-AGAGTTTGATCMTGGCTCAG-3') and 1492R (5'-CGGTTACCTTGTTACGACTT-3'). Each reaction was carried out in a 30 μ l reaction mixture containing; 3 μ l 10 x PCR buffer, 0.6 μ l dNTP, 3 μ l primer 16SF, 3 μ l primer 16SR, 1.2 μ l DMSO, 0.6 μ l $MgCl_2$ (50 μ M), 0.3 μ M / ml Taq DNA polymerase, 15.3 μ l sdH_2O and 3 μ l DNA. PCR program was as follows; The reaction was performed with an initial step at 95 °C for 2 min, and 36 cycles of 1 min at 94 °C, 1 min at 53 °C, 2 min at 72 °C, followed by a final 5 min extension step at 72 °C, then brought down to 4 °C. Then, in the electrophoresis stage, 7 μ l of the PCR products was mixed with 3 μ l of 6x gel loading buffer and loaded onto an agarose gel (1.5% w/v) supplemented with ethidium bromide. Electrophoresis was done in 0.5x TBE (Tris-Borate-EDTA) buffer at 90 V for 120 min. The DNA product was detected by using the Bio Doc Image Analysis System with Uvisoft analysis package (Cambridge, UK). The amplified gene products were sequenced by Macrogen Inc. (Netherlands). The nucleotide BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) search program of NCBI was used to determine the nucleotide sequence homology. The gene sequences were assigned to GenBank®.

3. RESULTS

Twelve sites were selected from different regions in Ağrı province. Location information and sampling data of the regions are given in the Table 1. According to the field studies, 32 rhizospheric soil samples from 12 sites were brought to the laboratory for bacterial isolations. Totally, isolation of 178 bacteria has been done by considering colony characteristics of bacterial strains. Single colonies were chosen for further studies and colony morphology different strains were distinguished.

Among these 178 bacteria were prepared for the detection of PGPR properties. Then, nitrogen fixation, phosphate-solubilization, siderophore, HCN, and ammonia production assays were done respectively. According to the results the best capability of plant growth properties of bacterial strains was chosen for potential local PGPR strains. Inside of these bacterial strains; 6 of the bacterial strains were nitrogen-fixing, 11 phosphate-solubilization, 21 siderophore production, 22 bacteria ammonia production. 5 of the bacterial strains were showed to phosphate-solubilization, siderophore and ammonia production. Also, 2 of the bacteria both phosphate and nitrogen-fixing. The detailed information about PGPR properties were given in Table 2. All the potential PGPR strains were selected for the molecular identification studies.

Twenty-nine species of potential PGPR isolated and identified by using 16S rRNA gene analysis. Data of the 16S rRNA gene sequencing showed that the active strains grouped in *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Brevibacterium*, *Enterobacter*, *Pantoea*, *Pseudomonas*, *Microbacterium* and *Stenotrophomonas* genera. According to the results, 1 isolate was assigned to *Brevibacterium frigoritolerans*, 1 isolate to *Bacillus safensis*, 1 isolate to *Bacillus simplex*, 1 isolate to *Bacillus thuringiensis*, 3 isolates to *Bacillus* sp., 4 isolates to *Bacillus pumilus*, 1 isolate to *Microbacterium hydrocarbonoxydans*, 2 isolates to *Microbacterium* sp., 3 isolate to *Pseudomonas* sp., 1 isolate to *Pseudomonas brassicacearum*, 1 isolate to *Pseudomonas kilonensis*, 1 isolate to *Pseudarthrobacter oxydans*, 3 isolate to *Arthrobacter* sp., 2 isolates to *Enterobacter ludwigii*, 2 isolates to *Pantoea* sp., 1 isolate to *Stenotrophomonas* sp., and 1 isolate to *Brevibacterium frigoritolerans*. The strains were on 100% identical to the closest relatives registered in GenBank. The length of the identified nucleotides sequences of 16S rRNA genes of the strains recognized as adequate for reliable identification based on 16S rRNA genes analysis using BLAST tool. The accession number was obtained from the NCBI-GenBank® and detailed information about these strains were given in Table 3. The phylogenetic tree was constructed from the partial 16S rRNA region sequencing data via the neighbor-joining method using the software package MEGA 4.0 [27] and demonstrated in Figure 1.

Table 1. Bacterial strains isolation locations and sampling data informations from agricultural areas in Ağrı

No	Sampling regions	Locations	Sampling number	Isolation source
1	Doğubeyazıt Road 12. Km/Yoncalı village - Ağrı	39°42'41"N 43°7'59"E	3	Agricultural areas
2	Doğubeyazıt Road - Kazlı village - Ağrı	39°41'30"N 43°12'49"E	3	Trefoil
3	Doğubeyazıt Road Kazlı village - Ağrı	39°41'30"N 43°12' 51"E	3	Barley
4	Taşlıçay-Ağrı	39°39'13"N 43°21' 16"E	2	Wheat
5	Taşlıçay-Ağrı	39°39'28"N 43°20' 0"E	4	Agricultural areas
6	Doğubeyazıt Road Murat Bucağı village - Ağrı	40°31'21" N 41°32'4" E	2	Agricultural areas
7	Hamur-Yoğun hisar village – Ağrı	39°37'27.2893"N 43°0' 12.204"E	3	Agricultural areas
8	Hamur-Ağrı	39°36'25.6464"N 42°58' 21.414"E	2	Agricultural areas
9	Eleşkirt-Müftüselim District/Ağrı	39°48'18.5256 N 42°42' 52.5492 E	3	Trefoil
10	Sadıklı village - Eleşkirt/Ağrı	39°48'49.4352" N 42°45' 54.126"E	2	Wheat
11	Eleşkirt/Ağrı	39°48'53.0424"N 42°45' 53.802"E	3	Barley
12	Eleşkirt/Ağrı	39°48'53.0424"N 42°45' 53.802"E	2	Trefoil

Table 2. Investigation of PGPR properties of bacterial strains using conventional methods

Codes	NCBI codes	N ₂ fixation	Phosphate solubilization	Siderophore production	Ammonia production	HCN production
BP9	Agri-1	-	+	+	+	-
BP11	Agri-2	-	+	+	+	-
BP14	Agri-3	-	+	+	+	-
BP15	Agri-4	-	-	+	+	-
BP18	Agri-5	-	-	+	+	-
BP48	Agri-6	+	-	+	+	-
BP51	Agri-7	+	-	+	slight	-
BP52	Agri-8	-	+	-	+	-
BP69	Agri-9	-	-	+	+	-
BP90	Agri-10	-	+	-	+	-
BP2	Agri-11	-	-	+	+	-
BP4	Agri-12	-	-	+	slight	-
BP5	Agri-13	+	+	-	+	-
BP7	Agri-14	-	-	+	+	-
BP8	Agri-15	-	+	+	+	-
BP10	Agri-16	-	-	+	+	-
BP26	Agri-17	+	-	-	slight	-
BP27	Agri-18	-	-	+	slight	-
BP29	Agri-19	-	-	+	+	-
BP31	Agri-20	-	-	+	+	-
BP33	Agri-21	-	-	+	+	-
BP45	Agri-22	-	+	-	slight	-
BP46	Agri-23	-	+	+	+	-
BP55	Agri-24	+	+	-	+	-
BP64	Agri-25	-	-	+	slight	-
BP74	Agri-26	-	+	-	+	-
BP83	Agri-27	+	-	-	+	-
BP85	Agri-28	-	-	+	+	-
BP98	Agri-29	-	-	+	+	-

Table 3. Taxonomic affiliation of the bacterial isolates and their GenBank® accession numbers

Strain Code	NCBI Code	Strain Name	Length (bp)	Accession number	Percentage identity
BP9	Agri-1	<i>Bacillus safensis</i>	1424	MN900701	100
BP11	Agri-2	<i>Pseudomonas</i> sp.	1400	MN900702	100
BP14	Agri-3	<i>Bacillus pumilus</i>	1416	MN900703	100
BP15	Agri-4	<i>Bacillus</i> sp.	1416	MN900704	100
BP18	Agri-5	<i>Microbacterium</i> sp.	1397	MN900705	100
BP48	Agri-6	<i>Stenotrophomonas</i> sp.	1414	MN900706	100
BP51	Agri-7	<i>Bacillus</i> sp.	1429	MN900707	100
BP52	Agri-8	<i>Pseudomonasbrassicacearum</i>	1410	MN900708	100
BP69	Agri-9	<i>Microbacterium</i> sp.	1377	MN900709	100
BP90	Agri-10	<i>Pseudomonas</i> sp.	1410	MN900710	100
BP2	Agri-11	<i>Glutamicibacter</i> sp.	1394	MT102719	100
BP4	Agri-12	<i>Bacillus simplex</i>	1423	MT102720	100
BP5	Agri-13	<i>Bacillus pumilus</i>	1407	MT102721	100
BP7	Agri-14	<i>Bacillus pumilus</i>	1420	MT102722	100
BP8	Agri-15	<i>Bacillus pumilus</i>	1415	MT102723	100
BP10	Agri-16	<i>Microbacterium hydrocarbonoxydans</i>	1373	MT102724	100
BP26	Agri-17	<i>Bacillus</i> sp.	1429	MT102725	100
BP27	Agri-18	<i>Pseudarthrobacter oxydans</i>	1360	MT102726	100
BP29	Agri-19	<i>Pantoea agglomerans</i>	1071	MT102727	100
BP31	Agri-20	<i>Pantoea</i> sp.	1046	MT102728	100
BP33	Agri-21	<i>Arthrobacter</i> sp.	1359	MT102729	100
BP45	Agri-22	<i>Arthrobacter</i> sp.	1102	MT102730	100
BP46	Agri-23	<i>Enterobacter ludwigii</i>	913	MT102731	100
BP55	Agri-24	<i>Pseudomonas kilonensis</i>	1399	MT102732	100
BP64	Agri-25	<i>Brevibacterium frigoritolerans</i>	1422	MT102733	100
BP74	Agri-26	<i>Pseudomonas</i> sp.	1054	MT102734	100
BP83	Agri-27	<i>Enterobacter ludwigii</i>	1384	MT102735	100
BP85	Agri-28	<i>Arthrobacter</i> sp.	1108	MT102736	100
BP98	Agri-29	<i>Bacillus thuringiensis</i>	1416	MT102737	100

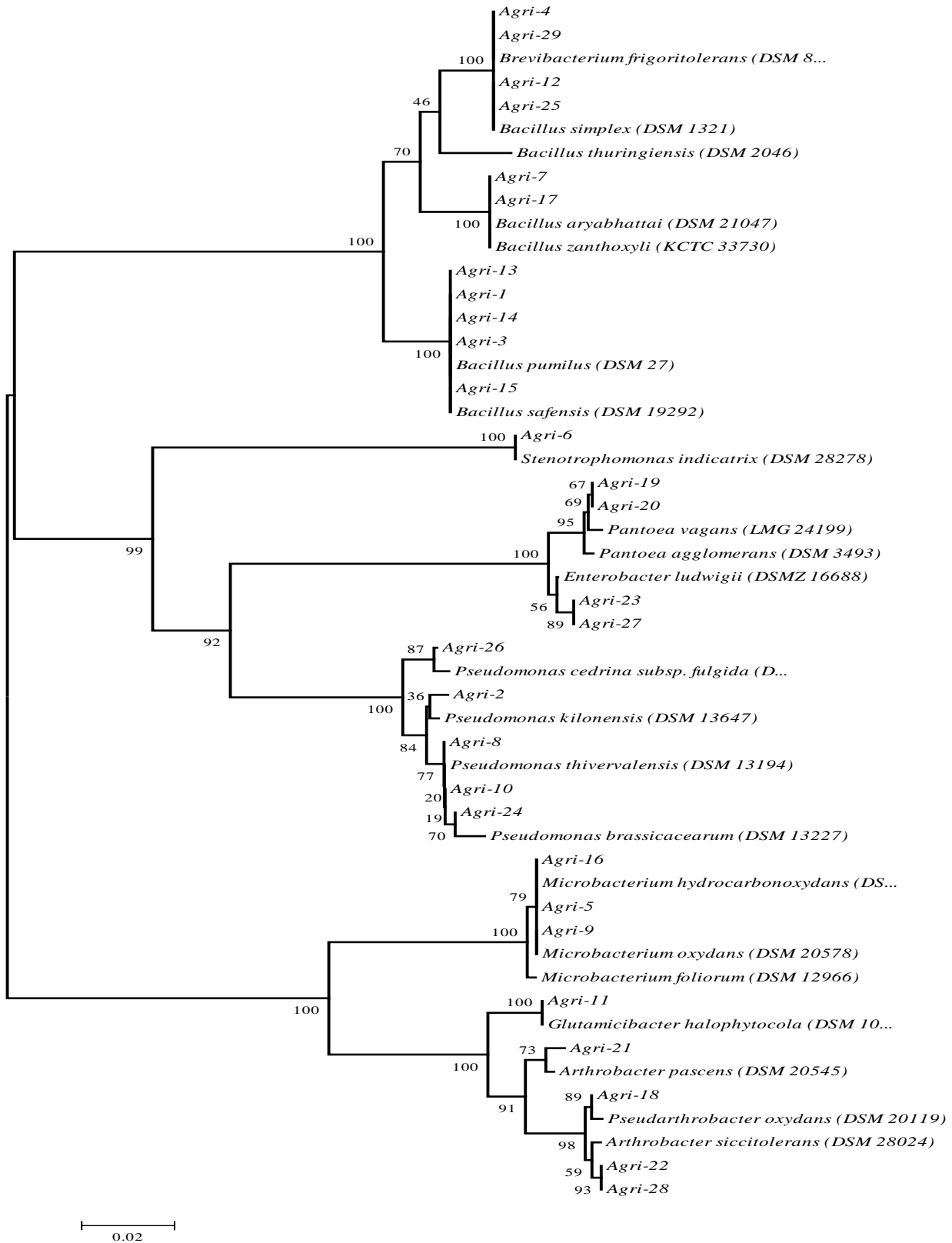


Figure 1. Neighbor joining phylogenetic tree on the basis of 16S rRNA gene sequence data of potential PGPR strains from agricultural areas Ağrı in Turkey. The scale bar represented 2% divergence.

4. DISCUSSION

Recent researches showed that the detrimental effects of various chemical fertilizers utilized in agricultural areas have caused researchers to find alternative solutions and methods [4]. PGPR is the one of the most promising alternative application in agricultural areas since past decades because of their beneficial effects on agricultural lands, product yield, soil and plant health [18]. Furthermore, PGPR can support plant growth and development with various mechanisms. Among these mechanisms, nitrogen fixation, phosphate-solubilization, siderophores producing, ammonium production, HCN production etc. are the well-studied PGPR mechanisms according to the literature [15, 16, 28]. Each of these mechanisms have critical role in not only plant growth and health but also soil health. For instance, Nitrogen-fixation is played crucial role in conversion of atmospheric dinitrogen to ammonia. Because nitrogen (N_2) is a unique element for all living organism and plants cannot utilize it straightly. Therefore, nitrogen-fixation have significant role in plant growth and development [4]. The other nitrogen source for plants is ammonia because of its fruitful nitrogen containing molecules [29]. After the N_2 , phosphorus (P) is a fundamental and pivotal macronutrient for plant development and growth.

Therefore, phosphate solubilization is one of the most crucial properties of PGPR [2, 30-31]. Also, siderophore production is well-known PGPR mechanism which have pivotal role in improve the bioavailability of iron and synthesis auxins, cytokinins, gibberellins etc. These phytohormones have key roles in different stage of plant growth processes [29].

In the current study; we isolated 29 potential PGPR strain from agricultural areas in Ağrı-Turkey. Profiling of isolates showed that these contained 29 strains belonging to (10) *Bacillus* species as [*B. safensis* (Agri-1), *B. pumilus* (Agri-3), *Bacillus* sp. (Agri-4), *Bacillus* sp. (Agri-7), *B. simplex* (Agri-12), *B. pumilus* (Agri-13), *B. pumilus* (Agri-14), *B. pumilus* (Agri-15), *Bacillus* sp. (Agri-17), *B. thuringiensis* (Agri-29)] and (5) *Pseudomonas* species as; [*Pseudomonas* sp. (Agri-2), *Pseudomonas brassicacearum* (Agri-8), *Pseudomonas* sp. (Agri-10), *Pseudomonas kilonensis* (Agri-24), *Pseudomonas* sp. (Agri-26)] and (4) *Arthrobacter* species as; [*Pseudarthrobacter oxydans* (Agri-18), *Arthrobacter* sp. (Agri-21), *Arthrobacter* sp. (Agri-22), *Arthrobacter* sp. (Agri-28),] and (3) *Microbacterium* species as; [*Microbacterium* sp. (Agri-5), *Microbacterium* sp. (Agri-9), *Microbacterium hydrocarbonoxydans* (Agri-16)] and (2) *Enterobacter* species as ; [*Enterobacter ludwigii* (Agri-23), *Enterobacter ludwigii* (Agri-27)] and (2) *Pantoea* species as; [*Pantoea agglomerans* (Agri-19), *Pantoea* sp. (Agri-20)]. Also (1) *Stenotrophomonas* sp. and *Brevibacterium frigiditolerans* were identified. As it cited previous studies showed that *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Brevibacterium*, *Enterobacter*, *Pseudomonas*, *Microbacterium*, *Pantoea*, and *Stenotrophomonas* are known as isolated potential PGPR strains from soil rhizosphere. Among these genera, *Bacillus* and

Pseudomonas play a critical role in host root colonization at very high productivity. Therefore, these potential PGPR strains are contributed to production of growth metabolites for enhanced to strategic crops yield [32].

According to a report by Banerjee et al. [12] *Arthrobacter* sp. and *Bacillus* sp. isolated tomato rhizosphere from Kalyani, West Bengal in India showed phosphate solubilization. Kumar et al. [13] reported that isolation and characterization of rhizobacteria associated with coastal agricultural ecosystem of rhizosphere soils of cultivated vegetable crops which have capability of siderophore production, inorganic phosphate solubilization and IAA production and these strains and their plant growth properties (PGP) were reported as respectively; belonging to [*Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Pseudomonas synxantha* (siderophore production)], [*Staphylococcus sciuri* sp. *sciuri*, *Staphylococcus intermedius*, *Bacillus pumilus* (phosphate solubilization)] and [*Alcaligenes faecalis* sp. *faecalis*, *Enterobacter cloacae* sp. *dissolvens* (IAA production)]. Kumar et al. [33] reported that *Bacillus* isolates identified from rhizosphere of common bean growing at Uttarakhand Himalaya in India demonstrated PGP activities such as IAA, HCN and siderophore production and phosphate-solubilization potentials. In other study, *P. agglomerans* Ima2 demonstrated significantly most of the plant growth properties [34]. Kesaulya et al. [35] isolated numerous potential PGPR strains from potato plant rhizosphere which have capability of siderophore production, inorganic phosphate solubilization and (IAA) production. A study by Tara and Saharan [36] revealed that *Brevibacterium frigiditolerans* SMA23 isolated from *Aloe vera* rhizosphere have multiple plant growth promotion properties such as phosphate solubilization, IAA production and siderophore production. A study by Wang et al. [37] revealed that *Stenotrophomonas maltophilia* W-6 have nitrogen-fixing capability. In the study by Habibi et al. [15] were found to strains of *Enterobacter ludwigii* have IAA production, phosphate solubilizing and siderophore production capabilities. *Microbacterium maritopicum* strain DSM 12512 was found to have IAA and siderophore production by Nadiéline et al. [38]. The result obtained in the present paper revealed that the most of the bacterial isolates studied had at least one of the PGP properties among the nitrogen fixation, phosphate-solubilization, siderophore, ammonia and HCN production. The PGP parameters of the 29 bacterial strains were identified. Moreover, the results of the present study indicated that predominantly of the isolated bacterial strains have substantial PGP parameters thought to play a pivotal role in control several soil borne diseases and ameliorate the health of soil and agricultural crops according to the previous literature knowledge. To the best of our knowledge, this is the first study investigating of potential PGPR strains from agricultural areas in Ağrı-Turkey. Our findings showed that soil rhizosphere has high potential of cultivable bacteria exhibiting multiple PGP activities. Because it is well known that PGPR having PGP activities can increase plant growth, soil fertility and

crop productivity. In this context; these 29 strains are potential bacterial strains with promise in crop growth and soil fertility in agricultural fields in Ağrı province.

Moreover, these potential PGPR strains can be utilized in similar agricultural products, climate and soil conditions. The strains isolated in this study, containing diverse species were found to beneficial effects on various crops such as; wheat, barley and trefoil *etc.*

5. CONCLUSION

The effective usage of potential PGPR strains can be used for reduce the hazardous effects of chemical fertilizers on the environment for sustainable agriculture. Therefore, local strains in this study can be used agricultural areas in Ağrı-Turkey for sustainable crop production as a local biofertilizers, biostimulants and bioprotectants.

Acknowledgement

This work was supported by Agri Ibrahim Cecen University Scientific Research Project (Project number: FEF.18.006-2018).

Conflict of interests

The author declares that they have no conflict of interest.

REFERENCES

- [1] Wezel A, Casagrande M, Celette F, Vian JF, Ferrer A, et al. Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 2014;34: 1–20.
- [2] Alaylar B, Güllüce M, Karadayı G, Karadayı M. Isolation of pgpr strains with phosphate solubilizing activity from Erzurum and their molecular evaluation by using newly designed specific primer for *pqqB* Gene. *International Journal of Scientific and Engineering Research*. 2018;9(5);103-106.
- [3] Aeron A, Khare E, Jha CK, Meena VS, Abdel Aziz SM, Islam MT, et al. Revisiting the plant growth-promoting rhizobacteria: lessons from the past and objectives for the future. *Archives of Microbiology*. 2020;202:665-676.
- [4] Alaylar B, Güllüce M, Karadayı M. Detection of the *nifH* gene in nitrogen-fixing bacteria from agricultural areas in Erzurum. *Fresenius Environmental Bulletin*. 2020;29 (2): 809–814.
- [5] Ibal JC, Jung BK, Park CE, Shin JH. Plant growth-promoting rhizobacteria used in South Korea. *Applied Biological Chemistry*. 2018; 61(6):709-716.
- [6] Egamberdieva D, Davranov K, Wirth S, Hashec A, Abd_Allah EF. Impact of soil salinity on the plant-growth-promoting and biological control abilities of root associated bacteria. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2017;24(7):1601-1608.
- [7] Abbas-Zadeh P, Saleh-Rastin N, Asadi-Rahmani H, Khavazi K, Soltani A, Shoary-Nejati AR, et al. Plant growth-promoting activities of *fluorescent pseudomonads*, isolated from the Iranian soils. *Acta Physiologiae Plantarum*.2010;32:281-288.
- [8] Rasool L, Asgha M, Jamil A, Rehman SU. Identification of *Azospirillum* species from wheat rhizosphere. *The Journal of Animal & Plant Sciences*. 2015;25 (4):1081-1086.
- [9] Shaheen T, Khan AA, Rahman M, Qamar MTU, Rahman M. Estimation of genetic diversity of plant growth promoting rhizobacteria (pgpr) strains found in different areas of Pakistan using RAPD and 16S rRNA analysis. *The Journal of Animal & Plant Sciences*.2015;25(5):1457-1465.
- [10] Karadayı M, Güllüce M, Doğan S, Güllüce E. Isolation and molecular characterization of bacteria with plant growth-promoting characteristics from magnesite mining fields in Kütahya-Turkey. *Journal of Applied Biological Sciences*. 2016;10(3): 27-32.
- [11] Rehman B, Hassan TUI, Bano A. Potential of indole-3-acetic acid-producing rhizobacteria to resist Pb toxicity in polluted soil. *Soil and Sediment Contamination*. 2019;28(1): 101-121.
- [12] Banerjee S, Palit R, Sengupta C, Standing D. Stress induced phosphate solubilization by *Arthrobacter* sp. and *Bacillus* sp. isolated from tomato rhizosphere. *Australian Journal of Crop Science*. 2010;4(6):378-383.
- [13] Kumar K, Amaesan N, Bhagat S, Madhuri K, Srivastava RC. Isolation and characterization of rhizobacteria associated with coastal agricultural ecosystem of rhizosphere soils of cultivated vegetable crops. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2011;27: 1625-1632.
- [14] Pérez-Montano F, Alías-Villegas C, Bellogín RA, Del Cerro P, Espuny MR, Jiménez-Guerrero I, et al. Plant growth promotion in cereal and leguminous agricultural important plants: From microorganism capacities to crop production. *Microbiological Research*. 2014;169(5-6):325-336.
- [15] Habibi S, Djedidi S, Ohkama-Ohtsu N, Sarhadi WA, Kojima K, Rallos RV, et al. Isolation and screening of indigenous plant growth-promoting rhizobacteria from different rice cultivars in Afghanistan soils. *Microbes and Environments*. 2019;34(4): 347-355.
- [16] Sharan BS, Nehra V. Plant growth promoting rhizobacteria: A critical review. *Life Sciences and Medicine Research*. 2011;2011:1-30.
- [17] Chuks Kenneth O. Plant growth promoting rhizobacteria (pgpr): A bioprotectant bioinoculant for sustainable agrobiolgy. A review. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*. 2017;4(5):123-142.
- [18] Oleńska E, Małek W, Wójcik M, Swiecicka I, Thijs S, Vangronsveld J, et al. Beneficial features of plant growth-promoting rhizobacteria for improving plant growth and health in challenging conditions: A methodical review. *Science of the Total Environment*. 2020;743: 1-21.
- [19] Vessey JK. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*. 2003; 255:571-586.
- [20] Jensen HL. *Pro Line Soc. NSW*; 1942.

- [21] Pikovskaya RI. Mobilization of phosphorus in soil in connection with the vital activity of some microbial species. *Mikrobiologiya*. 1948;17:362–370.
- [22] Louden BC, Haarmann, Lynne AM. Use of blue agar CAS assay for siderophore detection. *Journal of Molecular Biology and Biology Education*. 2011;12(1):51-53.
- [23] Marques APGC, Pires C, Moreira H, Rangel AOSS, Castro PML. Assessment of the plant growth promotion abilities of six bacterial isolates using *Zea mays* as indicator plant. *Soil Biology and Biochemistry*. 2010;42:1229–1235
- [24] Bakker AW, Schippers B. Microbial cyanides production in the rhizosphere in relation to potato yield reduction and *Pseudomonas* spp. mediated plant growth stimulation. *Soil Biology and Biochemistry*. 1987;19(4):451–457.
- [25] Harley JP, Prescott LM. *Laboratory Exercises in Microbiology*. New York; USA. McGraw-Hill Press; 2002.
- [26] Sezen S. Isolation and molecular characterization of microorganisms with usage potential for lignite enrichment technology from Afşin-Elbistan lignite mine [dissertation]. Erzurum: University of Ataturk; 2015.
- [27] Baltacı MO, Genc B, Arslan S, Adiguzel G, Adiguzel A. Isolation and characterization of thermophilic bacteria from geothermal areas in Turkey and preliminary research on biotechnologically important enzyme production. *Geomicrobiology Journal*. 2017; 34(1):53–62.
- [28] Ferchichi N, Toukabri W, Boularess M, Smaoui A, Mhamdi R, Trabelsi D. Isolation, identification and plant growth promotion ability of endophytic bacteria associated with lupine root nodule grown in Tunisian soil. *Archives of Microbiology*. 2019;201(3): 1333-1349.
- [29] Orhan F. Alleviation of salt stress by halotolerant and halophilic plant growth-promoting bacteria in wheat (*Triticum aestivum*). *Brazilian Journal of Microbiology*. 2016;47 (3):621-627.
- [30] Alaylar B, Güllüce M, Karadayı M, Isaoglu M. Rapid detection of phosphate-solubilizing bacteria from agricultural areas in Erzurum. *Current Microbiology*. 2019; 76(7):804-809.
- [31] Alaylar B, Egamberdieva D, Gulluce M, Karadayı M, Arora NK. Integration of molecular tools in microbial phosphate solubilization research in agriculture perspective. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2020;36(93):1-12.
- [32] Bhattacharyya PN, Jha DK. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2012; 28:1327-1350.
- [33] Kumar P, Dubey RC, Maheshwari DK. *Bacillus* strains isolated from rhizosphere showed plant growth promoting and antagonistic activity against phytopathogens. *Microbiological Research*. 2012;167: 493-499.
- [34] Silini-Chérif H, Silini A, Ghoul M, Yadav S. Isolation and characterization of plant growth promoting traits of a rhizobacteria: *Pantoea agglomerans* Ima2. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 2012;15 (6): 267-276.
- [35] Kesaulya H, Baharuddin B, Zakaria B, and Syaiful SA. Isolation and physiological characterization of PGPR from potato plant rhizosphere in medium land of Buru Island. *First International Symposium on Food and Agro-biodiversity, ISFA 2014*. Semarang: Elsevier; 2014. p. 190-199.
- [36] Tara N, Sharan BS. Plant growth promoting traits shown by bacteria *Brevibacterium frigiditolerans* SMA23 isolated from Aloe vera rhizosphere. *Agricultural Science Digest*. 2017;37 (3): 226-231.
- [37] Wang S, Xu Y, Li Z. Nitrogen utilization and transformation of *Stenotrophomonas maltophilia* W-6 with nitrogen-fixing ability. *The Preprint Server for Biology*. 2018;1-32.
- [38] Nadiéline CV, Ndiaye MF, Fall S, Krasova T, Le Quéré A, Diouf D. Isolation and characterization of potential phosphate solubilizing bacteria in two regions of Senegal. *African Journal of Microbiology Research*. 2019;13(28):609-618.



Derin Transfer Öğrenimi Yaklaşımı ile Kamusal Alanda Medikal Maske Kullanımının Otomatik Kontrolü

Hasan POLAT^{1*}, Mehmet Sıraç ÖZERDEM²

¹Bingöl Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Bingöl, Türkiye

²Dicle Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye

Hasan POLAT ORCID No: 0000-0001-5535-4832

Mehmet Sıraç ÖZERDEM ORCID No: 0000-0002-9368-8902

*Sorumlu yazar: hasanpolat@bingol.edu.tr

(Alınış: 04.06.2021, Kabul: 10.07.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Anahtar Kelimeler

Transfer öğrenimi, Derin öğrenme, SqueezeNet, Sınıflandırma, Görüntü işleme, COVID-19

Öz: Uluslararası kamu sağlığı acil durumu olan COVID-19 hastalığının başlıca bulaşma yolları, solunum damlacıkları ve fiziksel temastır. Hastalığın yayılımını önlemek ve salgınla mücadele etmenin kapsamlı stratejilerinden biri olarak kamusal alanda medikal maske kullanımı birçok toplumda zorunlu kılınmıştır. Bu kapsamda, kamusal alanda medikal maske kullanımının otomatik olarak kontrolü, salgınla mücadelede önem arz etmektedir. Bu çalışmada, transfer öğrenimi yaklaşımı ile kamusal alandan alınan görüntülerden medikal maske kullanımının otomatik olarak tespit edilmesi amaçlanmıştır. Derin mimariye transfer öğrenimi yaklaşımı uygulanarak, öğrenilmiş parametrelerinin ince ayarı ile medikal maske tespitinde etkili çözümlerin elde edilmesi amaçlanmıştır. Medikal maske kullanımının otomatik olarak tespitinde, Human in the Loop (HITL) tarafından erişime açık olarak sunulan görüntüler kullanılmıştır. SqueezeNet tabanlı transfer öğrenimi yaklaşımı ile %99,20 oranında sınıflandırma doğruluğu elde edilmiştir. ROC eğrisi altında kalan alanın (AUC) büyüklüğü ise 0,998 olarak elde edilmiştir. Ayrıca, transfer öğrenimi yaklaşımının üstünlüğünü vurgulamak için eğitilmiş parametre içermeyen SqueezeNet mimarisi de aynı veri seti üzerinde uygulanmış ve elde edilen performans değerleri karşılaştırılmıştır. Sınırlı sayıda görüntü veri kümesi üzerinde eğitilen mimari ile sınıflandırma doğruluğu ve AUC performansları sırasıyla %94,75 ve 0,976 olarak elde edilmiştir. Transfer öğrenimi yaklaşımı ile çok kısa sürede eğitilen derin mimarinin medikal maske kullanımı tespitinde etkileyici bir performans sergilediği gözlemlenmiştir.

Automatic Control of Using Medical Mask in Public Space by Deep Transfer Learning Approach

Keywords

Transfer learning, Deep learning, SqueezeNet, Classification, Image processing, COVID-19

Abstract: The main transmission routes of COVID-19, an international public health emergency, are respiratory droplets and physical contact. As one of the comprehensive strategies to prevent and fight against disease the outbreak, the use of medical masks in the public sphere has been made mandatory in many societies. In this context, automatic control of the use of medical masks in the public sphere is crucial in the fight against the outbreak. This study aimed to detect the use of medical masks automatically from images of the public sphere by the transfer learning approach. By transfer learning approach to deep architecture, it is aimed to obtain effective solutions in medical mask detection with fine-tuning of pre-trained parameters. The image data set offered by Human in the Loop (HITL) as open access was used for the automatic detection of medical masks. The SqueezeNet based on transfer learning approach proposed in this study achieved a classification accuracy of 99.20%. In addition, the AUC (area under the ROC curve) value was found as 0.998. To emphasize the superiority of the transfer learning approach, the SqueezeNet architecture, which does not contain trained parameters, was also applied to the same data set and the obtained performance metrics were compared. The model trained from scratch on a limited number of image dataset offered classification accuracy and AUC performances as 94.75% and 0.976, respectively. As a result, it has been observed that the deep architecture, which has been trained in a very short time with the transfer learning approach, has an impressive performance in detecting the use of medical masks.

1. GİRİŞ

2019'un Aralık sonlarında, SARS-CoV ailesine mensup mutasyona uğramış yeni tip bir koronavirüs ilk olarak Çin'in Wuhan Şehri, Hubei bölgesinde bir grup bilinmeyen pnömoni olarak rapor edilmiştir [1, 2]. Şiddetli akut solunum sendromuna yol açan bu yeni bilemeyen virüsün gen diziliminin %70 oranında SARS-CoV virüsüne benzerlik gösterdiği tespit edilmiş ve uluslararası virüs taksonomi komitesi (ICTV) tarafından SARS-CoV-2 olarak adlandırılmıştır [3]. Hastalarla etkileşim içinde olan sağlık çalışanları ve ailelerinde aynı semptomların görülmesi, SARS-CoV-2'nin insandan insana bulaşabilme kabiliyeti olduğunu ortaya çıkarmıştır. Kısa süre zarfında Çin'in farklı bölgelerine yayılan virüs, birkaç hafta içinde kıtalar arası bir yayılım göstermiştir. İnsanlık tarihinde eşine az rastlanır bir hızla yayılım gösteren bu salgın, Dünya sağlık örgütü (DSÖ) tarafından 11 Şubat 2020'de pandemi olarak ilan edilmiş ve yeni koronavirüs hastalığı 2019 (COVID-19) olarak adlandırılmıştır. DSÖ tarafından 24 Mayıs 2021 tarihi itibarıyla dünya genelinde yaklaşık 167 milyon pozitif vaka olduğu doğrulanmıştır. Ne yazık ki pozitif vakalardan yaklaşık 3,5 milyonu ölümlü sonuçlanmıştır [4]. Pozitif vaka sayısındaki olağanüstü artış hızı, hastalığın bulaşma yolları üzerinde durulması gerektiği ve yayılım hızını yavaşlatacak yöntemlerin geliştirilmesi hususunda önem arz etmektedir.

COVID-19 salgını özellikle solunum damlacıkları ve yakın temas ile insandan insana bulaşmaktadır [5]. Kamu yetkilileri COVID-19'la mücadelede, hastalığın bulaşıcılık özelliğinin baskın olması ile birlikte geniş kitlelere çok kısa bir sürede yayılmasını önlemek adına çeşitli önlemler almaktadır. Kamu sağlığında ve ekonomik faaliyetlerinde hastalığın zararlı etkilerinden kurtulmak için acil eylem planları uygulanmaktadır. Bu kapsamda, DSÖ virüsün yayılımına karşı et etkili yöntemlerden birinin medikal maske kullanımı olduğu vurgulanmıştır. İnsanların kamusal alanda maske kullanmaları için yeni kararlar alınmakta ve kullanmamaları durumunda çeşitli caydırıcı yaptırımlar uygulanmaktadır. Söz konusu önlemler ile hastalığın yayılımı engellenerek, yeni vaka ve ölüm sayılarındaki üstel artışın önlenmesi amaçlanmaktadır. Ancak, bütün nüfusun kontrol edilmesi oldukça zorlu bir süreçtir. Bu zorlu sürecin üstesinden insan gücü ile gelinmesi, devasa iş gücü ve yeterli personel gereksinimi gibi faktörler dikkate alındığında olanaksız görünmektedir. Dolayısıyla, insanların kamusal alanda medikal maske kullanmalarını yüksek hız ve doğrulukla kontrol edebilecek bilgisayar tabanlı modellerin geliştirilmesi önem arz etmektedir.

Derin öğrenme algoritmalarının biyomedikal görüntülerden çeşitli hastalıkların tespitinde sağlamış olduğu üstün başarı, araştırmacıları COVID-19 ile mücadelede derin öğrenme tabanlı yardımcı sistemlerin geliştirilmesi yönünde motive etmiştir. Bu kapsamda, çoğunlukla hekimlere destek sağlayan yapay zeka tabanlı otomatik tanı modelleri geliştirilmiştir [6-8]. Bu çalışmalarda, bilgisayarlı tomografi (BT) veya X-ray görüntülerinden COVID-19 pnömoni kaynaklı

lezyonların ve hastalıkla birlikte lezyonlarda meydana gelen değişimlerin bilgisayar destekli sistemlerce otomatik olarak tespit edilmesi amaçlanmıştır. Hastalığın erken tanısında geliştirilen modellerin yanı sıra bilgisayarlı görü tabanlı sistemlerce maske kullanımının kontrolü ve toplumun alınan kurallara göstermiş olduğu adaptasyonun denetlenmesi, salgınla mücadelede kilit rol oynamaktadır [9]. Dolayısıyla, kısa süre zarfında medikal maske tespit modellerine ilişkin yapılan çalışmalar dikkat çekmektedir. Bu kapsamda, Khandelwal et al. [10] medikal maske kullanımına ilişkin ikili görüntü sınıflandırma problemi için bir derin öğrenme modeli önermişlerdir. Çalışmalarında, MobileNet v2 modeli kullanarak 380'i maskeli ve 460'ı maskesiz olmak üzere görüntü kümesi kullanmışlardır. Qin et al. [11] maske kullanımı tespitinde süper çözünürlüklü yerleştirilmiş sınıflandırma ağları kullanan bir model önermişlerdir. Önerilen model maskeli, maskesiz ve yanlış maske kullanan olmak üzere üç sınıflı bir problem için geliştirilmiştir. Loey et al. [5] medikal maske tanımada derin öğrenme ve konvansiyonel yöntemeye dayanan bir hibrit model önermişlerdir. Derin öğrenme mimarilerden ResNet50 modeli uygulanarak özellik çıkarımı yapılmış ve çıkarılan özellikler destek vektör makinesi (DVM) algoritması ile sınıflandırılmıştır. Rao vd. (2020) maske tespitinde her biri 100 filtreden oluşan iki evrişim katmanlı ESA modeli önermişlerdir. Önerilen ağ yapısına ilişkin hiper parametre seçimi ile %91,21 oranında sınıflandırma doğruluğu elde edilmiştir. Literatürde derin öğrenme veya konvansiyonel yöntemlere dayalı medikal maske kullanımının kontrol edildiği çalışmaların yapıldığı görülebilmektedir. Derin öğrenme modellerinin özellikle görüntülerde nesne tanımadaki güçlü alt yapısı bu alanda da etkinliğini göstermektedir.

Bu çalışmada, transfer öğrenimi yaklaşımı uygulanarak derin öğrenme tabanlı bir medikal maske tanıma sistemi önerilmiştir. Önerilen modelin mevcut gözetim kameralarına entegre edilmesi ile kamusal alanda medikal maske kullanımı otomatik olarak kontrol edilebilir. Bu kapsamda, gerçek zamanlı uygulamalar için daha az parametre ve depolama alanı gibi sağladığı avantajlar nedeniyle SqueezeNet derin mimarisi kullanılmıştır. Derin mimariye transfer öğrenimi yaklaşımı uygulanarak, önceden eğitilmiş optimize parametrelerinin ince ayarı ile medikal maske tespitinde etkili çözümlerin elde edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada medikal maske tanımada önerilen modelinin etkinliğinin incelenmesi yanı sıra transfer öğrenimi yaklaşımı uygulanmayan ve sıfırdan eğitilen yeni mimariye ilişkin elde edilen performansla da kıyaslanmıştır. Böylelikle, transfer öğrenimi yaklaşımının üstün yönleri vurgulanmaya çalışılmıştır.

Çalışmanın geri kalan kısmı; kullanılan veri seti, uygulanan yöntemler, elde edilen bulgular, bulgular doğrultusunda tartışma ve sonuç bölümlerinden oluşmaktadır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Kullanılan Veri Seti

Bu çalışmada, Human in the Loop (HITL) tarafından erişime açık olarak sunulan görüntüler kullanılmıştır [12]. HITL tarafından medikal maske veri seti olarak adlandırılan görüntü kümesi, COVID-19'a karşı dünya çapında mücadeleye katkı sağlamak için oluşturulmuştur. Medikal maske veri kümesinde; tüm etnik kökenlerden, yaşlardan ve coğrafyalardan alınan insan görüntüleri bulunmaktadır. Böylelikle, kapsamlı ve güvenilir bilgisayar destekli sistemlerinin geliştirilmesine olanak tanınmıştır. Veri setinin oluşturulmasında çeşitliliğe özen gösterilmesi, 6 bin üzerinde görüntünün toplanmasını sağlamıştır. Veri çeşitliliğinin ve sayısının fazla olması, önerilecek makine öğrenimi modellerinin verimli bir şekilde eğitimlerinin gerçekleşmesini mümkün kılabilir. Şekil 1'de medikal veri setine ilişkin bazı örnek görüntüler gösterilmektedir.



Şekil 1. Medikal maske veri setine ilişkin örnek görüntüler (a): maskesiz insanlar, (b): maske kullanan insanlar

2.2. Ön İşleme

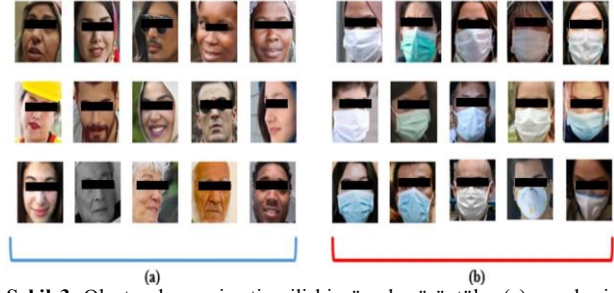
Bu çalışmada, maske kullanımının otomatik olarak tespiti için öncelikle sadece insan yüzlerinin bulunduğu görüntü bölütleri veri setinden kırılmıştır. Böylelikle, görüntülerde yer alan çeşitli objelere ilişkin gereksiz görüntüler sınıflandırma dışında tutulmuştur. Şekil 2'de medikal maske veri kümesinde yer alan bazı görüntüler için otomatik olarak insan yüzlerinin tespit edilmiş gösterilmektedir.



Şekil 2. Medikal maske veri setine ilişkin örnek görüntülerde insan yüzlerinin tespiti

Veri setinde yer alan görüntülerden insan yüzleri tespit edilerek, Matlab programlama ortamında kırılmıştır. İnsan yüzlerinin kamusal alandan alınan görüntülerden ayrıştırılmasında, Matlab bilgisayarla görme araç kutusunda tanımlanan kademeli nesne tarayıcı fonksiyonu uygulanmıştır. Böylelikle, sadece insan yüzlerinin yer aldığı yeni bir veri seti oluşturulmuştur. Medikal maske veri setinde yer alan orijinal görüntülere

ilişkin boyut, poz açısı ve derinlik farklılıkları oluşturulan yeni veri setinde yer alan görüntülerin de farklı boyutlarda olmasına yol açmıştır. Önerilen ESA modelinin etkin bir şekilde kullanımı için veri setini oluşturan görüntüler aynı boyutlarda olması gerekmektedir. Sadece insan yüzlerine ilişkin görüntülerden oluşan veri seti, yeniden boyutlandırılma işlemine tabi tutularak her biri 227 x 227 boyutuna dönüştürülmüştür. Sadece insan yüzü görüntülerinden oluşan yeni veri setine ilişkin bazı örnekler Şekil 3'te gösterilmektedir.



Şekil 3. Oluşturulan veri setine ilişkin örnek görüntüler (a): maskesiz (b): maskeli

Oluşturulan yeni veri setinden 1000 adet maskesiz ve 1000 adet ise maskeli olmak üzere toplamda 2000 görüntü değerlendirilmeye alınmıştır.

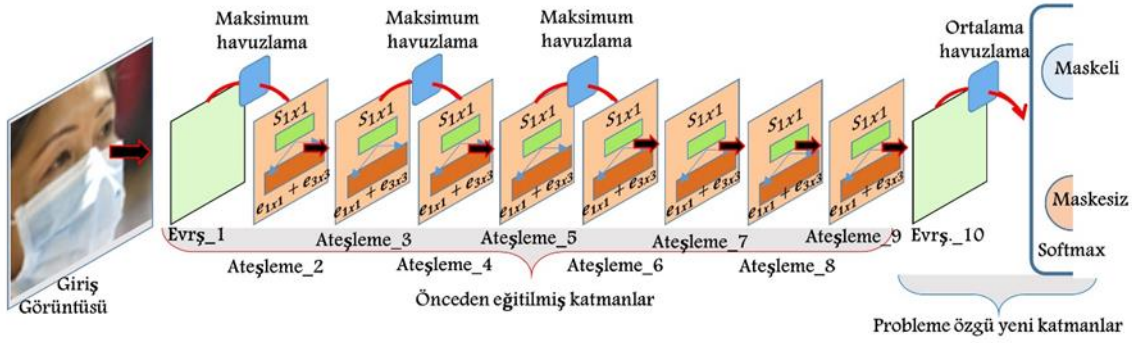
2.3. Evrimsel Sinir Ağları

ESA algoritmaları, görüntü işleme üzerinde sağladığı üstün performans ile dikkat çeken popüler bir makine öğrenme tekniğidir [13]. Eğitilmiş çok sayıda katman içeren ESA algoritmaları, görsel bilgilerin işlenmesinden sorumlu olan görsel korteksten esinlenerek geliştirilmiştir [14, 15]. Evrimsel filtreleme tekniği ile görüntü verileri gibi çok boyutlu girişler için ağda kullanılan düğüm ve parametre maliyeti düşürülmektedir. ESA algoritmaları temel olarak özellik çıkarıcı ve sınıflandırıcı katmanlardan meydana gelmektedir. Söz konusu katmanlardan oluşan hiyerarşik yapı, basitten karmaşığa doğru ilerleyerek uçtan uca öğrenimin gerçekleşmektedir. İlk olarak, ağırlık girişine verilen görüntüyü her katmanda ağırlıklar ve bias değeri cinsinden ifade edilmesi amaçlanır. İkinci aşamada ise zincir kuralına göre her bir parametrenin gradyan değerleri hesaplanır. Sonrasında bütün parametreler gradyan değerlerine göre güncellenir. Her bir ağırlık ve bias değerlerinin güncellenmesi sırasıyla eşitlik 1 ve 2'de ifade edilmiştir.

$$\Delta W_l(t+1) = -\frac{x\lambda}{r} W_l - \frac{x}{n} \frac{\partial C}{\partial W_l} + m\Delta W_l(t) \quad (1)$$

$$\Delta B_l(t+1) = -\frac{x}{n} \frac{\partial C}{\partial B_l} + m\Delta B_l(t) \quad (2)$$

ESA algoritmasında nihai çıkış için karar alma süreci, yapay sinir ağına benzerdir. Burada, W, B, l, λ, x, n, m, t ve C sırasıyla ağırlık, bias, katman sayısı, ayarlama parametresi, öğrenme katsayısı, eğitim örneklerinin



Şekil 5. Medikal maske tespitinde kullanılan transfer öğreniminin uygulandığı SqueezeNet modeli

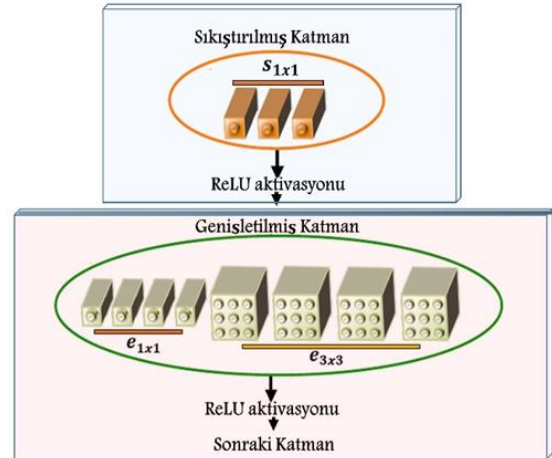
toplam sayısı, momentum katsayısı, güncelleme adımı ve maliyet fonksiyonunu temsil etmektedir [16].

Bir ESA mimarisi genel olarak evrişim, havuzlama ve tam bağlı katmandan oluşur. Çeşitli işlem birimleri ve topolojik farklılıkları barındıran güncel mimariler tasarlanarak, spesifik problemler için etkili çözümler sunan ESA modelleri üretilmiştir. Bu çalışmada, belirlenen hedefler ve sağladığı avantajlar doğrultusunda SqueezeNet modeli kullanılmıştır.

2.4. SqueezeNet Modeli

Görüntü işleme üzerinde popüler olan ESA algoritmalarına ilişkin sınıflandırma ve ağ doğruluğunun artırılması için yeni modeller geliştirilmeye çalışılmıştır. Iandola et al. [17] tarafından bu amaçların dışında görüntü işleme problemlerinde büyük boyutlu derin mimariler ile sağlanan asgari başarıdan ödün vermeden küçük boyutlu alternatif bir mimari geliştirilmiştir [18]. Bu kapsamda, AlexNet mimarisine kıyasla 50 kat daha az parametrenin kullanıldığı ve aynı seviyede doğruluk sunan SqueezeNet modeli geliştirilmiştir. Ayrıca, model sıkıştırma teknikleri uygulanarak mimarinin boyutu 0.5MB'den küçük daha bir bellek kapasitesinde tutulmuştur. Eğitim sırasında daha az iletişim gereksinimi, daha küçük bant genişliği ve sınırlı depolama alanına sahip donanımlara entegre edilebilir özelliklerine sahip olması SqueezeNet modelinin popülerliğini artırmıştır. Bu çalışmada, elektronik gözetleme noktalarına entegre edilebilecek bir modelin tasarlanması için sahip olduğu boyutsal avantajlar dikkate alındığında SqueezeNet mimarisinin kullanılması uygun bulunmuştur.

SqueezeNet mimarisinin temeli önerilen ateşleme modüllerinden oluşmaktadır. Bir ateşleme modülü; sıkıştırılmış ve genişletilmiş evrişim katmanlarından oluşur. Sıkıştırılmış katman 1x1 boyutunda filtreleri (s_{1x1}), genişletilmiş katman ise 1x1 (e_{1x1}) ve 3x3 (e_{3x3}) boyutunda filtreleri içerir. Sıkıştırılmış katmanda kullanılan filtre sayısı, genişletilmiş katmanda kullanılan toplam filtre sayısından az olarak ayarlanmıştır ($\text{num}[(s_{1x1})] < \text{num}[(e_{1x1}) + (e_{3x3})]$). Şekil 4'te önerilen ateşleme modülü gösterilmektedir.



Şekil 4. Ateşleme modülündeki evrişim filtreleri: Bu örnekte; $s_{1x1}=3$, $e_{1x1}=4$ ve $e_{3x3}=4$ olarak ayarlanmıştır [17].

Sıkıştırılmış katmandaki 1x1 boyutundaki filtre sayısının genişletilmiş katmanda kullanılan filtre sayısından daha az olması ile giriş kanal sayısının 3x3 filtrelere sınırlandırılması gerçekleştirilmektedir.

2.5. Transfer Öğrenimi

Transfer öğrenimi yaklaşımı ile özellikle derin ağların eğitiminde yeterli sayıda verinin olmadığı durumlarda önceden eğitilmiş parametrelerin transferi ile spesifik problemler için etkili çözümler sağlanabilir. Belirli bir görev için eğitilen derin yapıların bazı modifikasyonlarla ilişkili başka bir görev için yeniden düzenlenmesi gerçekleştirilebilir. Dolayısıyla derin bir modelin sil baştan eğitimi için yeterince örneğin olmadığı durumda, transfer öğrenimi kullanışlı bir alternatif yaklaşımdır [18]. Transfer öğrenimi ile ağda yer alan parametreler uygun başlangıç değerleri ile eğitime başlar ve küçük modifikasyonlarla yeni probleme adapte edilirler. Ayrıca, parametrelerin ince ayarlanması ile kabul edilebilir bir başarı, daha kısa bir eğitim gereksinim duyacaktır [19]. Bu çalışmada, sınırlı sayıda görüntü verisi için transfer öğrenimi yaklaşımı SqueezeNet modeli üzerinde uygulanmıştır. Şekil 5'te medikal maske tespitinde kullanılan transfer öğreniminin uygulandığı SqueezeNet modeli gösterilmektedir.

Birçok ağda son eğitilebilir katman tam bağlı katman iken SqueezeNet mimarisinde ise farklı olarak evrişimsel katman bulunur. Son evrişim katmanı ve sınıflandırıcı

katman giriş görüntülerinin sınıflandırılmasında kullanılırlar. Önceden eğitilmiş SqueezeNet yeniden eğitmek için bu son iki katman medikal maske görüntü kümesine göre güncelleştirilerek, probleme özgü etkili çözümler elde edilmesi amaçlanmıştır.

2.6. Önerilen Modelin Eğitim ve Testi

Kamusal alanda maske kullanımının otomatik olarak tespitinde önerilen modelin sınıflandırılmasında ön işleme akabinde elde edilen yeni görüntü verileri beş eşit alt kümeye bölünmüştür. Alt kümelerden dördü eğitim, kalan biri ise test için kullanılmıştır. Ayrıca ağır öğrenme aşamasında daha iyi bir genelleştirme yapabilmeye için eğitim için ayrılan alt kümelerin %25'i doğrulama (validation) verisi için kullanılmıştır. Medikal maske tespitinde uygulanan sınıflandırma işleminin güvenilirliği için beş katlı çapraz doğrulama (five-fold cross-validation) uygulanmıştır.

Bu çalışmada önerilen modelin 50 tekrar (epoch) ile ince ayarlanması yapılmaya çalışılmıştır. ADAM aktivasyon fonksiyonu iyileştirici olarak kullanılmıştır. Başlangıç öğrenme katsayısı ise 0.0001 olarak ayarlanmış ve her bir iterasyondaki görüntü sayısı (mini batch) ise 64 olarak belirlenmiştir.

2.7. Model Başarım Metrikleri

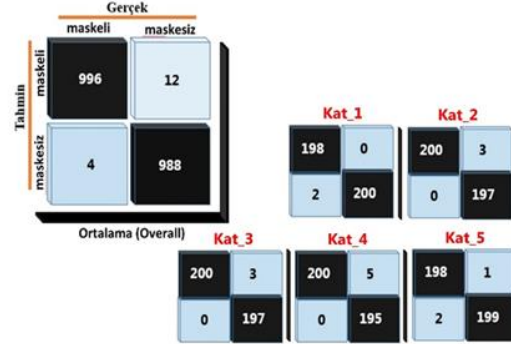
Farklı problemlere özgü geliştirilen sınıflandırma modellerine ilişkin performans değerlendirmesinde kullanılan farklı metrikler mevcuttur. Bu çalışmada önerilen modelin medikal maske kullanımını tespit etmedeki başarısı model başarım ölçütlerinden olan sınıflandırma doğruluğu, duyarlılık, özgüllük, kesinlik ve F1-skor türünden değerlendirilmeye çalışılmıştır. Ayrıca tüm sınıflandırma eşiklerinde sergilenen performansın değerlendirilmesi için söz konusu metriklere ilave olarak ROC eğri analizi yapılarak, AUC değerleri hesaplanmıştır.

3. BULGULAR

Bu çalışmada transfer öğrenimi yaklaşımı tabanlı önerilen medikal maske kontrol modeli ve ön işleme adımlarının tümü 8GB RAM, intel core i5-2500 3.30 Ghz işlemci ve NVIDIA Geforce ROG-STRIX 256 bit 8GB ekran kartı donanımı üzerinde kurulan Matlab (MathWorks, Natick, MA, USA) programlama ortamında uygulanmıştır. Transfer öğrenimi yaklaşımı ile elde edilen bulgular ve eğitilmiş parametre içermeyen SqueezeNet mimarisi ile elde edilen bulgular ayrı bir şekilde paylaşılmıştır. Böylelikle, transfer öğrenimi yaklaşımının üstünlüğünün nicel olarak değerlendirilmesi sağlanmaya çalışılmıştır.

SqueezeNet modeli üzerinde uygulanan transfer öğrenimi yaklaşımı elde edilen sınıflandırma performansın değerlendirilmesi için test karışıklık matrisleri kullanılmıştır. Test karışıklık matrisleri, bir sınıflandırıcı modelin performansının değerlendirilmesinde kullanılan popüler bir yöntemdir.

Medikal maske kullanan ve kullanmayan olmak üzere ikili sınıflandırma problemi için model tarafından atanan doğru veya yanlış örnek sayıları değerlendirilebilir. Böylelikle, literatürde popüler olan model başarım ölçütleri hesaplanabilir. Transfer öğrenimi yaklaşımı uygulanarak elde edilen sınıflandırma sonuçlarına ilişkin test karışık matrisleri şekil 6'da verilmektedir.



Şekil 6. Transfer öğrenimi yaklaşımına ilişkin test karışıklık matrisi

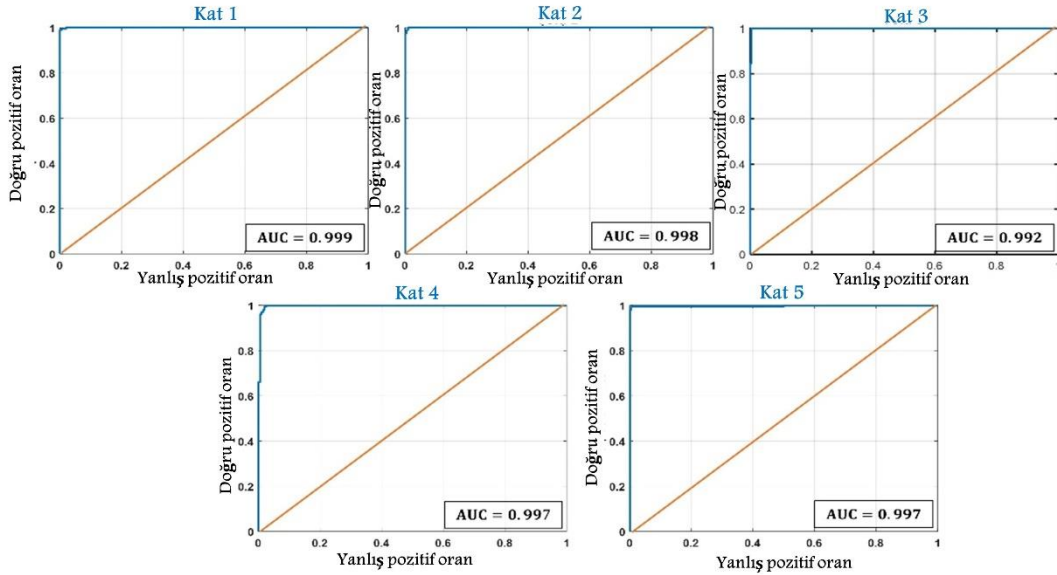
Önerilen modelin performansı, sıklıkla kullanılan model başarım ölçütleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Sınıflandırma sürecinde uygulanan beş katlı çapraz doğrulama için her kata (fold) ilişkin sonuçlar ve ortalama sonuçlar tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. Transfer öğrenimi yaklaşımına ilişkin model başarım metrikleri

	%	Kat1	Kat 2	Kat 3	Kat 4	Kat 5	Ortalama
Doruluk	99,50	99,25	99,25	99,25	98,75	99,25	99,20
Duyarlılık	99,00	100	100	100	100	99,00	99,60
Özgüllük	100	98,50	98,50	98,50	97,50	99,50	99,80
Kesinlik	100	98,52	98,52	98,52	97,56	99,50	98,82
F1-skor	99,50	99,26	99,25	98,77	99,25	99,25	99,20

Tablo 1'de görüldüğü üzere ortalama %99,20 oranında bir doğrulukla maskeli ve maskesiz yüzlerin doğru olarak sınıflandırılmıştır. Her bir sınıflandırma katı için elde edilen sınıflandırma doğruluk değerlerinin birbirine yakın olması, önerilen modelin veri setin bütün örnekleri için tutarlı bir performans sergilediğini göstermektedir. Maskeli yüzlerle ilişkin görüntülerin ortalama %99,6 olarak doğru sınıflandırılarak, modelin maskeli yüzleri tespitinde başarısını ortaya koymaktadır. Duyarlılık ve Özgüllük model metriklerinin her kat için birbirine yakın olması modelin herhangi bir sınıf için aşırı uyumlamaya gitmediğini göstermektedir. Önerilen modelin öğrenmede iyi bir genelleştirme yapması ile yapay zekâ tabanlı tanı sistemlerinde elzem bir koşulun yerine getirildiği söylenebilir.

Model başarım metriklerine ilave olarak, önerilen modelin tüm sınıflandırma eşiklerinde performansını gösteren ROC eğrisi analizi de yapılmıştır. ROC eğrileri ile tüm eşikler için doğru pozitif oranı (TPR) ve yanlış pozitif oranının (FPR) birbirleriyle olan bağıntısı grafiksel olarak yorumlanabilir. ROC eğrileri dikkate alınarak, her bir kata ilişkin veri dağılımı için eğri altında kalan alan (AUC) değerleri hesaplanmıştır. Böylelikle, toplu bir



Şekil 7. Transfer öğrenimi yaklaşımına ilişkin ROC eğrileri ve AUC değerleri

performans ölçülmesi sağlanmaya çalışılmıştır. Transfer öğrenimi yaklaşımı tabanlı önerilen model için her bir sınıflandırma katı için elde edilen ROC eğrileri ve AUC değerleri Şekil 7’de gösterilmektedir.

Şekil 7’de gösterilen her bir sınıflandırma katı için ROC eğrileri ve AUC değerleri, önerilen modelin maskeli ve maskesiz yüzleri neredeyse kusursuz olarak ayırt edebildiğini göstermektedir. Transfer öğrenimi yaklaşımı ile önceden eğitilmiş ağırlıkların, probleme özgü kusursuz olarak adapte oldukları tespit edilmiştir.

Transfer öğrenimi yaklaşımının üstünlüğünü gözlemlemek adına önceden eğitilmemiş SqueezeNet modeli sil baştan eğitilerek, medikal maske tespitindeki performansı değerlendirmeye alınmıştır. Herhangi bir eğitilmiş parametre içermeyen SqueezeNet modelinin sil baştan eğitimi ile ölçülen model başarımleri tablo 2’de verilmektedir. Sil baştan eğitilen mimari için belirlen başlangıç parametreleri ince ayar yapılan mimari ile aynı olarak seçilmiştir. Bu kapsamda, maksimum tekrar sayısı 50 olarak ayarlanmıştır. ADAM aktivasyon fonksiyonu iyileştirici olarak kullanılmıştır. Başlangıç öğrenme katsayısı ise 0,0001 olarak ayarlanmış ve her bir iterasyondaki görüntü sayısı ise 64 olarak belirlenmiştir.

Tablo 2. Sil baştan eğitilen model ile elde edilen model başarımleri metrikleri

%	Kat1	Kat 2	Kat 3	Kat 4	Kat 5	Ortalama
Doruluk	92,75	96,25	94,50	95,00	95,25	94,75
Duyarlılık	92,50	95,50	98,50	99,50	94,50	96,10
Özgüllük	93,00	97,00	90,50	90,50	96,00	93,40
Keskinlik	92,96	96,25	91,20	91,28	95,94	93,67
F1-skör	92,73	96,22	94,71	95,22	95,21	94,82

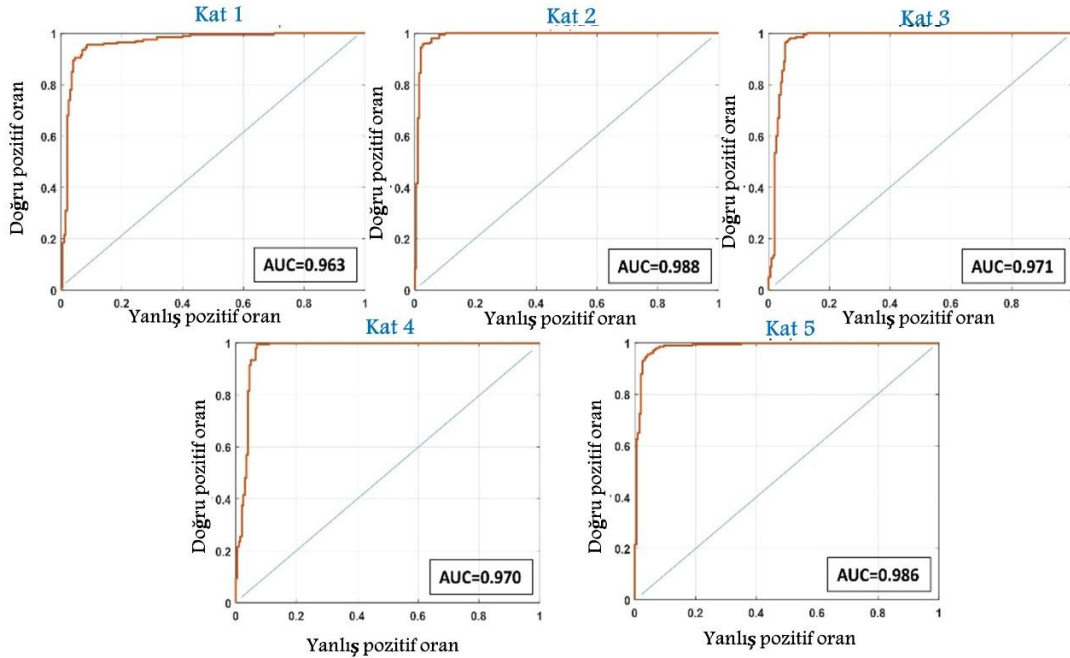
Tablo 2’de görüldüğü üzere sil baştan eğitilen aynı mimari ile ortalama %94,75 oranında bir doğrulukta sınıflandırma performansı elde edilmiştir. Söz konusu performansın maskeli ve maskesiz yüzlerin tanısında, transfer öğrenimi yaklaşımın gerisinde kaldığı açıktır. Sil baştan eğitilen mimarinin maskeli yüzlerle ilişkin

örüntüleri ortalama %96,1 oranında bir doğrulukta tespit ettiği gözlemlenmiştir. Duyarlılık ve özgüllük performansının bazı sınıflandırma katlarında birbirinden uzak olması, öğrenmede transfer öğrenimine kıyasla arzu edilen seviyede iyi bir genelleştirmenin yapılamadığının belirtisidir. Sil baştan eğitilen mimariye ilişkin model başarımleri transfer öğrenimi yaklaşımı uygulanan model ile kıyaslandığında genel olarak sergilenen performansın düşük olduğu söylenebilir. Sil baştan eğitilen modele ilişkin ROC eğri analizi ise Şekil 8’de verilmektedir.

Sil baştan eğitilen mimariye ilişkin her bir sınıflandırma katı için elde edilen ROC eğrileri ve AUC değerleri, önerilen modelin maskeli ve maskesiz yüzleri iyi bir şekilde ayırt edebildiğinin göstergesidir. Ancak, belirli sınıflandırma eşiklerinde sergilenen performansın transfer öğrenimi yaklaşımının gerisinde kaldığı açıktır. Dolayısıyla, büyük ölçekli görüntü kümeleri üzerinde önceden eğitime tabi tutulmuş optimize ağırlıkların kullanılması, model performansını olumlu etkilediği söylenebilir.

4. TARTIŞMA

Derin öğrenme yaklaşımı özellikle gerçek zamanlı uygulamalarda farklı alanlar için muazzam bir performans sergileme potansiyeline sahiptir. Bu potansiyellerden biri nesne tanıma problemidir. Bu alanda sergilenen etkinliktен esinlenerek COVID-19 salgını ile mücadelede geliştirilen bilgisayar destekli modellerde ESA algoritmaları ağırlığını ortaya koymaktadır. Derin öğrenme modelleri kullanılarak, COVID-19 ile mücadelede çoğunlukla hastalığın erken tanısı için modellerin geliştirildiği görülebilmektedir. Bu çalışmalarda radyografi yöntemi ile elde edilen görüntülerden COVID-19’un erken ve doğru tanısı hedeflenmiştir. Böylelikle, pandemi sürecinde hekimlere destek sağlayarak aşırı iş yükü hafifletilebilir. Ancak, COVID-19 salgının kalabalık ortamlarda ve yakın temaslarda yüksek bulaşıcılık karakterinde oluşu dikkate



Şekil 8. Sil baştan eğitilen modele ilişkin ROC eğrileri ve AUC değerleri

alındığında, medikal maske tespiti için önerilen modellerin en az erken tanı sistemleri kadar önemli olduğu açıktır. Bu motivasyonla yola çıkarak, bu çalışmada kamusal alanda medikal maske kullanımının tespitinde başarılı bir model önerilmiştir.

Derin öğrenme tabanlı önerilen modellerde ağların eğitimi için çok sayıda örnek görüntü verilerinin kullanılması gerekir. Kısa sürede etkili çözümler sunan modellerin geliştirilmesi gerekliliği ve veri setlerin oluşturulmasında uygulanan prosedürler, sınırlı sürede büyük veri setlerinin oluşturulmasını olanaksız kılmaktadır. Dolayısıyla, literatürde geliştirilen modellerin sınırlı görüntü kümeleri üzerinde eğitime çalışıldığı görülebilmektedir [10, 20]. Derin modellerin eğitimi için sınırlı görüntü sayısı, önerilen modellerin performansını olumsuz etkilemektedir. Bu çalışmada, görüntü sayısından kaynaklanan dezavantajın üstesinden transfer öğrenimi yaklaşımı ile gelinmiştir. Transfer öğrenimi yaklaşımı uygulanarak sınıflandırma doğruluğu %4.45 oranında artırılmıştır.

Transfer öğrenimi yaklaşımının küçük yapıdaki SqueezeNet mimarisi üzerinde kullanılması ile literatürde mevcut olan ve başarılı çıktılar üreten modellerle paralel bir performans elde edilmiştir. Bu kapsamda, Khandelwal et al. [10] medikal maske kullanımına ilişkin ikili görüntü sınıflandırma problemi için bir derin öğrenme modeli önermişlerdir. Çalışmalarında, CCTV kameralarından kayıt edilen görüntülerden oluşturulan görüntü verisine MobileNet v2 modeli, uygulayarak AUC performansını 0,976 olarak elde etmişlerdir. Loey et al. [5] medikal maske tanıma derin öğrenme ve konvansiyonel yöntemeye dayanan bir hibrit model önermişlerdir. Çalışmalarında, Gerçek Dünya Maskeli Yüz Veri Kümesi (RMFD) kullanmışlardır. Toplamda 5000'i maskeli ve 5000'i maskesiz olmak üzere 10000 bin görüntü kullanılmıştır.

ResNet50 ve DVM algoritmasına dayanan hibrit yöntem ile %99,64 oranında sınıflandırma doğruluğu elde etmişlerdir. Rao et al. [20] maske tespitinde her biri 100 filtreden oluşan iki evrişim katmanlı ESA modeli ile %91,21 oranında sınıflandırma doğruluğu elde edilmiştir. Bu çalışmada transfer öğrenimi yaklaşımı ile sınıflandırma %99,72 olarak elde edilmiştir. Önerilen modelin gerçek zamanlı sistemlere güveli bir şekilde entegre edilebileceği göstermektedir.

5. SONUÇ

COVID-19 hastalığının başlıca bulaşma yollarının solunum damlacıkları ve fiziksel temas olduğu bilinmektedir. Medikal maske kullanımının salgınla mücadele en etkin yöntemlerden biri olduğu DSÖ tarafından ilan edilmiştir. Hastalığın yayılımını önlemek ve salgınla mücadele etmenin kapsamlı stratejilerinden biri olarak kamusal alanda medikal maske kullanımı birçok toplumda zorunlu kılınmıştır. Dolayısıyla, kamusal alanda medikal maske kullanımının otomatik olarak kontrolü, salgınla mücadelede önem arz etmektedir. Bu çalışmada, transfer öğrenimi yaklaşımı ile kamusal alandan alınan görüntülerden medikal maske kullanımının otomatik olarak tespit edilmesine ilişkin derin öğrenme tabanlı bir model önerilmiştir. Sınırlı sayıda eğitim verisinden kaynaklanan handikabın, transfer öğrenimi uygulanarak üstesinden gelinmiştir. Transfer öğrenimi yaklaşımı ile %99,20 oranında sınıflandırma doğruluğu elde edilmiştir. Transfer öğrenimi uygulamadan önerilen ağın sil baştan eğitimi ile %94,75 sınıflandırma doğruluğunda bir performans elde edilmiştir. Böylelikle, transfer öğrenimi yaklaşımının üstünlüğü elde edilen bulgularla kanıtlanmıştır.

Medikal maske kullanımına ilişkin yapılan çalışmalar için genel motivasyon, önerilen modellerin, kamu

alanlarını gözetleyen kamera sistemlerine entegre edilebilir oluşudur. Bu çalışmada; daha az iletişim gereksinimi, daha küçük bant genişliği ve sınırlı depolama alanına sahip donanımlara entegre edilebilir avantajlarına sahip SqueezeNet mimarisi ile başarılı çıktılarının üretilmesi, gerçek zamanlı uygulamalar için bir model geliştirildiğinin göstergesidir. İleride, bu çalışmada önerilen modelin donanımsal olarak uygulanması ile gerçek zamanlı kontrol sistemlerinin geliştirilmesi hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Toğaçar M, Ergen B, Cömert Z. COVID-19 detection using deep learning models to exploit Social Mimic Optimization and structured chest X-ray images using fuzzy color and stacking approaches. *Comput. Biol. Med.* 2020;121:103805.
- [2] Pereira RM, Bertolini D, Teixeira LO, Silla Jr CN, Costa YMG. Covid-19 identification in chest x-ray images on flat and hierarchical classification scenarios. *Comput Methods Programs Biomed.* 2020;94:105532.
- [3] ICTV 2020 [internet]. [cited 14.02.2020]. Available from: <https://talk.ictvonline.org/>.
- [4] WHO 2021 [internet]. [cited 30.05.2021]. Available from: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/>.
- [5] Loey M, Monogaran G, Taha MHN, Khalifa NEM. A hybrid deep transfer learning model with machine learning methods for face mask detection in the era of the COVID-19 pandemic, *Measurement.* 2021;167: 108288.
- [6] Butt C, Gill J, Chun D, Babu BA. Deep learning system to screen coronavirus disease 2019 pneumonia. *Appl Intell.* 2020;1-7.
- [7] Ozturk T, Talo M, Yildirim EA, Baloglu UB, Yildirim O, Acharya UR. Automated detection of covid-19 cases using deep neural networks with x-ray images. *Comput. Biol. Med.* 2020;121:103792.
- [8] Ucar F, Korkmaz D. COVIDiagnosis-Net: Deep Bayes-SqueezeNet based diagnosis of the coronavirus disease 2019 (COVID-19) from X-ray images. *Med. Hypotheses.* 2020;140: 109761.
- [9] Batagelj B, Peer P, Štruc V, Dobrišek S. How to Correctly Detect Face-Masks for COVID-19 from Visual Information?. *Appl. Sci.* 2021;11:2070.
- [10] Khandelwal P, Khandelwal A, Agarwal S. Using Computer Vision to enhance Safety of Workforce in Manufacturing in a Post COVID World. *arXiv* 2020, arXiv:2005.05287.
- [11] Qin B, Li D. Identifying Facemask-wearing Condition Using Image Super-Resolution with Classification Network to Prevent COVID-19. *Sensors.* 2020;20:5236.
- [12] HITL 2021 [internet]. [cited 02.04.2021]. Available from: <https://humansintheloop.org/resources/datasets/medical-mask-dataset/>
- [13] Zhang Q, Yang LT, Chen Z, Li P. A survey on deep learning for big data. *Inform. Fus.* 2019;42:146-157.
- [14] Fayek HM, Lech M, Cavedon L. Evaluating deep learning architectures for speech emotion recognition. *Neural Network.* 2017;92:60-68.
- [15] Alom MZ, Taha TM, Yakopcic C, Westberg S, Sidike P, Nasrin MS, et al. A state-of-the-art survey on deep learning theory and architectures. *Electronics.* 2019;8:292.
- [16] Acharya UR, Oh SL, Hagiwara Y, Tan JH, Adeli H. Deep convolutional neural network for the automated detection and diagnosis of seizure using EEG signals, *Comput. Biol. Med.* 2018;100:270-278.
- [17] Iandola FN, Han S, Moskewicz MW, Ashraf K, Dally WJ, Keutzer K. SqueezeNet: AlexNet-Level Accuracy with 50x Fewer Parameters And< 0.5 MB Model Size, *arXiv preprint.* 2016;arXiv:1602.07360.
- [18] Minaee S, Kafieh R, Sonka M, Yazdani S, Jamalipour Soufi G. Deep-COVID: predicting COVID-19 from chest X-ray images using deep transfer learning, *Med. Image Anal.* 2020;65:101794.
- [19] Xiao T, Liu L, Li K, Qin WJ, Yu SD, Li ZC. Comparison of transferred deep neural networks in ultrasonic breast masses discrimination, *Biomed Res. Int.* 2018;2018:4605191.
- [20] Rao TS, Devi SA, Dileep P, Ram MS. A Novel Approach To Detect Face Mask To Control Covid Using Deep Learning, *European Journal of Molecular & Clinical Medicine.* 2020;7(6):658-668.



Production of ZnFe₂O₄ Doped Carbon Cloth-Based Flexible Composite Electrodes for Supercapacitors

Safa POLAT^{1*}

¹ Karabuk University, Material Research and Development Centre, Turkey
 Safa POLAT ORCID No: 0000-0002-3835-8425

*Corresponding author: safapolat@karabuk.edu.tr

(Alınış: 17.06.2021, Kabul: 18.08.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Keywords

Flexible supercapacitor, Carbon cloth, ZnFe₂O₄, Hydrothermal method

Abstract: In this study, it is aimed to develop carbon cloth-based (CC) ZnFe₂O₄ doped super capacitor electrode. For this purpose, cotton fabric was first carbonized in a nitrogen atmosphere at 800 °C and turned into a conductive substrate. Then, metal oxide with ZnFe₂O₄ spinel structure was synthesized from the chlorinated compounds of Zn and Fe elements by hydrothermal method on carbon fabric surfaces. In the results of the XRD analysis of the produced electrodes, it was determined that the ZnFe₂O₄ structure was successfully synthesized, but some Fe₃O₄ and ZnO structures were formed. In the SEM analysis, it was observed that the synthesized structures were formed to completely cover the CC surfaces. Three-electrode system and 3 M KOH were used for the electrochemical performance of the electrodes. Specific capacitance measurements were performed starting from 5 mV/s scanning speed to 100 mV/s scanning speed. According to the results obtained, it was determined that the highest capacitance value was 66 F/g at 5 mV/s speed, the energy density was 2.95 Wh/kg, and the amount of stored charge was 159 C. As a result, it can be said that flexible supercapacitors have been successfully developed, but higher capacitance values can be achieved by optimizing the production conditions.

Süper Kapasitörler için ZnFe₂O₄ Katkılı Karbon Kumaş Bazlı Esnek Yapılı Kompozit Elektrotların Üretimi

Anahtar Kelimeler

Esnek süperkapasitör, Karbon kumaş, ZnFe₂O₄, Hidrotermal metod

Özet: Bu çalışmada karbon kumaş (CC) bazlı ZnFe₂O₄ katkılı süper kapasitör elektrotu geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla ilk olarak pamuklu kumaş 800 °C'de azot atmosferinde karbonize edilerek iletken substrat haline getirilmiştir. Daha sonra Zn ve Fe elementlerinin klorlu bileşiklerinden hidrotermal yöntemle karbon kumaş yüzeylerinde ZnFe₂O₄ spinel yapılı metal oksit sentezlenmiştir. Üretilen elektrotların XRD analizi sonuçlarında ZnFe₂O₄ yapısının başarılı bir şekilde sentezlendiği ancak bir miktar Fe₃O₄ ve ZnO yapılarının meydana geldiği tespit edilmiştir. SEM analizinde ise sentezlenen yapıların CC yüzeylerini tamamen kaplayacak şekilde meydana geldiği gözlenmiştir. Elektrotların elektrokimyasal performansları için üç elektrotlu sistemi ve 3 M KOH kullanılmıştır. Spesifik kapasitans ölçümleri 5 mV/s tarama hızından başlanmış 100 mV/s tarama hızına kadar gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre en yüksek kapasitans değerinin 5 mV/s hızda 66 F/g, enerji yoğunluğunun 2.95 Wh/kg ve depolanan yük miktarı ise 159 C olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak başarılı bir şekilde esnek yapılı süper kapasitörlerin geliştirildiği ancak üretim koşullarında optimizasyon yapılarak daha yüksek kapasitans değerlerine ulaşılabileceği söylenebilir.

1. INTRODUCTION

The increase in the global population and the decrease in natural resources have kept human beings in search of alternative energy sources. In this regard, many studies have been carried out to develop clean energy sources such as wind, solar, biomass, hydrogen, geothermal and

hydro-thermal energy. One of these studies is triboelectric nanogenerators (TEENG) [1], which has been proposed by Wang and his team in recent years. They are designed to convert activities such as walking, running and hand-arm movement into electrical energy, based on the principle of electrification by friction. Being able to benefit from waste movements in daily life thanks to such a development has been accepted as a

very important step in terms of clean energy production and many scientific studies have been carried out in this field since the first day it was proposed [2]. In most of the studies, it has been stated that very high-performance voltage outputs can be obtained depending on the type of material used and the geometric design, but it also brings with it a significant disadvantage such as not being able to provide a constant voltage output in daily use because it is directly dependent on the movement [3]. For this reason, it has been stated by many researchers that there is a need for flexible, lightweight, and high-performance devices where the electricity produced by TENGs can be stored and used with a constant voltage output.

On the other hand, flexible electrical energy storage devices are needed not only for TENGs, but also to meet the needs of consumer electronics such as flexible robots, bio-sensors and new generation mobile phones with flexible screens developed in recent years [4,5]. In this context, Lithium-ion batteries (LIB) and supercapacitors are two commercial power sources that support consumer electronics devices. Supercapacitors play an important role especially in flexible devices due to their higher power densities ($>10 \text{ kWkg}^{-1}$), fast charge-discharge characteristics and longer operating life than LIBs [6–8]. However, the energy density of supercapacitors ($\sim 5 \text{ Whkg}^{-1}$) is significantly lower than that of LIBs ($\sim 150 \text{ Whkg}^{-1}$), and this parameter needs improvement to meet the performance demand for next generation flexible devices [8,9]. In addition to power and energy densities, areal performance parameters such as capacitance per unit area are considered important performance indexes for flexible supercapacitors. Therefore, higher power and energy densities per unit area are demanded from flexible supercapacitors compared to existing energy storage devices [10]

One of the basic components that gives flexibility to an energy storage device is a flexible and conductive substrate that can be used as a current collector [11]. In this context, textile products are considered as ideal substrates due to their low cost, flexibility and highly porous structure that can absorb active electrode materials [12]. However, since such products are insulators, they do not act as current collectors. Therefore, it has been stated in the literature that such flexible fabrics can be easily converted into a conductive substrate without losing their flexibility by carbonizing with a short heat treatment of one hour in an inert gas environment at $800 \text{ }^\circ\text{C}$ [13]. Such carbon fabrics, which can be obtained with a very simple and inexpensive method, have become one of the best substrate materials developed in recent years for flexible supercapacitors [14]. However, it has been stated that such fabrics exhibit a very low capacitance value when used without being modified with another active material [15].

Surface modification or materials development processes have been carried out by considering the charge storage mechanism of supercapacitors. In this regard, it has been stated that a supercapacitor has two types of charge storage mechanisms, electrochemical double-layer capacitance (EDLCs) and pseudo capacitance (PC) [16].

EDLCs have a longer cycle life by storing charge by adsorption-desorption of ions at the electrode-electrolyte interface, while PCs have a higher capacitance value by storing energy through a fast surface redox reaction. However, in recent studies, it has been revealed that hybrid materials containing both PC and EDLC are more effective in terms of both cycle life and specific capacitance [17–19]. Therefore, it is thought that the development of hybrid electrode materials is important in terms of increasing the charge storage performance of supercapacitors. In this context, it is known that materials with large surface areas such as activated carbon, carbon nanotube, graphene and graphene oxide have been widely used to increase the EDLC property of a current collector electrode [20]. However, it has been stated that nanomaterials such as carbon nanotubes and graphene also have significant disadvantages such as high production costs and easy agglomeration due to electrostatic interaction during doping on the electrode surfaces [21]. Therefore, the synthesis of metal oxides on the metal substrate surface has been directed. Thus, it is aimed to expand the surface area and to benefit from the reduction and oxidation properties of oxides. In this context, oxides of many transition metals such as RuO_2 , MnO_2 , Co_3O_4 , NiO have been used for pseudocapacitive purposes [22–24]. However, spinel transition metal oxide (AB_2O_4) emerges due to its unique electronic structure and the use of two metal elements. Among them, ZnFe_2O_4 structure is one of the most promising spinel transition metal oxides due to its high electrical conductivity and electrochemical activity [25–27].

In this study, it is aimed to first carbonize cotton fabric and use it as a conductive substrate in order to develop a cotton flexible supercapacitor. Then, ZnFe_2O_4 metal oxide was synthesized on this fabric surface by hydrothermal method. XRD and SEM analyses were performed for characterization. The electrochemical performance of the produced electrode was determined by determining the specific capacitance, energy density and the amount of stored charge.

2. MATERIALS AND METHOD

2.1. Materials

ZnCl_2 and FeCl_3 used in this study were purchased from Aromel kimya medical A.Ş. Urea and ammonium bifluoride were from Labshop41 company. Cotton fabric was met from unused home textile products. Pure water, acetone, ethanol, other laboratory materials and heat treatment furnace were provided from Karabuk University Materials Research and Development (MARGEM) laboratories.

2.2. Production of Carbon Cloth from Cotton Fabric

Carbon cloth (CC) planned to be produced to be used as electrode material were obtained from 100% cotton fabric according to the procedure in the literature [28]. For this purpose, a 1:1:1 mixture of ethanol, pure water and acetone was first mixed in a beaker, and a piece of cloth cut in $5 \times 5 \text{ cm}$ dimensions was immersed in this

mixture for 10 minutes and then dried in an oven at 60 °C for 48 hours. Thus, organic residues on the fabric were removed. Then, the piece of fabric was taken to the atmosphere-controlled tube furnace and heated up to 800 °C with argon gas with a temperature increase of 5 °C per minute and kept at this temperature for 60 minutes. Then, when the temperature of the oven reached room condition, the cover was opened, and the carbonized fabric piece was taken. The electrical conductivity of each fabric to be obtained was checked with a multimeter. In this context, the images of the carbon fabric (approximately 5.6 mg/cm²) produced as an example are given in figure 1.

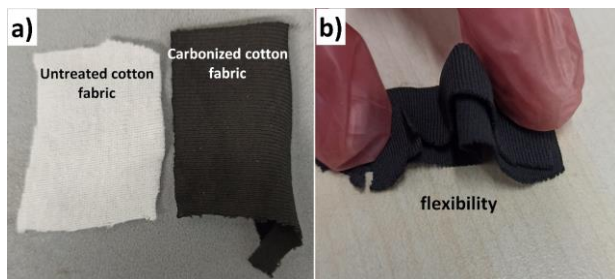


Figure 1. Digital images of a) heat treated and untreated fabrics and b) flexibility of carbon cloth

2.3. ZnFe₂O₄ Synthesis on CC Surfaces

Metal oxide synthesis on CC surfaces was carried out by hydrothermal method. ZnFe₂O₄ synthesis on CC surfaces was carried out by hydrothermal method. For this purpose, firstly, 100 mg of ZnCl₂ and 200 mg of FeCl₃ metal salts were dissolved in 20 ml of distilled water. These amounts were adjusted to be 1:2 according to the stoichiometry in the formula. Then, 130 mg ammonium fluoride (NH₄F) and 300 mg urea (CH₄N₂O) were added to the solution as surfactant and mixed with a magnetic stirrer until a clear solution was obtained. These additions, on the other hand, have been applied for the ion mobility in the solution and the easy attachment of oxide crystals to the CC surfaces, as stated in the literature [29]. After these processes, the solution was transferred to an autoclave with a capacity of 30 ml, made of Teflon inside and stainless-steel outside, together with the previously prepared carbon fabric. It was then placed in the oven with its mouth closed and left at 100 °C for 10 hours. At the end of 10 hours, it was taken from the autoclave oven and cooled naturally to room conditions. When cooling was achieved, metal-added carbon fabrics taken from the autoclave were dried on the watch glass in an oven at 60 °C for 12 hours. Then, it was heated up to 200 °C with a heating rate of 10 °C per minute in another furnace and calcined was achieved by keeping it at this temperature for 2 more hours. Finally, the weight of the obtained sample was weighed, and the amount of metal oxide and total active substance coated on the surface were determined. A brief schematic representation of this process was given in Fig. 2.

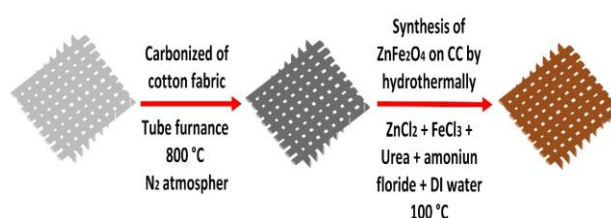


Figure 2. Schematic representation of production setup

2.4. Characterization and Electrochemical Measurement

XRD analysis was performed by using a Cu-based X-ray diffraction instrument (Rigaku Ultima IV) with fixed monochromator in the range 15–90° at 40 kV and 40 mA to characterization of crystal structure of synthesized ZnFe₂O₄. Microstructure examination of ZnFe₂O₄ crystals synthesized on carbon fabric surfaces was carried out at different magnifications with scanning electron microscope (Carl Zeiss Ultra Plus Gemin) equipped with secondary electron detector after coated with platinum. Electrochemical cyclic voltammetry measurements were performed with Parstat 4000 at room condition. For this purpose, a three-electrode cell was first established. Graphite rod was used as counter electrode, Ag/AgCl as reference electrode and ZnFe₂O₄ doped carbon cloth as working electrode. 3 M KOH solution was used as the electrolyte. The measurements were carried out at different scan rates in the range of -0.5 to +0.5 V and 0.1 and 0.5V. The specific capacitance C_s was calculated according to Eq. (1):

$$C_s = \frac{I}{m \times \frac{dV}{dT}} \quad (1)$$

where I is average current, m is amount of doped ZnFe₂O₄ (about 3-5 mg) and $\frac{dV}{dT}$ is scanning rate (mV/s). Energy density of electrodes E were calculated using Eq. (2) [30]:

$$E = \frac{1}{2} C_s V^2 \quad (2)$$

where C_s specific capacitance (F/g) and V potential difference. Amount of stored charge of electrodes were calculated using Eq. (3) [30]:

$$q = C_s \times m \times \Delta V \quad (3)$$

where m is amount of doped ZnFe₂O₄, q is stored charge and ΔV is change of potential difference.

3. RESULT AND DISCUSSION

For the characterization of the produced electrodes, firstly, XRD analysis were carried out. For this purpose, the results of the analysis after the pure and hydrothermal treatment of the carbonized fabric are given in Fig. 3. According to these results, the broad peak observed between 18° and 30° indicates the amorphousness in the fabric and the carbon crystals in the inner structure of the cloth [31]. It is observed that many sharp peaks appear after the hydrothermal

treatment. These indicate the presence of crystal structures on the fabric surface. XRD analysis of the post-synthesis fabric shows that the peaks at approximately 27° , 35° , 43° , 53° , 56° , and 68° indicate (220), (311), (400), (422), (511) and (440) planes of cubic ZnFe_2O_4 , respectively [32]. At the same time, it is thought that the sharp peak observed at about 27° may be due to the crystallization of the carbon fabric resulting from the heat treatments [31]. Apart from this, the peaks observed at approximately 34° , 47° , 62° and 66° originate from the (002), (102), (103) and (200) planes of the hexagonal ZnO phase, respectively [33]. There is also a peak observed at about 39° , which originates from the (006) plane of the alpha-structured hematite (Fe_2O_3) phase [34]. Based on these results, it can be said that ZnFe_2O_4 crystal structures were successfully synthesized on carbon fabric surfaces after hydrothermal treatment, but at the same time, small amount of impurities such as Fe_2O_3 and ZnO phases occurred within these crystal structures.

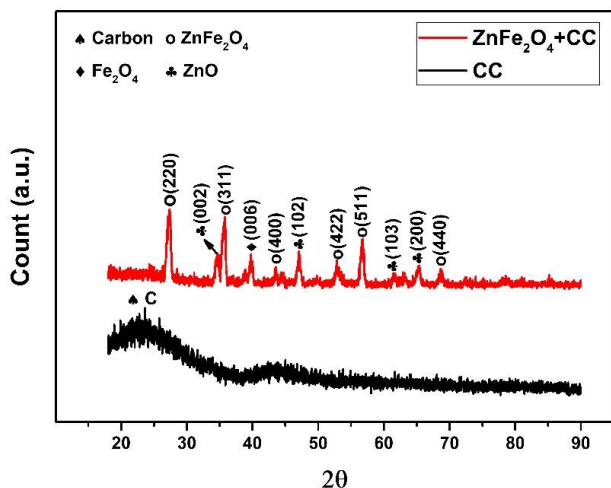


Figure 3. XRD results of pure and ZnFe_2O_4 doped CC electrode

The formation of ZnFe_2O_4 structures on the fibre surfaces was investigated by SEM device. Figures 4a and b show the surfaces of the untreated carbon fabric. In these images, the fibre surfaces were observed quite smooth fibre and diameters of its were measured to be 7-8 microns on average. After the hydrothermal treatment, all fibre surfaces were surrounded by a new spherical-like structure, as can be seen in figures 4c and d. Based on the XRD results, these structures were thought to be mostly composed of ZnFe_2O_4 crystals. The strong adhesion of these structures, which are formed on the surface of the fibre in an interlocked form, strengthens the fibre-metal oxide interface interaction. For this reason, it can be said that the hydrothermal process has been carried out successfully, making the fibre surfaces highly functional. For this reason, it can be said that the hydrothermal process has been carried out successfully, making the fibre surfaces highly functional. However, there is a disadvantage observed in this case, which is that the metal oxides formed are larger in size than expected. The fact that these structures, which have reached the size of about 1-2 microns, actually occur in submicron sizes, could have made the fibres have a larger surface area. It is thought that this problem can be

solved by reducing the 10 hours specified during production or by adding a smaller amount of reactants.

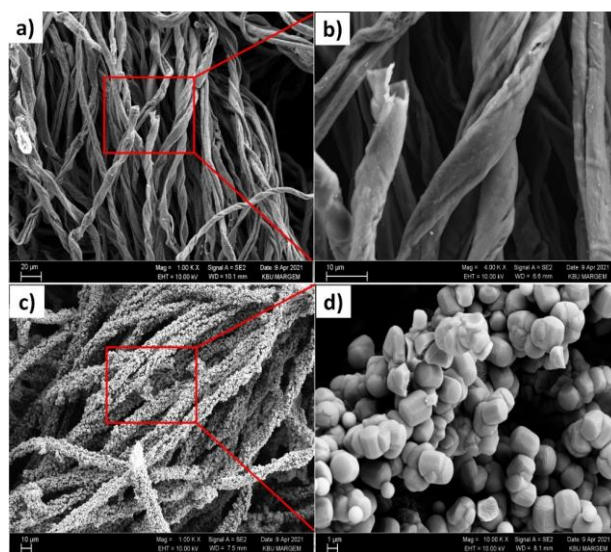


Figure 4. SEM images of a-b) pure CC, c-d) ZnFe_2O_4 doped CC electrode

In order to evaluate the energy storage amount of the produced electrodes, cyclic voltammetry measurements were carried out. These measurements were first performed on pure CC and ZnFe_2O_4 doped CC at scanning rate of 50 mV/s between 0.1V – 0.5 V potential. Obtained results were given in the graph in figure 5. According to these results, pure CC did not show any faradic current, only EDLC feature was present. In other words, there was no reduction oxidation reaction between the surface and the electrolyte in terms of ion storage. This shows that it does not have a pseudocapacitive feature. Since the area in the middle of the current-voltage graph is very small, the load storage capacity is also very low. As stated in the literature, pure CC is a good substrate, but the necessity of increasing the charge storage capacity by functionalizing the surface was confirmed by this result. On the other hand, when looking at the ZnFe_2O_4 doped CC, there were two different peaks. These peaks were due to the oxidation and reduction properties of iron in ZnFe_2O_4 to +3 and +2.

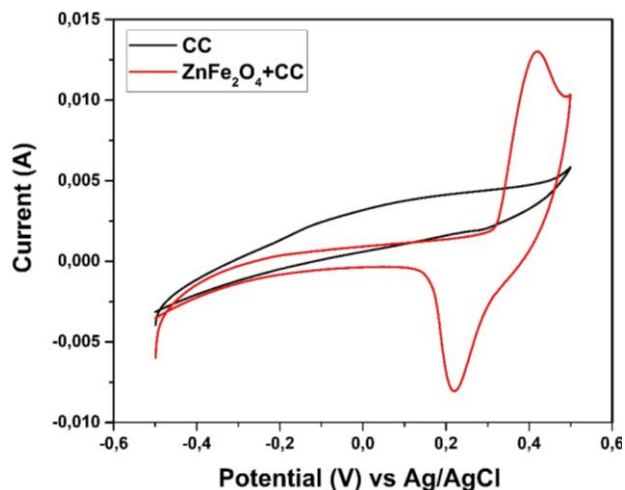


Figure 5. Cyclic voltammetry of pure and ZnFe_2O_4 doped CC electrode at 50 mV/s scan rate

Since the ZnFe_2O_4 doping process was successful compared to pure CC, cyclic voltammetry measurements were also performed on the doped CC at different scanning rates. In these measurements, the scanning rate was started from 5 mV/s to 100 mV/s and the results were given in figure 6 between 0.1 V and 0.5V. In addition, the specific capacitance, energy density and power density calculations at each scanning speed of the produced electrode were also made according to these results and all the results were given in detail in Table 1. According to these results, the highest capacitance value was determined as 66 F/g at a scanning speed of 5 mV/s. It was observed that this value decreased by approximately 50% when the scanning rate increased to 10 mV/s and regressed to 34 F/g. However, when the scanning rate was increased up to 100 mV/s with a scanning speed of 10 mV/s, it was observed that the decrease did not continue at the same rate and the lowest was 19 F/g. Similarly, it was calculated that the energy density decreased from 2.95 to 1.54 before then to the lowest 0.863 Wh/kg. It was calculated that the amount of stored cargo decreased from 159 C to 46 C. According to these results, there is a significant change in all values with the increase in scanning speed. The reason for this is directly related to the electrode-electrolyte interface interaction. Namely, ZnFe_2O_4 coated on the CC surface consists of a highly indented porous structure. It is believed that at low scanning rates, this structure interacts with the electrolyte longer, and therefore the charges in the electrolyte stick to the surface more. For this reason, it can be said that higher capacitance value is reached at low scanning speeds. On the other hand, it is believed that in higher speed scans the electrolyte does not have enough time to penetrate the surface of the active substance and therefore stores a lower charge [35].

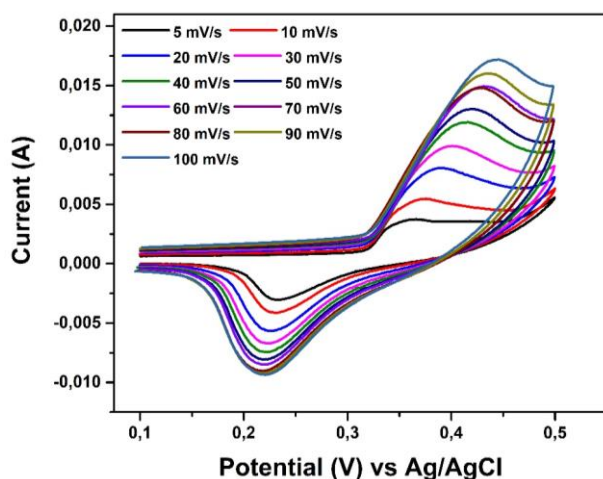


Figure 6. Cyclic voltammetry of ZnFe_2O_4 doped CC electrode at different scan rate

Table 1. Specific capacitance, energy density and power density of ZnFe_2O_4 doped CC electrode

Scan rate (mV/s)	Cs (F/g)	E (Wh/kg)	q (C)
5	66.27	2.95	159.05
10	34.69	1.54	83.27
20	33.89	1.51	81.34
30	31.19	1.39	74.86
40	28.93	1.29	69.45
50	26.5	1.18	63.62
60	24.69	1.10	59.26
70	22.98	1.02	55.18
80	20.44	0.908	49.05
90	19.01	0.845	45.63
100	19.4	0.863	46.59

4. CONCLUSION

In this study, it is aimed to develop a flexible supercapacitor to keep up with the new developing technology. For this purpose, cotton fabric as a substrate has been successfully carbonized to make it conductive and flexible. Then, ZnFe_2O_4 structure was successfully synthesized on the surfaces by hydrothermal method. In XRD and SEM analyzes, it was determined that ZnO and Fe_3O_4 structures were formed to some extent together with ZnFe_2O_4 . In the electrochemical measurement results, it was determined that the highest specific capacitance was 66 F/g at a scanning speed of 5 mV/s, the energy density was 2.59 Wh/kg, and the amount of stored charge was 159 C. It is thought that these results can be used in supercapacitors, but higher performances can be obtained if the production parameters are optimized.

Acknowledgment

This study was supported within the scope of the project numbered "KBÜBAP-21-ABP-047" supported by the Scientific Research Projects Coordination Unit of Karabuk University. In addition, Karabuk University MARGEM laboratories were used. We thank both departments for supporting the study.

REFERENCES

- [1] Wang J, Li X, Zi Y, Wang S, Li Z, Zheng L, et al. A flexible fiber-based supercapacitor-triboelectric-nanogenerator power system for wearable electronics. *Adv Mater* 2015;27:4830–6.
- [2] Zhang Q, Zhang Z, Liang Q, Gao F, Yi F, Ma M, et al. Green hybrid power system based on triboelectric nanogenerator for wearable/portable electronics. *Nano Energy* 2019;55:151–63. <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2018.10.078>.
- [3] Song Y, Cheng X, Chen H, Huang J, Chen X, Han M, et al. Integrated self-charging power unit with flexible supercapacitor and triboelectric nanogenerator. *J Mater Chem A* 2016;4:14298–306.
- [4] El-Kady MF, Kaner RB. Scalable fabrication of high-power graphene micro-supercapacitors for flexible and on-chip energy storage. *Nat Commun* 2013;4:1–9.
- [5] Jost K, Dion G, Gogotsi Y. Textile energy storage in perspective. *J Mater Chem A* 2014;2:10776–87.

- [6] Frackowiak E, Beguin F. Carbon materials for the electrochemical storage of energy in capacitors. *Carbon* 2001;39:937–50.
- [7] Kötz R, Carlen M. Principles and applications of electrochemical capacitors. *Electrochimica Acta* 2000;45:2483–98.
- [8] Pech D, Brunet M, Durou H, Huang P, Mochalin V, Gogotsi Y, et al. Ultrahigh-power micrometre-sized supercapacitors based on onion-like carbon. *Nat Nanotechnol* 2010;5:651–4.
- [9] Simon P, Gogotsi Y. Materials for electrochemical capacitors. *Nanosci Technol Collect Rev Nat J* 2010;320–9.
- [10] Ko Y, Kwon M, Bae WK, Lee B, Lee SW, Cho J. Flexible supercapacitor electrodes based on real metal-like cellulose papers. *Nat Commun* 2017;8:536. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-00550-3>.
- [11] Alhabeb M, Maleski K, Anasori B, Lelyukh P, Clark L, Sin S, et al. Guidelines for Synthesis and Processing of Two-Dimensional Titanium Carbide (Ti₃C₂T_x MXene). *Chem Mater* 2017;29:7633–44. <https://doi.org/10.1021/acs.chemmater.7b02847>.
- [12] Hu L, Cui Y. Energy and environmental nanotechnology in conductive paper and textiles. *Energy Environ Sci* 2012;5:6423–35.
- [13] Li Y, Wang L, Qu Y, Wang B, Yu J, Song D, et al. Unique 3D bilayer nanostructure basic cobalt carbonate@NiCo-layered double hydroxide nanosheets on carbon cloth for supercapacitor electrode material. *Ionics* 2020;26:1397–406. <https://doi.org/10.1007/s11581-019-03310-z>.
- [14] Xue Q, Sun J, Huang Y, Zhu M, Pei Z, Li H, et al. Recent progress on flexible and wearable supercapacitors. *Small* 2017;13:1701827.
- [15] Wang ZL, Chen J, Lin L. Progress in triboelectric nanogenerators as a new energy technology and self-powered sensors. *Energy Environ Sci* 2015;8:2250–82.
- [16] Muzaffar A, Ahamed MB, Deshmukh K, Thirumalai J. A review on recent advances in hybrid supercapacitors: Design, fabrication and applications. *Renew Sustain Energy Rev* 2019;101:123–45.
- [17] Gueon D, Moon JH. MnO₂ nanoflake-shelled carbon nanotube particles for high-performance supercapacitors. *ACS Sustain Chem Eng* 2017;5:2445–53.
- [18] Shi K, Giapis KP. Scalable fabrication of supercapacitors by nozzle-free electrospinning. *ACS Appl Energy Mater* 2018;1:296–300.
- [19] Zhao E, Qin C, Jung H-R, Berdichevsky G, Nese A, Marder S, et al. Lithium titanate confined in carbon nanopores for asymmetric supercapacitors. *ACS Nano* 2016;10:3977–84.
- [20] Zhang Y, Feng H, Wu X, Wang L, Zhang A, Xia T, et al. Progress of electrochemical capacitor electrode materials: A review. *Int J Hydrog Energy* 2009;34:4889–99.
- [21] Lemine AS, Zagho MM, Altahtamouni TM, Bensalah N. Graphene a promising electrode material for supercapacitors—A review. *Int J Energy Res* 2018;42:4284–300.
- [22] Vadiyar MM, Kolekar SS, Chang J-Y, Ye Z, Ghule AV. Anchoring ultrafine ZnFe₂O₄/C nanoparticles on 3D ZnFe₂O₄ nanoflakes for boosting cycle stability and energy density of flexible asymmetric supercapacitor. *ACS Appl Mater Interfaces* 2017;9:26016–28.
- [23] Yu Z-Y, Chen L-F, Yu S-H. Growth of NiFe₂O₄ nanoparticles on carbon cloth for high performance flexible supercapacitors. *J Mater Chem A* 2014;2:10889–94.
- [24] Zhu M, Meng D, Wang C, Diao G. Facile fabrication of hierarchically porous CuFe₂O₄ nanospheres with enhanced capacitance property. *ACS Appl Mater Interfaces* 2013;5:6030–7.
- [25] Yang S, Han Z, Sun J, Yang X, Hu X, Li C, et al. Controllable ZnFe₂O₄/reduced graphene oxide hybrid for high-performance supercapacitor electrode. *Electrochimica Acta* 2018;268:20–6.
- [26] Hou L, Lian L, Zhang L, Pang G, Yuan C, Zhang X. Self-sacrifice template fabrication of hierarchical mesoporous Bi-Component-Active ZnO/ZnFe₂O₄ sub-microcubes as superior anode towards high-performance lithium-ion battery. *Adv Funct Mater* 2015;25:238–46.
- [27] Vadiyar MM, Kolekar SS, Deshpande NG, Chang J-Y, Kashale AA, Ghule AV. Binder-free chemical synthesis of ZnFe₂O₄ thin films for asymmetric supercapacitor with improved performance. *Ionics* 2017;23:741–9.
- [28] Li Y, Wang L, Qu Y, Wang B, Yu J, Song D, et al. Unique 3D bilayer nanostructure basic cobalt carbonate@NiCo-layered double hydroxide nanosheets on carbon cloth for supercapacitor electrode material. *Ionics* 2020;26:1397–406.
- [29] Gopi CVM, Vinodh R, Sambasivam S, Obaidat IM, Singh S, Kim H-J. Co₉S₈-Ni₃S₂/CuMn₂O₄-NiMn₂O₄ and MnFe₂O₄-ZnFe₂O₄/graphene as binder-free cathode and anode materials for high energy density supercapacitors. *Chem Eng J* 2020;381:122640.
- [30] Korkmaz S, Tezel FM, Kariper İA. Facile synthesis and characterization of graphene oxide/tungsten oxide thin film supercapacitor for electrochemical energy storage. *Phys E Low-Dimens Syst Nanostructures* 2020;116:113718. <https://doi.org/10.1016/j.physe.2019.113718>.
- [31] Long H, Shi T, Hu H, Jiang S, Xi S, Tang Z. Growth of Hierarchal Mesoporous NiO Nanosheets on Carbon Cloth as Binder-free Anodes for High-performance Flexible Lithium-ion Batteries. *Sci Rep* 2014;4:7413. <https://doi.org/10.1038/srep07413>.
- [32] Lv H, Ma L, Zeng P, Ke D, Peng T. Synthesis of fluorinated ZnFe₂O₄ with porous nanorod structures and its photocatalytic hydrogen production under visible light. *J Mater Chem* 2010;20:3665–72. <https://doi.org/10.1039/B919897K>.
- [33] Muhammad W, Ullah N, Haroon M, Haider Abbasi B. Optical, morphological and biological analysis of zinc oxide nanoparticles (ZnO NPs) using *Papaver somniferum* L. *RSC Adv* 2019;9:29541–8. <https://doi.org/10.1039/C9RA04424H>.

- [34] Xu S, Habib AH, Gee SH, Hong YK, McHenry ME. Spin orientation, structure, morphology, and magnetic properties of hematite nanoparticles. *J Appl Phys* 2015;117:17A315. <https://doi.org/10.1063/1.4914059>.
- [35] Mishra N, Shinde S, Vishwakarma R, Kadam S, Sharon M, Sharon M. MWCNTs synthesized from waste polypropylene plastics and its application in super-capacitors. *AIP Conf Proc* 2013;1538:228–36. <https://doi.org/10.1063/1.4810063>.
- [36] Kwan I, Mapstone J. Visibility aids for pedestrians and cyclists: a systematic review of randomised controlled trials. *Accid Anal Prev.* 2004;36(3):305-12.
- [37] Carlson BM. Human embryology and developmental biology. 4th ed. St. Louis: Mosby; 2009.
- [38] Nørvåg K. Space-efficient support for temporal text indexing in a document archive context. 7th European Conference, ECDL 2003. Berlin: Springer; 2003. p. 511-22.
- [39] Hasund IK. The discourse markers like in English and liksom in Norwegian teenage language: A corpus-based, cross-linguistic study [dissertation]. Bergen: University of Bergen; 2003.
- [40] Kapperud G. Utbruddsveil [Internet]. I Folkehelseins; 2016 [cited 2016 Jun 30]. Available from: <https://www.fhi.no/nettpub/utbruddsveilederen/>



Synthesis of N-Doped Carbon Quantum Dots by Hydrothermal Synthesis Method and Investigation of Optical Properties

Sadiye Kübra BAŞKAYA¹, Mustafa ÇEŞME^{2*}

¹ Department of Materials Science and Engineering, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Kahramanmaraş, Turkey

² Department of Chemistry, Faculty of Art and Sciences, Kahramanmaraş Sütçü İmam University, 46040, Kahramanmaraş, TURKEY

Sadiye Kübra BAŞKAYA ORCID No: 0000-0001-7940-3571

Mustafa ÇEŞME ORCID No: 0000-0002-2020-5965

*Corresponding author: mustafacesme@msn.com

(Alınış: 23.06.2021, Kabul: 30.07.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Keywords

Carbon quantum dots, Spectroscopy, Cyclic voltammetry

Abstract: Carbon quantum dots (CQDs); It is a carbon-based nanomaterial that has become popular in recent years due to its advantages such as biocompatibility, tunable fluorescent properties, simple and economical synthesis methods. In this study, synthesis of N-doped carbon quantum dots by hydrothermal synthesis method using tangerine juice, onion shell and ethylenediamine was investigated. The structures and optical properties of the synthesized carbon quantum dots were illuminated by photoluminescence (PL), X-ray Diffractometer (XRD), Infrared (IR) and UV-vis spectrometer. Electrochemical properties were examined by the cyclic voltammetry (CV) technique. The stability of N-doped carbon quantum dots (at 1st, 10th, 15th and 26th days) and pH-dependent emission properties were investigated. Peaks are seen at 285 nm and 347 nm in the UV-vis spectrum proved the presence of C=O and C=N bonds. It has been observed that there is a redshift in the absorption peak due to the amine groups in the structure of the N-doped carbon quantum dots. As a result of the XRD analysis, it was seen that the N-doped carbon quantum dots were in an amorphous structure. The FTIR spectrum of N-doped carbon quantum dots characteristic absorption bands of shows N-H vibration stretching and C-H bending peaks at 3240 and 2923 cm^{-1} , respectively. These functional groups seen in the structure showed that N-CQD is bonded by hydrogen bond. In 1574 cm^{-1} and 1336 cm^{-1} C=O vibration stretching peaks and C-N vibration stretching peaks are observed. In the next step, the electrochemical properties of the carbon dots were examined by cyclic voltammetry technique. Different scanning rates (10-1000 mV/s) were used to understand and clarify the substance (mass) transport to the electrode surface.

Hidrotermal Sentez Yöntemi ile N-Katkılı Karbon Kuantum Noktaları Sentezi ve Optik Özelliklerinin Araştırılması

Anahtar Kelimeler

Karbon kuantum noktaları, Spektroskopi, Dönüşümlü voltametri.

Öz: Karbon kuantum noktaları; biyoyumlu, ayarlanabilir floresan özellikler, basit ve ekonomik sentez yöntemleri gibi avantajlarından dolayı son yıllarda popüler hale gelen karbon tabanlı bir nanomalzemedir. Bu çalışmada mandalina suyu, soğan kabuğu ve etilendiamin kullanılarak hidrotermal sentez yöntemi ile N-katkılı karbon kuantum noktaları sentezi araştırılmıştır. Sentezlenen karbon kuantum noktalarının yapıları ve optik özellikleri fotoluminesans (PL), X-ray Difraktometresi (XRD), Kızılötesi (IR) ve UV-vis spektrometresi ile aydınlatılmıştır. Elektrokimyasal özellikleri ise dönüşümlü voltametri (CV) tekniği ile incelenmiştir. N-katkılı karbon kuantum noktalarının stabilitesi (1,10,15 ve 26. günlerde) ve pH bağımlı emisyon özellikleri araştırılmıştır. UV-vis spektrumunda 285 nm ve 347 nm' de görülen pikler C=O ve C=N bağlarının varlığını kanıtlamıştır. N-katkılı karbon kuantum noktalarının yapısındaki amin grupları nedeniyle absorpsiyon pikinde kırmızıya kayma olduğu gözlemlenmiştir. XRD analizi sonucunda N katkılı karbon kuantum noktalarının amorf yapıda olduğu görüldü. N-katkılı karbon kuantum noktalarının FTIR spektrumu, sırasıyla 3240 ve 2923 cm^{-1} de N-H titreşim gerilmesini ve C-H bükülme piklerini gösterir. Yapıda görülen bu fonksiyonel gruplar, N-CQD'nin hidrojen bağı ile bağlandığını göstermiştir. 1574 cm^{-1} ve 1336 cm^{-1} de C=O titreşim uzama pikleri ve C-N titreşim pikleri gözlenmektedir. Bir sonraki adımda N-CQD'lerin elektrokimyasal davranışı dönüşümlü voltametri tekniği ile incelenmiştir. Elektrot yüzeyinde madde (kütle) taşınımını anlamak ve netleştirmek için farklı tarama hızları (10-1000 mV/s) kullanılmıştır.

1. INTRODUCTION

Nanomaterials are colloidal particles with significant physicochemical and optoelectronic properties ranging in size from 1 to 100 nm. The multi-functionality of these particles has made them usable in many areas [1]. Carbon is one of the elements abundant in the universe, which has a large number of allotropes. Carbon family nanomaterials are carbon nanofibers, nanotubes, nano diamond, graphene, fullerene, and carbon quantum dots (CQDs) [2–5].

CQDs are a new division of carbon-based nanomaterials with dimensions below 10 nm, discovered in 2004. It has high photostability, tunable fluorescent properties, biocompatibility and good water dissolution properties. It also has low toxicity and chemical inertness. For this reason, they are used in drug delivery systems, bioimaging and photodynamic therapy. Due to their easy functionalization and excellent photoluminescence properties are also used in sensor applications in different fields such as nanomedicine and optoelectronics [6–8].

CQDs are thought to be potential candidates to replace conventional semiconductor quantum dots in the future due to their advantages [3,9]. The morphologies of carbon quantum dots are mostly hemispherical. Their structures can be amorphous, graphitic or C_3N_4 crystalline core [10,11]. Functional groups found in carbon quantum dots have given them various properties. Some of these are good solubility in water and easily functionalized with different species. In addition, functional groups on the surface of carbon quantum dots increase their optical properties, biocompatibility, and targeting properties [12–14].

Carbon quantum dots are synthesized by two different methods: top-down and bottom-up. Top-down methods involve the breakdown of large carbon materials. These methods involve laser ablation, arc discharge, electrochemical techniques, and high-energy ball milling methods. The bottom-up synthesis methods are used to synthesize CQD from small molecules via carbonization and passivation. These synthesis methods are hydrothermal, solvothermal, microwave-assisted methods, ultrasonic-assisted methods, combustion, and chemical vapor deposition [14,15]. In bottom-up synthesis methods, precursors such as saccharides, amino acids and biopolymers are widely used [16,17].

Nitrogen-doped carbon quantum dots are of great interest among carbon quantum dots due to their advantages, such as highly developed photoluminescence properties, specific properties, and applications. Furthermore, N-doped carbon quantum dots and carbon quantum dots are also used in bioimaging in sensor applications such as the determination of metal ions due to their easy synthesis, economical, eco-friendly, tunable fluorescence properties and high quantum efficiency [18–20]. In this study, nitrogen-doped CQDs synthesis has been successfully carried out using tangerine juice, onion shell

and ethylenediamine. Furthermore, the structures of the synthesized N-doped carbon quantum dots were elucidated using various spectroscopy and electrochemical techniques. The N-doped CQDs synthesized will shed light on future carbon quantum dots synthesis studies.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Apparatus and Reagents

Tangerine juice and onion shell were used as carbon sources. Samples were purchased from the local market. It was obtained Sigma Aldrich from ethylenediamine used as nitrogen additive. UV-vis absorption spectra were measured with Shimadzu-1800 UV-vis spectrometer, photoluminescence (PL) spectrum was measured with Varian Cary Eclipse spectrometer. Infrared spectroscopy (FTIR) was performed with Perkin Elmer Spectrum 400. XRD analysis was performed with Philips X'Pert PRO XRD. The Hitachi HT7700 with EXALENS, 120 kV, the electron microscope was used to record the transmission electron microscopy (TEM). pH measurements were made with Thermo Scientific A215.

2.2. The Synthesis of N-Doped Carbon Quantum Dots

Onion shells were dried in an oven at 50°C. The drying substance was ground and pulverized. The tangerines were squeezed out of the juice. A solution was prepared using 50 mL of tangerine juice, 1 g of onion shell and 1 mL of ethylenediamine (EDA). The solution was mixed in a magnetic stirrer for 15 minutes. The hydrothermal synthesis method was used for the synthesis of carbon quantum dots. 50 mL Teflon-lined steel autoclave was used for the hydrothermal synthesis method. The prepared solution was transferred to the autoclave and left to the synthesis process at 180°C and 2 hours reaction time. After the reaction, the obtained product was filtered and centrifuged for 10 min at 15000 rpm. After centrifugation, it was dried at 50 °C in the oven.

2.3. Electrochemical Procedure

In this study was used the cyclic voltammetry technique (CV). A glassy carbon electrode was used as working electrode, Ag/AgCl electrode as a counter electrode and platinum wire as the auxiliary electrode. The working electrode was pretreated by polishing it with aluminum oxide (Al_2O_3) powder. After pretreatment, the electrode was washed with deionized water and then dried and placed in the cell. After each experiment, the auxiliary electrode and reference electrode were cleaned with distilled water, dried, and placed back into the cell. 0.3 M Tris buffer was used as the electrolyte in the pH at 7.4.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The absorption behavior of carbon quantum dots was investigated by UV-vis spectroscopy. The UV-vis spectrum for carbon quantum dots is given in (Figure 1). In addition, the image of the synthesized N-doped carbon quantum dots under UV light with a wavelength of 365 nm and the daylight image are given in (Figure 1). CDs UV-vis spectra gave distinct peaks at 285 nm and 347 nm. These peaks show the C=O and C=N bonds, respectively, and can be said to make $n-\pi^*$ transitions. It can be concluded that there is a red shift in the absorption peak due to the amine groups present in the N-doped carbon quantum points [20–22].

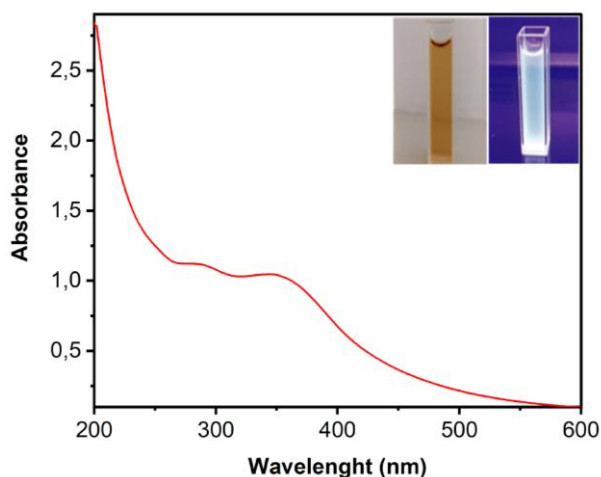


Figure 1. UV-Vis spectrum of N-CQD, inset image shows the solution of prepared N-CQD under daylight and UV light.

The crystal structures of carbon quantum dots were examined by XRD analysis (Figure 2). A distinct diffraction peak was observed at 23.35° in the XRD spectrum. This diffraction peak indicates that carbon quantum dots are of amorphous structure.

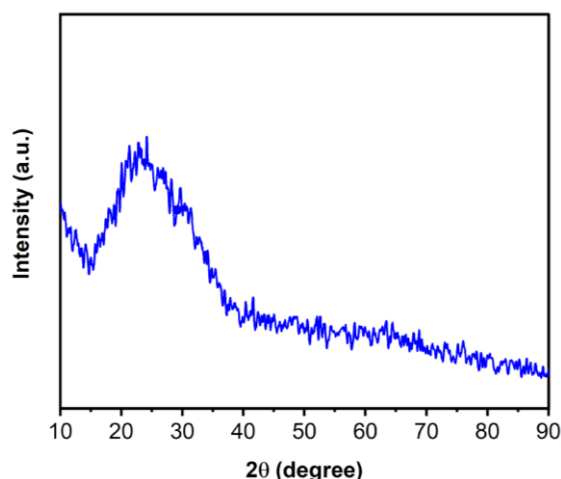


Figure 2. XRD diffraction pattern of the N-CQD.

The photoluminescence emission spectrum of the N-doped carbon quantum dots excitation, emission and density values is given in (Figure 3). It has been observed that when the excitation wavelength is risen from 300 nm to 400 nm, the emission intensity of N-doped carbon quantum dots increases and when excited

at 338 nm, it gives the maximum emission value. At this point, the highest fluorescence intensity was found to be 416. This result means that the varying excitation wavelength leads to adjustable emission spectra and can be caused by carbon nuclei and supporting functional groups and uniform and non-uniform dimensional CDs.

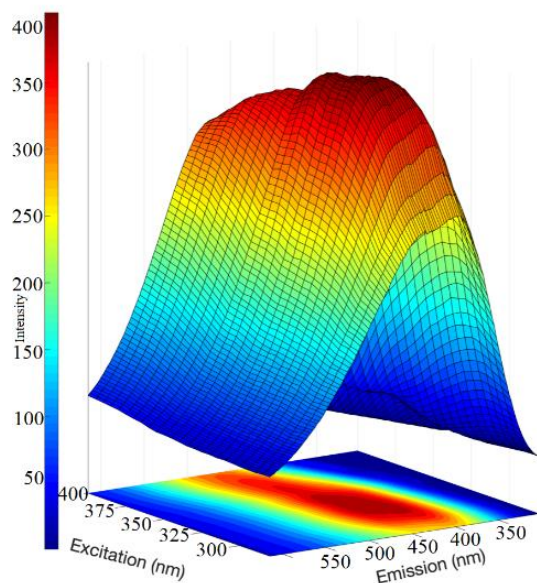


Figure 3. Excitation depended on PL spectra of synthesized N-CQD.

Functional groups in the structure of carbon quantum dots are shown by infrared spectroscopy (IR). In the FT-IR spectrum given in (Figure 4), the absorption band of 3240 cm^{-1} and 2923 cm^{-1} shows the N-H and C-H vibration stretching peaks, respectively. From here, it can be concluded that a hydrogen bond binds N-CQD. C=O, C-N and C-O vibration stretching peaks were observed in the absorption band of 1574 cm^{-1} and 1336 cm^{-1} and 1038 cm^{-1} , respectively [18,22,23].

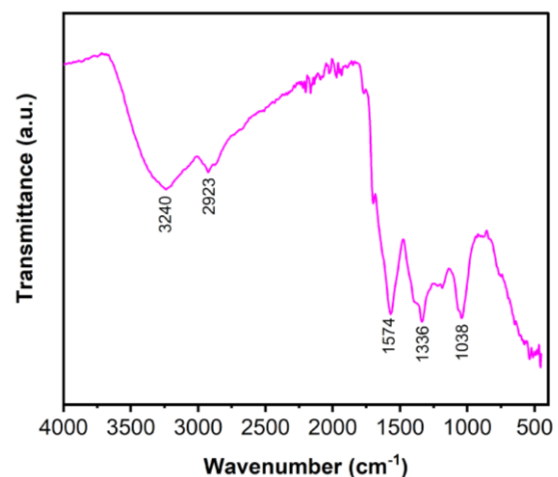


Figure 4. FT-IR spectrum of N-CQD.

The TEM image confirmed the synthesis of CQDs and their morphological properties were investigated. According to the TEM image given in (Figure 5), N-doped carbon quantum dots are spherical and monodisperse. Furthermore, it was observed that the synthesized N-doped carbon quantum dots had a narrow dimensional diameter distribution, had an average

diameter of 21.33 nm, and had similar morphological structures.

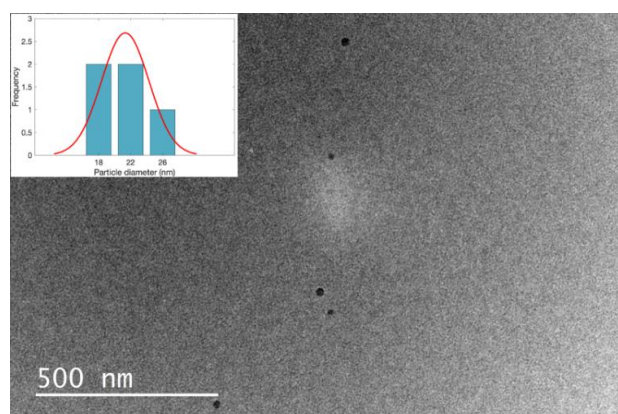


Figure 5. TEM spectrum of N-doped carbon quantum dots. inset graph shows the average diameter of CQDs.

The change of carbon quantum dots at different pH ranges is given in (Figure 6). Acidic pH values were adjusted with 0.1M HCl solution, and basic pH values were adjusted with 0.1M NaOH solution. It was observed that the peak intensity was maximum at pH=4.87. On the other hand, it was observed that the peak intensity was the least at pH=7.2 and increased at pH=11.26.

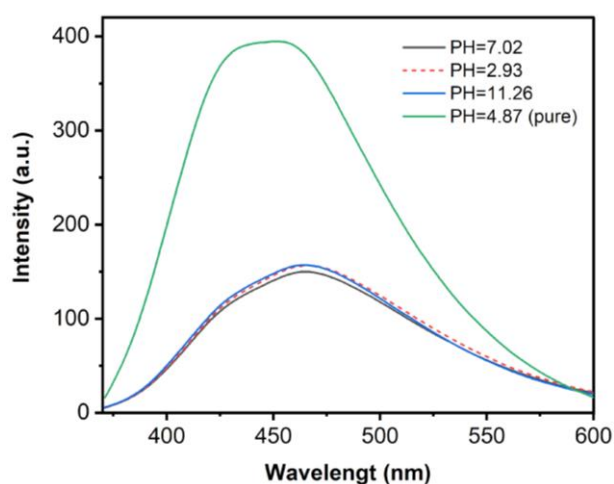


Figure 6. pH spectrum of N-doped carbon quantum dots.

The photoluminescence spectrum of carbon quantum dots measured on different days is given in (Figure 7). For stability study, the sample was kept in the cold medium. Here, it is seen that the peak intensity decreased on the 10th day compared to the 1st day, and the peak intensity continued to decrease on the 10th day and afterward but became stable after a specific time. The results obtained for stability show that carbon quantum dots can be applied in biological applications.

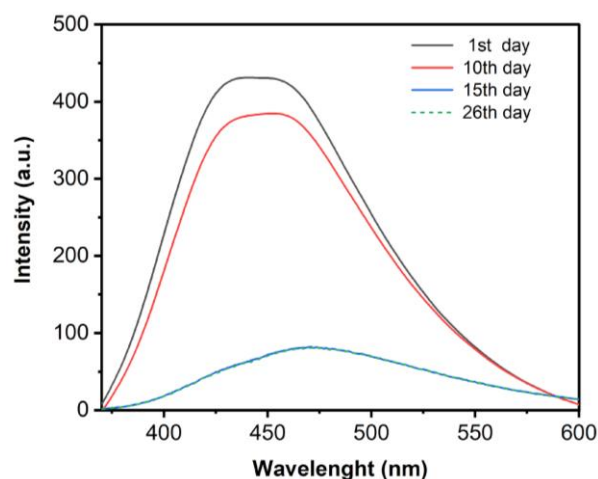


Figure 7. Stability spectrum of N-doped carbon quantum dots.

The electrochemical properties of N-doped CDs were analyzed by cyclic voltammetry technique after characterization was performed through UV-vis, FT-IR, and photoluminescence spectroscopy. The CV technique has been worked cyclic between -2000 and +2000 mV for the potential sweep. Different scanning rates (10-1000 mV/s) were used to understand and clarify the substance (mass) transport to the electrode surface. In scanning rate studies, measurements of up to 1000 mV/s have been taken, but anodic peak current has begun to decrease, especially at measurements with a decreasing scanning rate lower than 50 mV/s. Figure 8 shows the usual cyclic voltammograms (CV) curves in 0.1 M PBS solution. As shown in the figure, the peak currents gradually increased with increasing scan rates and similarly decreased as the scan rate decreased. For measurements taken at 100 mV/s, the anodic peak current; is around 447 mV. No significant peak current was observed in the cathodic direction. The peak observed around 447 mV at 100 mV/s scanning rate in the anodic direction decreased to 190 mV at 50 mV/s rate.

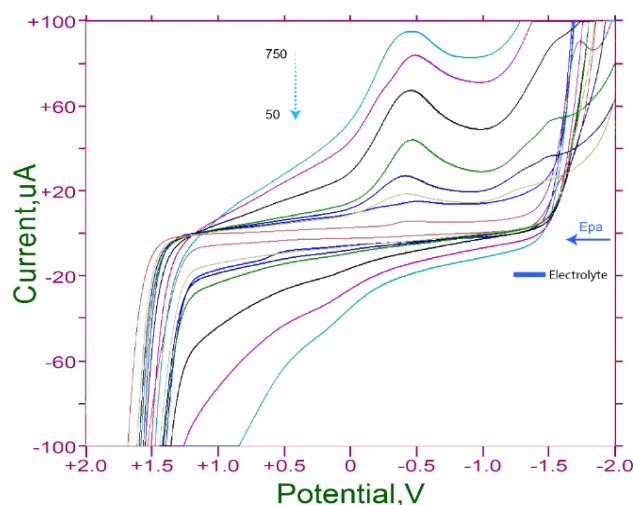


Figure 8. The scan rate (50–750 mV/s) effect on peak current of CQDs in 0.3 M Tris buffer at pH 7.4

Graphs describing the relationship between peak currents and scan rates shown in Figures 9 A and B were obtained from the voltammograms of Figure 8. The

linearity of the peak current (I_p) depending on the square root of the scan rate was obtained by the electrode, demonstrating a diffusional behavior. These relations are stated as equations below.

$$i_{pa} (\mu A) = 3.675 v^{1/2} (mVs^{-1}) + 0.5964, R^2: 0.9892$$

In similar scan rates, the effect of scan rates on peak current were also analyzed with a graph of the logarithm of peak current vs. scan rates logarithm that gives a straight line. These linear relations were acquired as follows (Figure 9);

$$\log_{ia} (\mu A) = 0.5216 \log v (mVs^{-1}) + 0.5176, R^2: 0.9843$$

According to these results, the relationship between the logarithm of the potential scanning rates and the logarithm of the peak current is about 0.52, and these values are close to 0.5, which is the theoretical value, that indicates the substance transport on the electrode surface by diffusion [24].

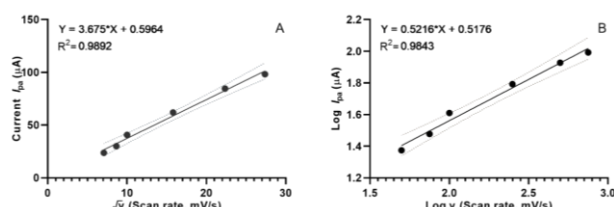


Figure 9. The linear relation between peak current and the square root of the scan rate; (A) anodic, (B), Plot of peak current vs. log of scan rate.

4. CONCLUSION

In this study, N-doped carbon quantum dots were synthesized using tangerine juice, onion shell, and ethylenediamine. The hydrothermal method, which is quite economical and straightforward, was used for the synthesis process. Reaction: It was carried out at a temperature of 180°C and a reaction time of 2 hours. The structure and optical properties of the synthesized N-doped carbon quantum dots were illuminated by UV-vis, photoluminescence (PL), infrared spectroscopies (IR) and crystal structure by XRD analysis. Electrochemical properties of carbon quantum dots investigated the cyclic voltammetry technique. In addition, the stability of carbon quantum dots and the pH effect in acidic, basic, and neutral environments were investigated.

Acknowledgments

This work was financially supported by the Kahramanmaraş Sütçü İmam University Scientific Research Project Coordination Unit (Project Number: 2019/5-21 M and 2020/7-9 D).

REFERENCES

- [1] N. Tejwan, S.K. Saha, J. Das, Multifaceted applications of green carbon dots synthesized from renewable sources, *Adv. Colloid Interface Sci.* 275 (2020) 102046. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2019.102046>.
- [2] X. Wang, Y. Feng, P. Dong, J. Huang, A Mini Review on Carbon Quantum Dots: Preparation, Properties, and Electrocatalytic Application, *Front. Chem.* 7 (2019). <https://doi.org/10.3389/fchem.2019.00671>.
- [3] H. Eskalen, Influence of carbon quantum dots on electro-optical performance of nematic liquid crystal, *Appl. Phys. A.* 126 (2020) 708. <https://doi.org/10.1007/s00339-020-03906-7>.
- [4] H. Eskalen, S. Uruş, S. Cömertpay, A.H. Kurt, Ş. Özgan, Microwave-assisted ultra-fast synthesis of carbon quantum dots from linter: Fluorescence cancer imaging and human cell growth inhibition properties, *Ind. Crops Prod.* 147 (2020) 112209. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112209>.
- [5] H. Eskalen, M. Çeşme, S. Kerli, Ş. Özgan, Green synthesis of water-soluble fluorescent carbon dots from rosemary leaves: Applications in food storage capacity, fingerprint detection, and antibacterial activity, *J. Chem. Res.* 45 (2021) 428–435. <https://doi.org/10.1177/1747519820953823>.
- [6] C.M. Galanakis, Recovery of high added-value components from food wastes: Conventional, emerging technologies and commercialized applications, *Trends Food Sci. Technol.* 26 (2012) 68–87. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.03.003>.
- [7] K.K. Chan, S.H.K. Yap, K.T. Yong, Biogreen Synthesis of Carbon Dots for Biotechnology and Nanomedicine Applications, *Nano-Micro Lett.* 10 (2018) 72. <https://doi.org/10.1007/s40820-018-0223-3>.
- [8] S. Jayaweera, K. Yin, X. Hu, W.J. Ng, Fluorescent N/Al Co-Doped Carbon Dots from Cellulose Biomass for Sensitive Detection of Manganese (VII), *J. Fluoresc.* 29 (2019) 1291–1300. <https://doi.org/10.1007/s10895-019-02452-7>.
- [9] A. Prasanna, T. Imae, One-pot synthesis of fluorescent carbon dots from orange waste peels, *Ind. Eng. Chem. Res.* 52 (2013) 15673–15678. <https://doi.org/10.1021/ie402421s>.
- [10] A. Sciortino, A. Cannizzo, F. Messina, Carbon Nanodots: A Review—From the Current Understanding of the Fundamental Photophysics to the Full Control of the Optical Response, *J. Carbon Res.* 4 (2018) 67. <https://doi.org/10.3390/c4040067>.
- [11] J. Woo, Y. Song, J. Ahn, H. Kim, Green one-pot preparation of carbon dots (CD)-embedded cellulose transparent film for Fe³⁺ indicator using ionic liquid, *Cellulose.* 27 (2020) 4609–4621. <https://doi.org/10.1007/s10570-020-03099-5>.
- [12] L. Liu, Y. Li, L. Zhan, Y. Liu, C. Huang, One-step synthesis of fluorescent hydroxyls-coated carbon dots with hydrothermal reaction and its application to optical sensing of metal ions, *Sci. China Chem.* 54 (2011) 1342–1347. <https://doi.org/10.1007/s11426-011-4351-6>.
- [13] S. Ahmadian-Fard-Fini, M. Salavati-Niasari, D. Ghanbari, Hydrothermal green synthesis of magnetic Fe₃O₄-carbon dots by lemon and grape fruit extracts and as a photoluminescence sensor for detecting of E. coli bacteria, *Spectrochim. Acta - Part A Mol. Biomol. Spectrosc.* 203 (2018) 481–493. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2018.06.021>.

- [14] M.J. Molaei, Principles, mechanisms, and application of carbon quantum dots in sensors: A review, *Anal. Methods*. 12 (2020) 1266–1287. <https://doi.org/10.1039/c9ay02696g>.
- [15] A. Nair, J.T. Haponiuk, S. Thomas, S. Gopi, Natural carbon-based quantum dots and their applications in drug delivery: A review, *Biomed. Pharmacother.* 132 (2020) 110834. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2020.110834>.
- [16] N. Papaioannou, M.M. Titirici, A. Sapelkin, Investigating the Effect of Reaction Time on Carbon Dot Formation, Structure, and Optical Properties, *ACS Omega*. 4 (2019) 21658–21665. <https://doi.org/10.1021/acsomega.9b01798>.
- [17] Z. Song, F. Quan, Y. Xu, M. Liu, L. Cui, J. Liu, Multifunctional N,S co-doped carbon quantum dots with pH- and thermo-dependent switchable fluorescent properties and highly selective detection of glutathione, *Carbon N. Y.* 104 (2016) 169–178. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2016.04.003>.
- [18] R. Atchudan, T.N.J.I. Edison, D. Chakradhar, S. Perumal, J.J. Shim, Y.R. Lee, Facile green synthesis of nitrogen-doped carbon dots using *Chionanthus retusus* fruit extract and investigation of their suitability for metal ion sensing and biological applications, *Sensors Actuators, B Chem.* 246 (2017) 497–509. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2017.02.119>.
- [19] G. Muthusankar, R.K. Devi, G. Gopu, Nitrogen-doped carbon quantum dots embedded Co₃O₄ with multiwall carbon nanotubes: An efficient probe for the simultaneous determination of anticancer and antibiotic drugs, *Biosens. Bioelectron.* 150 (2020) 111947. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2019.111947>.
- [20] P. Wu, W. Li, Q. Wu, Y. Liu, S. Liu, Hydrothermal synthesis of nitrogen-doped carbon quantum dots from microcrystalline cellulose for the detection of Fe³⁺ ions in an acidic environment, *RSC Adv.* 7 (2017) 44144–44153. <https://doi.org/10.1039/c7ra08400e>.
- [21] Z.F. Pu, Q.L. Wen, Y.J. Yang, X.M. Cui, J. Ling, P. Liu, Q.E. Cao, Fluorescent carbon quantum dots synthesized using phenylalanine and citric acid for selective detection of Fe³⁺ ions, *Elsevier B.V.*, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2019.117944>.
- [22] P.F. Andrade, G. Nakazato, N. Durán, Additive interaction of carbon dots extracted from soluble coffee and biogenic silver nanoparticles against bacteria, *J. Phys. Conf. Ser.* 838 (2017). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/838/1/012028>.
- [23] Y. Hu, X. Geng, L. Zhang, Z. Huang, J. Ge, Z. Li, Nitrogen-doped Carbon Dots Mediated Fluorescent on-off Assay for Rapid and Highly Sensitive Pyrophosphate and Alkaline Phosphatase Detection, *Sci. Rep.* 7 (2017) 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-06356-z>.
- [24] J. Wang, *Analytical Electrochemistry*, Third Edition, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA, 2006. <https://doi.org/10.1002/0471790303>.



Meme Kanseri Tümörlerinin Derin Öğrenme Algoritmaları ile Sınıflandırılması

Seda Nur ÖZGÜR¹, Sinem BOZKURT KESER^{1*}

¹ Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye

Seda Nur ÖZGÜR ORCID No: 0000-0001-8771-234X
Sinem BOZKURT KESER ORCID No: 0000-0002-8013-6922

*Sorumlu yazar: sbozkurt@ogu.edu.tr

(Alınış: 25.06.2021, Kabul: 17.10.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Anahtar Kelimeler

Meme Kanseri, Mamogram, Derin Öğrenme, Sınıflandırma, Inception-ResNet-V2

Öz: Meme kanseri, kadınlarda ölümlere neden olabilen hastalıklar arasında en başlarda gelen hastalıklardan biridir. Yapılan araştırmalara göre meme kanserinin erken teşhisi ile ölüm oranları düşürülebilmektedir. Meme kanserinin teşhisinde incelenen mamogram görüntülerinin radyologlar tarafından incelenmesi uzun zaman almakta hatta zaman zaman bu incelemelerde hatalı sonuçlar elde edilebilmektedir. Meme kanserinin erken aşamalarda teşhis edilebilmesi için yapay zekâ yöntemleri kullanılarak yapılan çalışmalar oldukça önemlidir. Gelişen teknolojiyle birlikte birçok farklı derin öğrenme modeli bu hastalığın teşhisinde kullanılmaktadır. Bu çalışmada, meme kanserinin teşhisi için Inception-ResNet-V2 derin öğrenme modeli önerilmektedir. Önerilen derin öğrenme modeli, Inception ve ResNet modellerinin mezezi bir mimari olup etkili bir şekilde geliştirilmiş sınıflandırma ve tanıma performansına sahiptir. Önerilen derin öğrenme mimarisi sırasıyla önışleme, sınıflandırma ve performans değerlendirme olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır. Önışleme aşamasında gerçek veri setlerinden alınan mamogram görüntüleri dolgu ile maskelenerek kesin bölgeyi tanımlamak amacıyla ilgi bölgeleri çıkarılmıştır. Böylece mamografi görüntülerinden bölgesel yoğunluklar tespit edilerek kanserli bölgenin konumu saptanır. Bu işlem sınıflandırma işlemi kolaylaştırmak için yapılan bir önışlemdir. İlgi bölgelerinin tespitinin ardından, segmentasyon işlemi ile bilgi içermeyen bölümler kırılır. Yeniden boyutlandırma son önışleminin ardından önerilen Inception-ResNet-V2 derin öğrenme modeli ile sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmektedir. Önerilen model ile %96.21 doğruluk, %97.48 geri çağırma, %98.18 kesinlik, %97.83 F-ölçütü, %98.00 eğri altında kalan alan ve 0.83 cohen kappa performans değerleri elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, çalışmada kıyaslama aşamasında kullanılan diğer derin öğrenme mimarilerinden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırıldığında önerilen modelin meme kanseri teşhisinde daha iyi performans sergilediğini kanıtlamaktadır.

Classification of Breast Cancer Tumors with Deep Learning Algorithms

Keywords

Breast Cancer, Mammogram, Deep Learning, Classification, Inception-ResNet-V2

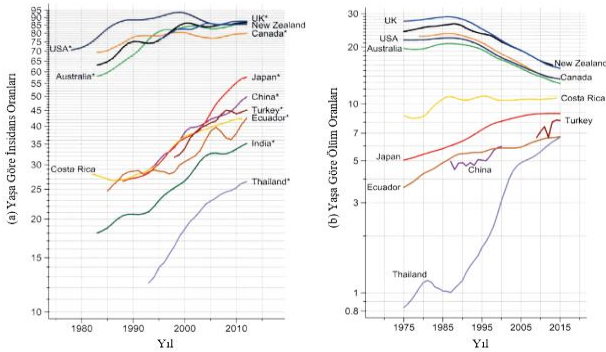
Abstract: Breast cancer is one of the leading diseases among diseases that can cause death in women. Studies have shown that early detection of breast cancer can reduce mortality rates. The mammogram images used in the diagnosis of breast cancer are examined by radiologists. Investigations take a long time and sometimes erroneous results can be obtained. Studies using artificial intelligence methods are very important for the diagnosis of breast cancer in the early stages. It has also been observed that the diagnoses obtained with mammogram images are better than the diagnosis of medical experts. With the developing technology, many different deep learning models are used in the diagnosis of the disease. In this study, the Inception-ResNet-V2 deep learning model is proposed for the diagnosis of breast cancer. The proposed deep learning model is a hybrid architecture of Inception and ResNet models and has effectively improved classification and diagnosis performance. The proposed deep learning architecture consists of three stages, namely preprocessing, classification, and performance evaluation, respectively. In the preprocessing stage, mammogram images from real datasets were masked with filler, and regions of interest were extracted to define the precise region. Thus, regional densities are detected from mammography images and the location of the cancerous area is determined. This is a pre-process

to simplify the classification process. After detection of regions of interest, segments that do not contain information are clipped by segmentation. After the resizing post-processing, the classification process is carried out with the proposed Inception-ResNet-V2 deep learning model. With the proposed model, 96.21% accuracy, 97.48% recall, 98.18% precision, 97.83% F-score, 98.00% area under the curve, and 0.83 cohen kappa performance values were obtained. The obtained results prove that the proposed model performs better in breast cancer diagnosis when compared with the results obtained from other deep learning architectures used in the benchmarking stage in the study.

1. GİRİŞ

Organ veya dokudaki hücrelerin düzensiz olarak bölünerek çoğalması sonucu oluşan kötü huylu tümörler kanser olarak adlandırılmaktadır. Kanser tipleri, anormal hücrelerin kontrolsüz şekilde çoğalması ile başlamaktadır [1]. Meme kanseri dünya çapında en yaygın sağlık problemi olmaya devam etmekte olan kanser türleri arasındadır. Meme kanseri kadınlarda yaşamı tehdit eden bir hastalıktır ve kadın nüfusu arasında ölümlerin önde gelen sebeplerinden biridir [2].

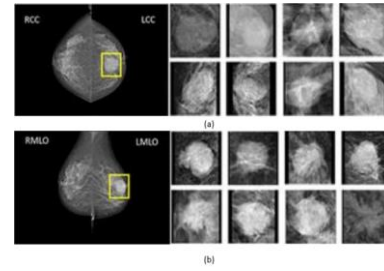
2018 yılında, dünya çapında 2,08 milyon yeni meme kanseri vakası ve meme kanserinden dolayı 627.000 ölüm gerçekleşmiştir [3]. Erkeklerde meme kanseri görülme olasılığı kadınların %1'i kadardır. İnsani Gelişme Göstergesi (Human Development Index) düşük veya orta olan ülkelerde meme kanseri ölüm oranı %48'dir. Bu oran İnsani Gelişme Göstergesi yüksek veya çok yüksek olan ülkelerdekini 4 katıdır. Etkili tarama programları ile meme kanserinin erken teşhisi, meme kanseri tedavi sürecini olumlu etkilemektedir. Mamografi taraması ile yüksek gelirli ülkelerde meme kanserinden ölüm oranlarını önemli ölçüde azalmıştır [4]. Dünyada, meme kanseri riski altındaki sağlam kişilerin belirli sürede, belirli bir hastalığa yakalanma olasılığı (insidans oranı) ve bu hastalıktan ölen kişilerin oranları sırasıyla Şekil 1 (a) ve (b) ile gösterilmektedir.



Şekil 1. Dünyada yaşa göre standartlaştırılmış (a) insidans oranları ve (b) ölüm oranları

Belirli bir ülkede belirli bir sürede tespit edilen yeni meme kanseri vaka sayısının o ülkedeki yıl ortasındaki nüfusa veya risk altındaki kişi sayısına bölünmesi ile insidans oranı elde edilir. Şekil 1 incelendiğinde, Türkiye'de insidans ve ölüm oranlarında artış olduğu gözlenmektedir. Erken teşhis ve etkili tarama programları aracılığıyla meme kanserinin daha erken saptanması sayesinde USA, UK vb. ülkeler gibi Türkiye'de de bu oranlarda düşüş olması

beklenmektedir. Araştırma sonuçlarına göre meme kanserinin erken teşhisi ile ölüm oranları önemli ölçüde düşürülebilmektedir. Meme kanserinin teşhisinde, radyologlar tarafından incelen mamogram görüntüleri ile hastalığın gidişatı hakkında bilgi edinmek mümkündür. Şekil 2'de iyi huylu (benign) ve kötü huylu (malignant) meme dokularına ait mamogram görüntüleri verilmektedir.



Şekil 2. (a) İyi huylu ve (b) kötü huylu meme kanseri mamogramı

Yapay zeka teknolojilerin gelişmesi ile birlikte hastalıkların teşhisinde önemli gelişmeler yaşanmaktadır. Son zamanlarda, genel olarak derin öğrenme tekniklerinin ve evrişimli sinir ağlarının tanıtılmasıyla yapay zeka alanında bir atılım gerçekleştirilmiştir. Bu tür teknikler, bir özellik alanı tanımlamasına ihtiyaç duymaz ve insan uzmanları bile geride bırakabilecek sınıflandırma performansları elde edebilirler [5]. Mamograma dayalı meme kanseri risk değerlendirmesi için derin öğrenme yaklaşımıyla elde edilen sonuçlar umut vericidir. Derin öğrenme, ham görüntü verilerinden birden çok gizli katmana sahip sinir ağları aracılığıyla denetimli (supervised) bir modda veya otomatik kodlayıcılar (autoencoders) aracılığıyla denetimsiz (unsupervised) bir modda, örüntü algılama ve sınıflandırma için yararlı olan hiyerarşik temsillerin otomatik öğrenmesini içerir. Ayrıca, büyük verinin ve makine öğreniminin kullanılması ile özellikle görüntü-tabanlı tarama için tarama testlerinin doğruluğunu iyileştirmek ve tarama protokollerine daha iyi rehberlik etmek için yeni fırsatlar sunulmaktadır [6].

Bu çalışmada, meme kanseri tümörlerinin tespit edilmesi amaçlanmaktadır. Meme kanserinin tespiti için Inception-ResNet-V2 sınıflandırma modeli önerilmiştir. Gerçek veri seti kullanılarak, önerilen yöntemin performansı değerlendirilmiştir. Önerilen derin öğrenme modeli, Inception ve ResNet modellerinin melez bir mimari olup etkili bir şekilde geliştirilmiş sınıflandırma ve tanıma performansına sahiptir. Önerilen derin öğrenme mimarisi sırasıyla önışleme, sınıflandırma ve performans değerlendirme olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır. Önışleme aşamasında gerçek veri setlerinden alınan mamogram görüntüleri dolgu ile maskelenerek kesin bölgeyi tanımlamak amacıyla ilgi

bölgeleri çıkarılmıştır. Böylece mamografi görüntülerinden bölgesel yoğunluklar tespit edilerek kanserli bölgenin konumu saptanır. Bu işlem sınıflandırma işlemi kolaylaştırmak için yapılan bir ön işlemdir. İlgili bölgelerinin tespitinin ardından, segmentasyon işlemi ile bilgi içermeyen bölümler kırılır. Yeniden boyutlandırma son işleminin ardından önerilen Inception-ResNet-V2 derin öğrenme modeli ile sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmektedir. Gerçek veri seti kullanılarak, önerilen yöntemin performansı değerlendirilmiştir. Deneylerde %96.21 doğruluk, %97.48 geri çağırma, %98.18 kesinlik, %97.83 F-ölçütü, %98.00 eğri altında kalan alan ve 0.83 cohen kappa değerleri elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan diğer derin öğrenme mimarileri ile karşılaştırıldığında önerilen yöntemin meme kanseri teşhisinde daha başarılı olduğunu kanıtlanmaktadır. Makalenin takip eden bölümünde literatürde yapılan çalışmalar, kullanılan veri seti, önerilen yöntem ve performans değerlendirme ölçütleri verilmektedir. Üçüncü bölümde deney sonuçları yer almaktadır. Makale, sonuçlar ve gelecekte yapılacak çalışmalar ile sonlandırılmaktadır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Literatürde Yapılan Çalışmalar

Meme kanseri için erken teşhis oldukça önemlidir ve ölüm oranını etkili bir şekilde azaltmaktadır. Bu sebeple son yıllarda derin öğrenme ve makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak yapılan meme kanseri teşhis çalışmalarına ilgi artmaktadır. Mamogram görüntülerinin, derin öğrenme ve makine öğrenme algoritmaları ile kullanılmasıyla erken teşhiste başarılı sonuçlar elde edilmektedir.

Literatürde meme kanserini erken teşhis etmek için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Jadoon vd. [7] 2017 yılında Mamografi için Dijital Veri Tabanı (DDSM, Digital Database for Screening Mammography) üzerinde Destek Vektör Makinesi (SVM, Support Vector Machine) ile Evrişimli Sinir Ağı (CNN, Convolutional Neural Network) algoritmalarını uygulamışlardır. Deneylerde, CNN algoritmasının %83.74 doğruluk oranı (ACC, Accuracy) ile daha başarılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Hepsağ, Özel ve Yazıcı [8] (2017) yaptıkları çalışmada, Mamografik Görüntü Analizi Topluluğu (Mini-MIAS, Mammographic Image Analysis Society) ve Meme Kanseri Dijital Depo (BCDR, Breast Cancer Digital Repository) üzerinden elde edilen veri setleri üzerinde CNN derin öğrenme modelini kullanarak meme kanserini iyi huylu ve kötü huylu olarak sınıflandırmışlardır. Bu çalışmada, en yüksek başarı Mini-MIAS veri seti ile %68 ACC, %59 Kesinlik (PRE, Precision), %55 Geri Çağırma (Recall) ve %57 F-Ölçütü (F-Score) olarak bulunmuştur. Nahid vd. [9] 2018'de yaptığı çalışmada, meme kanseri görüntülerinin sınıflandırılması için CNN ve Uzun-Kısa Süreli Bellek (LSTM, Long Short Term Memory) yöntemlerinin bir arada kullanımını önermektedirler. Softmax ve SVM katmanları, önerilen yeni Derin Sinir Ağı (DNN, Deep Neural Network) modelleri ile özellikler çıkarıldıktan

sonra karar verme aşamasında kullanılmıştır. Deney sonuçlarında, CNN ve Softmax birlikte kullanılarak %91 ACC, %93 Duyarlılık (SEN, Sensitivity) ve %96 PRE ile en iyi değerler elde edilmiştir. Zhang vd. [10] (2018) yürüttükleri çalışmada Mini-MIAS veri setini kullanmışlardır. Veri artırma tekniği ile veri setinin boyutunu artırılarak dokuz katmanlı CNN mimarisini önerilmiştir. Bu çalışmada, düzeltilmiş doğrusal Doğrultulmuş Doğrusal Birim (ReLU, Rectified Linear Unit), sızdıran ReLU (leaky ReLU) ve parametrik ReLU (parametric ReLU) olmak üzere üç farklı aktivasyon fonksiyonu karşılaştırılmaktadır. %94 ACC, %93.4 SEN, %96 PRE ile en iyi performans değerleri elde edilmiştir. Sivasakthiselvan vd. [11] 2018 yılında yaptıkları çalışmada, görüntülerden özellik çıkarma işlemi ve İlgili Bölgesi (ROI, Region of Interest) segmentasyonu yapıldıktan sonra 2-boyutlu CNN ve 3-boyutlu CNN mimarileri sınıflandırma aşamasında kullanımı ile %71 ACC, %81 SEN ve %76 AUC performans değerlerini elde etmişlerdir. Behera vd. [12] (2018), DenseNet-II sinir ağı modelini önermişlerdir. Deneylerde AlexNet, VGGNet, GoogLeNet ve DenseNet modellerini karşılaştırma aşamasında kullanmışlardır. Deney sonuçlarında, %94.55 ACC ve %95.6 SEN değerleri ile önerilen yöntemin diğer modellerden üstünlüğü gösterilmiştir. Ahmed vd. [13] (2018), INbreast veri seti üzerinde CNN mimarisini uygulamışlardır. Deney sonuçlarında, %80.1 ACC, %80 SEN ve %78 Eğri Altında Kalan (AUC, Area Under the Curve) değerleri elde edilmiştir. Ragab vd. [14] (2019), derin öğrenme ve bazı segmentasyon tekniklerini kullanarak meme kanserini iyi huylu ve kötü huylu olarak sınıflandırmışlardır. ROI manuel kırpmaya yöntemi ile %79 ACC, %76.3 SEN, %85 PRE ve %88 AUC değerleri elde edilmiştir. Eşik ve bölge-bazlı segmentasyon tekniği ile %80.5 ACC, %77.4 SEN, %86 PRE ve %88 AUC değerleri elde edilmiştir. Duggento vd. [5] (2019), mamogram görüntülerinden meme lezyonu sınıflandırması için CNN mimarisini kullanmışlardır. Çalışmada kabul edilebilir doğruluk değerleri korunurken yanlış negatiflerin azaltılması hedeflenmiştir. DDSM üzerinden elde edilen Küratörlü Göğüs Görüntüleme Alt Kümesi (CBIS-DDSM, Curated Breast Imaging Subset of DDSM) veri seti ile gerçekleştirilen deneylerde %71 ACC, %84.4 SEN ve %77 AUC sonuçlarına ulaşılmıştır. Li vd. [15] (2019) VGGNet, GoogleNet, DenseNet ve DenseNet-II sinir ağı modellerini FFDM veri seti üzerinde, meme kanseri verilerinin iyi huylu ve kötü huylu olarak sınıflandırılması üzerinde çalışmışlardır. Deneylerde, en iyi sonuçlar DenseNet-II mimarisi ile elde edilmiştir. Chanda ve Sarkar [16] (2019), mamogram görüntülerini segmentasyon aşamasından geçirdikten sonra bölgeyi tanımlamaya çalışmışlardır. Bölümlere ayrılmış mamogram görüntülerinden yoğunluk, doku ve şekiller gibi özellikler çıkarılmıştır. Segmentasyon işlemi ile verilerin hızlı şekilde sınıflandırılabilirliğini kanıtlamışlardır. Deneylerde, %89 ACC, %74 Özgüllük (Spe, Specificity) ve %89 SEN sonuçlarına ulaşılmıştır. Trivizakis vd. [17] (2019) mamogram görüntülerinden meme yoğunluğu skoru tespiti için Transfer Öğrenimi (Transfer Learning) ve ImageNet algoritmalarını önermişlerdir. Önerilen yöntemler, DDSM ve Mini-

MIAS veri setleri kullanılarak analiz edilmiştir. Deneysel sonuçlarında, DDSM veri seti ile %79.3 ACC ve %78 AUC sonuçlarına ulaşılmıştır. Yu vd. [18] (2020), Mini-MIAS veri setini kullanarak önceden eğitilmiş modellere dayalı derin füzyon öğrenme yaklaşımını

uygulamışlardır. Deneysel sonuçlarında, %89 ACC, %91 geri çağırma ve %90 PRE sonuçları elde edilmiştir.

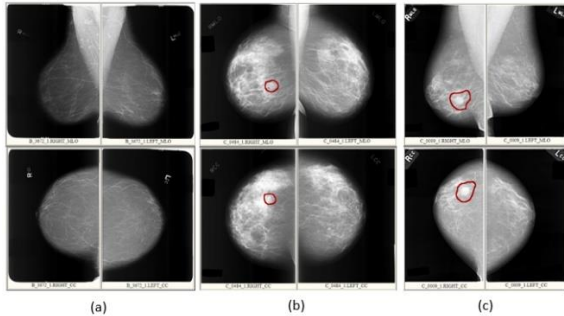
Literatürde meme kanseri teşhisinde derin öğrenme modelleri ile gerçekleştirilen çalışmalar Tablo 1'de özetlenmektedir.

Tablo 1. Derin Öğrenme Modelleri ile Meme Kanseri Teşhisinde Literatürde Yapılan Çalışmalar

Yazar	Yöntem	Veri Seti	ACC	SEN	PRE	AUC
Jadoon vd. (Ocak 2017)	CNN + wavelet CNN + SVM	DDSM	%81.83 %83.74	-	-	%83.10 %83.90
Hepsağ, Özel ve Yazıcı (Ekim 2017)	CNN	Mini-MIAS	%68.00	-	%59.00	-
Nahid vd. (Mart 2018)	CNN+Softmax	BreakHis	%91.00	%93.00	%96.00	-
Zhang vd. (Temmuz 2018)	CNN-PReLU-RSP	Mini-MIAS	%94.00	%93.40	%94.50	-
Sivasakthiselvan vd. (Ağustos 2018)	3DCNN	143 Hastanın görsel verisi	%71.00	%81.00	-	%76.00
Behera vd. (Eylül 2018)	DenseNet-II	FFDM	%94.55	%95.60	-	-
Ahmed vd. (Aralık 2018)	CNN	INbreast	%80.10	%80.00	-	%76.00
Ragab vd. (Ocak 2019)	CNN ROI threshold	DDSM CBIS-DDSM	%79.00 %80.50	%76.30 %77.40	%82.20 %86.00	%88.00 %88.00
Duggento vd. (Mayıs 2019)	CNN	CBIS-DDSM	%71.00	%84.40	-	%77.00
Li vd. (Mayıs 2019)	DenseNet-II	FFDM	%94.55	%95.60	-	-
Chanda ve Sarkar (Eylül 2020)	Efficient Image Segmentation Technique	-	%89.00	%89.00	-	-
Trivizakis vd. (Kasım 2019)	Transfer learning ImageNet	DDSM Mini-MIAS	%74.80 %79.30	-	-	%84.20 %78.00
Yu vd. (Eylül 2020)	VGG19_Fusion1	Mini-MIAS	%89.00	-	%90.00	-
Roy vd. (Eylül 2021)	CNN, CCA, K-means, Fuzzy c-means	DDSM	%90	-	-	-
George (2021)	M-ELBP	DDSM	%86.47	-	-	-

2.2. Veri Seti

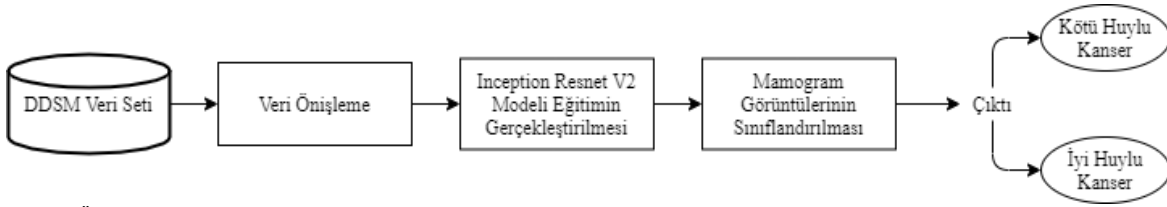
Meme kanserinin tespitinde kullanılan mamogram görüntüleri meme kanserinin erken teşhisi için büyük bir öneme sahiptir. Son yıllarda derin öğrenme ve makine öğrenmesi yöntemleri ile mamogram görüntüleri kullanılarak sınıflandırma çalışmaları yapılmaktadır. Bu çalışmada, DDSM ve CBIS-DDSM veri setlerinden alınan mamogram görüntüleri kullanılmıştır (Şekil 3). Veri setinde sağlıklı, iyi huylu kireçlenme, iyi huylu kitle, kötü huylu kireçlenme ve kötü huylu kitleye sahip 55885 adet veri bulunmaktadır. Ayrıca her iki göğüs içinde hem CC (Kraniokaudal) hem MLO (Mediolateral oblik) görünümünü mevcuttur. Veri setindeki görüntülere ROI segmentasyonu yapılarak görüntüler 299x299 olarak yeniden boyutlandırılmıştır.



Şekil 3. (a) Sağlıklı (b) İyi Huylu (c) Kötü Huylu Mamogram Görüntüleri

2.3. Önerilen Yöntem

Kadınlarda ölüme sebep olan hastalıklar arasında ilk sıralarda meme kanseri gelmektedir. Meme kanserinin ilk aşamalarda tespit edilebilmesiyle ölüm oranları büyük ölçüde düşürülebilmektedir. Son zamanlarda yapay zekâ teknikleri kullanılarak yapılan çalışmalar erken teşhis için umut vadetmektedir. Bu çalışmada, mamogram görüntülerin yapay zekâ teknikleri kullanılarak tespit edilmesi önerilmektedir. Önerilen derin öğrenme modelinde, ilk olarak DDSM veri setinde bulunan mamogram görüntüleri ön işleme aşamasından geçirilmiştir. Daha sonra Inception-Resnet-V2 mimarisi ile meme kanseri iyi huylu ve kötü huylu olarak sınıflandırılmıştır. Şekil 4'te önerilen derin öğrenme modeline ait akış diyagramı verilmektedir. Şekil 4 ile verilen akış diyagramına ait adımlar alt bölümlerde detaylandırılmaktadır.

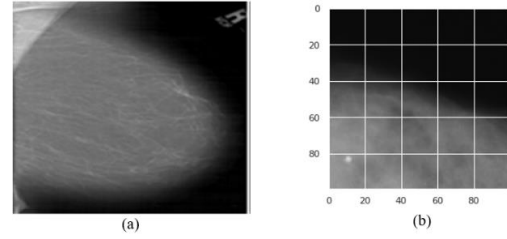


Şekil 4. Önerilen Yönteme ait Akış Diyagramı

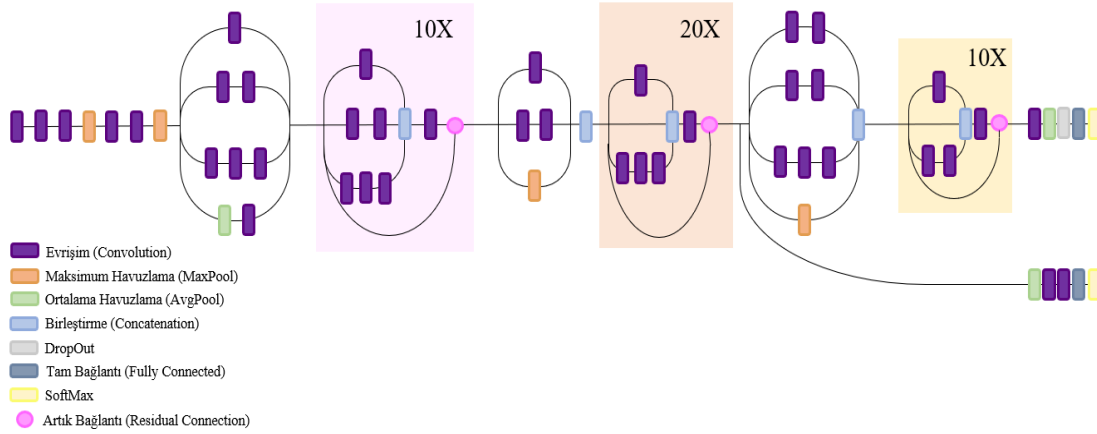
2.3.1. Veri önileme

Çalışmada kullanılan DDSM ve CBIS-DDSM veri setlerinden alınan mamogram görüntüleri dolgu (padding) ile maskelenerek (masking) ilgi bölgeleri (ROI, Region of Interest) çıkarılmıştır. ROI mamogram görüntülerinden kesin bölgeyi tanımlamak için kullanılan önemli bir işlemidir. Bu işlem ultrason veya mamografi gibi görüntülerden bölgesel yoğunlukları tespit ederek kanserli bölgenin konumunu belirlemek ve sınıflandırmayı kolaylaştırmak için yapılmaktadır. Görüntülerden bilgi içermeyen bölümlerin çıkarılması işlemidir. İlgi bölgeleri tespit edilen görüntülerden diğer bölgelerin kırılmasına segmentasyon adı verilmektedir. Bu çalışmada ROI segmentasyonu yapılan görüntüler daha sonra rastgele olarak döndürülmektedir. Elde edilen mamogram görüntüleri önce 299×299 olarak yeniden şekillendirilmiştir. Daha sonra 100×100 olarak yeniden

boyutlandırılmıştır. Son olarak, veri setinde bulunan görüntüler %80 eğitim, %20 test olmak üzere ayrılmaktadır. Şekil 5 (a) ve (b) ile sırasıyla önileme öncesi ve sonrası elde edilen mamogram görüntüleri verilmektedir.



Şekil 5. (a) Önileme Öncesi Mamogram Görüntüsü (b) Önileme Sonrası Mamogram Görüntüsü

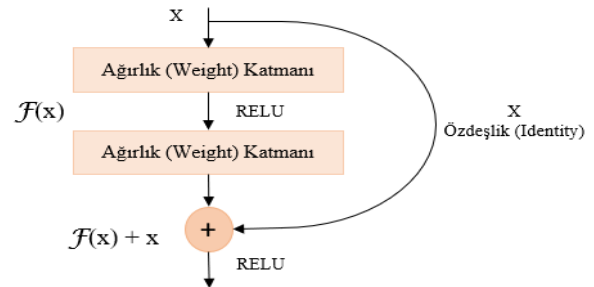


Şekil 6. Inception-ResNet-V2 Ağ Mimarisi

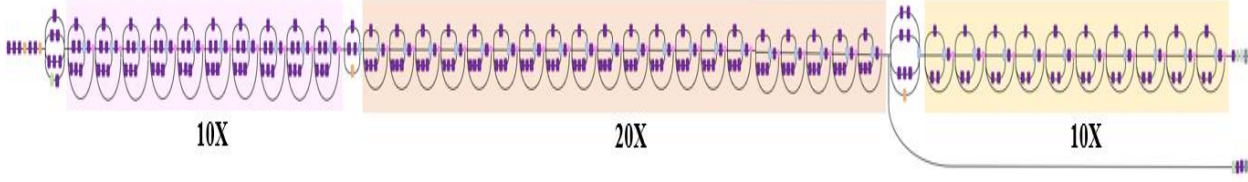
2.3.2. Inception-ResNet-V2 modeli

Bu çalışmada Inception-ResNet-V2 mimarisi ile mamogram görüntülerinin sınıflandırılması önerilmektedir. Inception-ResNet-V2, geliştirilmiş tanıma ve sınıflandırma performansı ile Inception ve ResNet mimarilerinin bir araya getirilmesi ile oluşturulmuş bir modeldir. Resnet mimarisi derine, Inception ise enine gitmekle ilgilidir. Bu nedenle Inception-ResNet-V2 mimarisi ile hem derine hem enine gitmek konusunda optimum sonucu elde edebiliriz. Inception-ResNet-V2, Inception mimari ailesini temel alan ve artık bağlantıları (residual connection) içeren evrişimli sinir ağı algoritmasıdır (Şekil 6). Artık bağlantılar, model eğitilirken kısa yollara izin vererek araştırmacıların, daha iyi performansa ulaşmalarını sağlayan daha derin sinir ağlarını başarılı bir şekilde eğitmelerini sağlamaktadır. Bu aynı zamanda başlangıç

bloklarının önemli ölçüde basitleştirilmesini de sağlar. Bu yapı, ilk evrişim işleminin boyutunu 1×1 olarak değiştirerek artık katmanın optimizasyonunu sağlar (Şekil 7). Ayrıca öğrenmenin durduğu koşullarda bile çıkışa bir önceki aktivasyon değerini aktarma üzerine kurulmuştur [19].



Şekil 7. Artık Bağlantı (Residual Connection)



Şekil 8. Inception-ResNet-V2 Mimarisi (Sıkıştırılmış Görünümü)

2.3.3. Performans değerlendirme ölçütleri

Bu çalışmada, önerilen Inception-ResNet-V2 derin öğrenme modelinin etkinliği DDSM ve CBIS-DDSM veri setlerinden alınan mamogram görüntüleri kullanılarak analiz edilmiştir. Algoritmanın, meme kanseri teşhisinde üstünlüğünü kanıtlamak için diğer derin öğrenme modelleri ile karşılaştırmalar yapılmıştır. Karşılaştırma ölçütleri olarak; karmaşıklık matrisi (confusion matrix), doğruluk (accuracy), kesinlik (precision), geri çağırma (recall), F-ölçütü (F score), eğri altında kalan alan (area under the curve), Cohen kappa ölçütü (Cohen kappa score) performans değerlendirme ölçütleri kullanılmıştır.

Karmaşıklık Matrisi: Sınıflandırma işlemlerinde kullanılan bir performans ölçütüdür. Sınıf sayısı kadar sütun ve satırdan oluşan ve her hücrede farklı bir değer tutan tablodur (Tablo 2). Tahmin edilen ve gerçek değerlerden oluşan sayıları temsil etmektedir. Karmaşıklık matrisinden yararlanılarak doğruluk, kesinlik, geri çağırma, F-ölçütü gibi değerler hesaplanabilmektedir.

Tablo 2. Karmaşıklık Matrisi

		Tahmin Edilen Sınıf	
		0	1
Gerçek Sınıf	0	Doğru Negatif (DN)	Yanlış Negatif (YN)
	1	Yanlış Pozitif (YP)	Doğru Pozitif (DP)

- Doğru Negatif: Hastanın iyi huylu kitleye sahip olduğunu ifade eder.
- Doğru Pozitif: Hastanın kötü huylu kitleye sahip olduğunu ifade eder
- Yanlış Negatif: Kötü huylu kitleye sahip olan kişiye yanlış bir şekilde iyi huylu kitle teşhisi koyulduğunu ifade eder.
- Yanlış Pozitif: İyi huylu kitleye sahip olan kişiye yanlış bir şekilde kötü huylu kitle teşhisi koyulduğunu ifade eder.

Doğruluk: Doğru olarak sınıflandırılan değerlerin tüm değerlere oranıdır.

$$\text{Doğruluk} = \frac{DN + DP}{DN + YN + YP + DP} \quad (1)$$

Kesinlik: Doğru olarak sınıflandırılmış pozitif değerlerin tüm pozitif değerlere oranıdır.

$$\text{Kesinlik} = \frac{DP}{YP + DP} \quad (2)$$

Geri Çağırma: Doğru olarak sınıflandırılmış pozitif değerlerin gerçek pozitif değerlere oranıdır.

$$\text{Geri Çağırma} = \frac{DP}{YN + DP} \quad (3)$$

F-Ölçütü: Kesinlik ve geri çağırma değerlerinin harmonik ortalaması olarak hesaplanan performans ölçütüdür.

$$F - \text{Ölçütü} = \frac{2 * \text{Kesinlik} * \text{Geri Çağırma}}{\text{Kesinlik} + \text{Geri Çağırma}} \quad (4)$$

Eğri Altında Kalan Alan: Yöntemler arasında tutarlı bir karşılaştırma yapabilmek için kullanılan bir başka ölçüt ROC (Receiver Operator Characteristic) eğrisinin altında kalan alanın hesaplanmasıyla elde edilmektedir. Pozitif sınıfı, negatif sınıftan ne kadar ayırdığı sonucunu vermektedir. AUC değeri arttıkça sınıflar arasındaki ayırım yeteneği artmaktadır.

Cohen Kappa Ölçütü: Sınıflandırıcının ne kadar iyi bir performans gösterdiğinin sonucudur. Kategorik niteliklerin değerlendirilmesinde iki gözlemci arasındaki uyumu ölçen istatistiktir. Gözlemci sayısı ikiden çoksa Fleiss Kappa ölçütü kullanılmaktadır. Cohen kappa değeri +1 ile -1 arasında değerler almaktadır. Eğer Cohen kappa değeri +1 ise iki değerlendirme arasındaki uyumun tam olduğu söylenmektedir. Cohen kappa değeri 0 olursa şansa bağlı olarak uyumlu oldukları aksi halde aralarında uyum olmadığı söylenmektedir. Cohen kappa değeri -1 ise uyumsuzluğun tam olduğu söylenmektedir.

3. DENEY SONUÇLARI

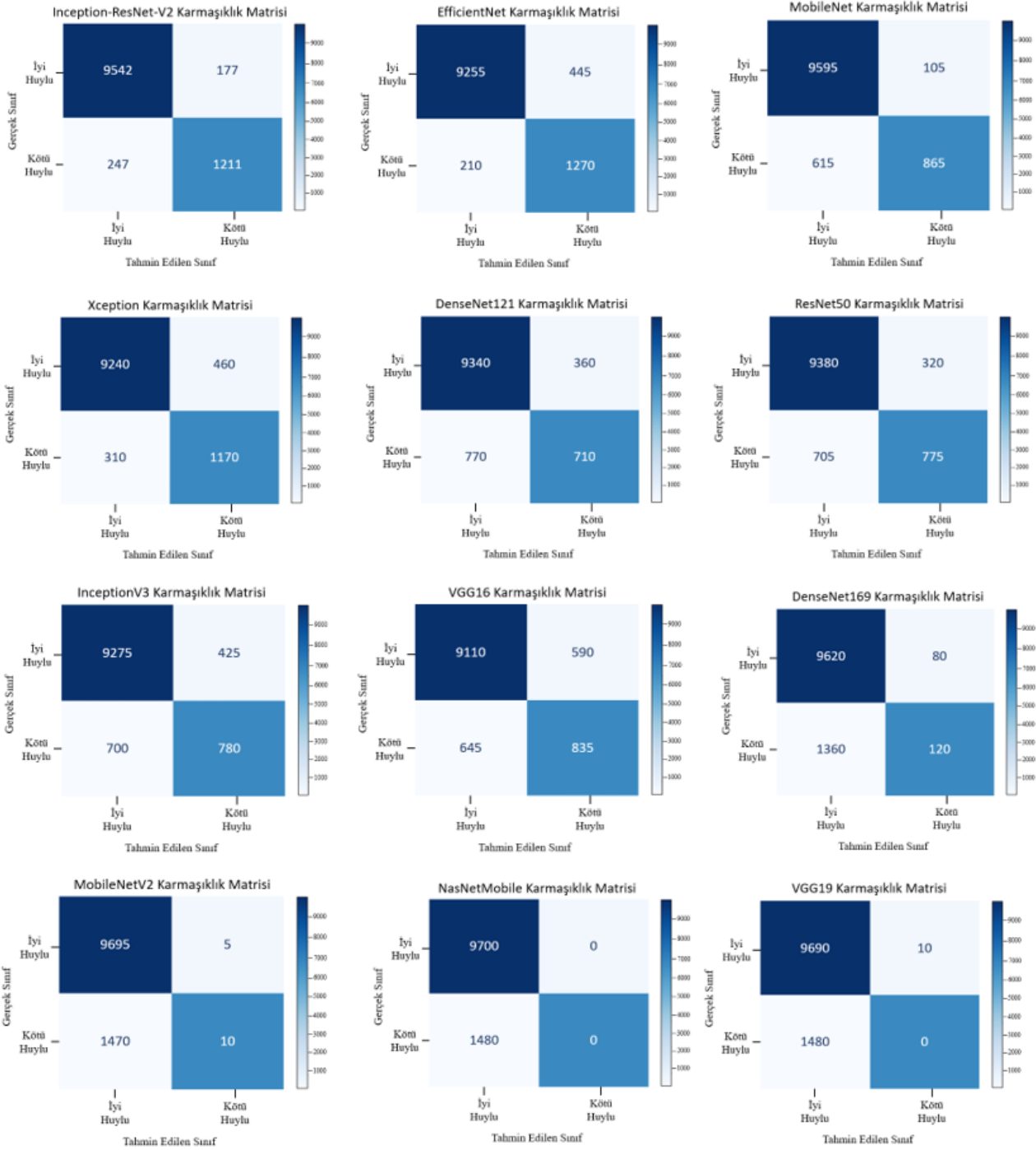
Bu çalışmada, mamogram görüntüleri iyi huylu ve kötü huylu şeklinde sınıflandırılarak meme kanserinin erken teşhisine katkı sağlanması hedeflenmektedir. Önerilen Inception-ResNet-V2 derin öğrenme modeli ile öncelikle mamogram görüntüleri dolgu ile maskelenerek ilgi bölgeleri çıkartılmıştır. Segmentasyon işlemi ile görüntüler kırılmış ve kırılan mamogram görüntüleri önce 299×299 boyutlarında yeniden şekillendirilmiştir. Daha sonra, 100×100 ölçümlerinde yeniden boyutlandırıldı. Sınıflandırma aşamasında Inception-ResNet-V2 modeli ile elde edilen sonuçlar DenseNet121, DenseNet169, EfficientNet, InceptionV3,

MobileNet, MobileNetV2, NasNetMobile, ResNet50, VGG16, VGG19 ve Xception derin öğrenme modelleri ile karşılaştırılmıştır (Şekil 10). Deneyler Windows 10 işletim sisteminde Python 3.5.8 sürümü kullanılarak ve 12 GB RAM'e sahip (Intel® Core™ i5-7200U CPU @ 2.50GHz 2.71GHz) bilgisayarda gerçekleştirilmiştir.

Deney sırasında kullanılan diğer derin öğrenme mimarileri Tablo 3'te özetlenmiştir.

Tablo 3. Kullanılan Derin Öğrenme Mimarilerinin Açıklamaları

Derin Öğrenme Mimarileri	Özellikleri
DenseNet121	En önemli avantajı, özellik yayılımını gerçekleştirmek ve özelliğin yeniden kullanılmasına olanak sağlayarak parametre sayısını indirmektir.
DenseNet169	DenseNet121 mimarisinin özelliklerine sahiptir. DenseNet169 mimarisi 169 katmandan oluşan evrişimli sinir ağı mimarisidir. Görüntü sınıflandırma işlemlerinde sıklıkla tercih edilmektedir.
EfficientNet	2019 Senesinde Google araştırma ekibi tarafından önerilmiştir. Tasarımdaki temel ilke yapay sinir ağının ölçeklenmesini orantısal şekilde yapmasıdır.
InceptionV3	Görüntü analizine ve nesne algılamaya yardımcı olmak için kullanılan evrişimli bir sinir ağıdır.
MobileNet	Google Araştırma ekibinden Andrew G. Howard ve arkadaşları tarafından önerilen derin öğrenme modelidir. Sınıflandırma, algılama, yerleştirme ve segmentasyon gibi işlemlerde kullanılmaktadır.
MobileNetV2	MobileNet ile aynı özelliklere sahiptir, ama MobileNet modeline göre daha hızlı çalışmaktadır.
NasNetMobile	Pekiştirmeli öğrenme kullanılarak optimize edilmiş temel yapı taşlarından (hücrelerden) oluşan ölçeklenebilir bir CNN mimarisidir.
ResNet50	50 katman derinliğine ve artık bağlantılara sahip evrişimli sinir ağıdır.
VGG16	Evrişim katmalarının 2'li ya da 3'lü kullanması özelliği ile diğer mimarilerden ayrılan basit bir ağ modelidir.
VGG19	Oxford Üniversitesi bünyesindeki Visual Geometry Group tarafından önerilmiştir. VGG19 modeli 143.667.240 parametreye sahiptir.
Xception	Derinlemesine ayrılabilir evrişimleri içeren derin bir evrişimli sinir ağı mimarisidir. Google araştırmacıları tarafından geliştirilmiştir.



Şekil 9. Derin Öğrenme Modellerini2n Karmaşıklık Matrisleri Sonuçları

Şekil 9 ile verilen karmaşıklık matrisleri ile tüm modellerin doğruluk, kayıp değeri (LOSS), geri çağırma (REC), kesinlik (PRE), F-ölçütü (FSC) ve AUC

performans değerlendirme ölçütleri hesaplanmış ve Cohen Kappa (KAPPA) ölçütü ile önerilen modelin etkinliği ve performansı analiz edilmiştir (Tablo 4).

Tablo 4. Deneylede Kullanılan Derin Öğrenme Modellerin Performans Ölçütleri

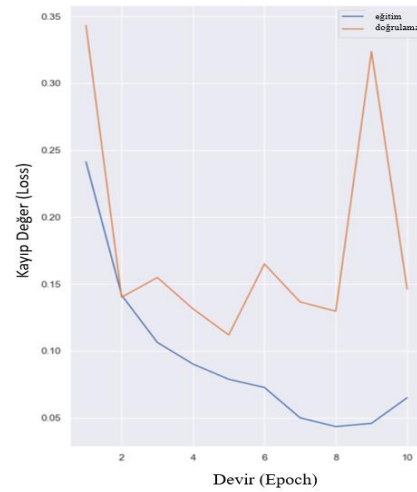
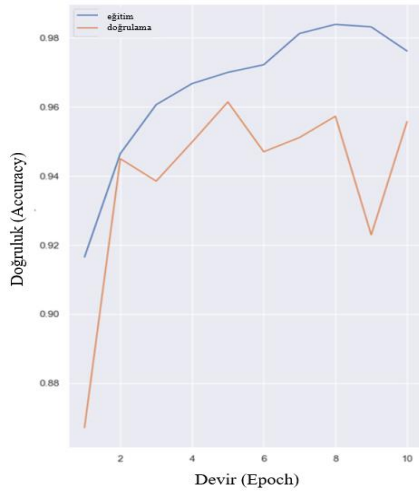
	ACC	LOSS	REC	PRE	FSC	KAPPA	AUC
InceptionResNetV2	%96.21	%10.49	%97.48	%96.18	%97.83	0.83	%98.00
EfficientNet	%94.14	%15.64	%97.78	%95.41	%96.58	0.76	%97.00
MobileNet	%93.56	%23.14	%93.98	%93.92	%96.38	0.67	%92.00
Xception	%93.11	%18.85	%96.75	%93.26	%96.00	0.71	%95.00
DenseNet121	%91.01	%26.82	%92.38	%89.29	%94.30	0.50	%90.00
ResNet50	%90.83	%23.92	%93.01	%90.70	%94.82	0.55	%92.00
InceptionV3	%90.00	%25.68	%92.98	%89.62	%94.28	0.52	%90.00
VGG16	%88.95	%28.71	%93.39	%88.92	%93.65	0.51	%87.00
DenseNet169	%87.12	%32.88	%87.61	%84.18	%93.04	0.12	%79.00
MobileNetV2	%86.81	%35.79	%86.83	%87.95	%92.93	0.01	%80.00
NASNetMobile	%86.76	%40.91	%86.76	%75.00	%92.91	0.00	%75.00
VGG19	%86.67	%39.44	%86.75	%75.00	%92.86	-0.01	%85.00

Tablo 4 ile verilen sonuçlar incelendiğinde, diğer derin öğrenme modelleri ile kıyaslandığında önerilen Inception-ResNet-V2 derin öğrenme modeli ile en iyi değerler elde edilmiştir. Inception-ResNet-V2 modelinin evrişim katmanlarının hem derine hem de enine büyüyebilmesi ve sahip olduğu artık bağlantılar, diğer derin öğrenme modellerinden daha yüksek başarı sergilemesine destek sağlamıştır. Şekil 9 ile verilen karmaşıklık matrislerinde, önerilen model ile her iki sınıf için de en doğru tahmin sonuçlarının elde edildiği görülmektedir. Tıbbi teşhis araştırmalarında, PRE ve REC performansı raporlamak için kullanılan ana ölçütlerdir. FSC, tıbbi teşhislerde performansın raporlanmasında da önemlidir, çünkü kesinlik ve hatırlamayı karşılaştırmalar için kullanımı daha basit olan bir yöntem olan tek bir metrik altında birleştirir. Tıp camiasında, yanlış bir negatif normalde yanlış pozitiften daha yıkıcıdır. Yani, kötü huylu tümöre sahip hastaya,

iyi huylu etiketi verilmesi oldukça kritik bir hatadır. Bu nedenle PRE ve REC ölçümlerinin harmonik ortalaması olarak hesaplanan FSC daha iyi bir performans değerlendirme ölçütüdür. Tablo 4 ile verilen FSC değerleri incelendiğinde ise yine en iyi sonuçlara önerilen model ile erişildiğini söyleyebiliriz. Önerilen modelin doğruluk oranını ve öğrenme hızını ölçmek için doğruluk ve kayıp değer grafikleri çizilmektedir. Kayıp değer azaldıkça kullanılan modelin doğruluk oranı yani başarısı artmaktadır. Diğer yandan, derin öğrenme modellerinin diğer geleneksel algoritmalar ile birlikte uygulanması sonucu elde edilen performans ölçütleri Tablo 5 ile verilmektedir. Önerilen Inception-ResNet-V2 derin öğrenme modeli ile eğitim aşamasından sonra elde edilen doğruluk ve kayıp değer grafikleri Şekil 10 ile verilmektedir.

Tablo 5. Derin Öğrenme Modellerin Gelenek Algoritmalar ile Birlikte Uygulanması Sonucu Elde Edilen Performans Ölçütleri

	ACC	FSC	KAPPA	REC	PRE
InceptionResnetV2+KNN	%85.80	0.83	0.14	0.86	0.82
InceptionResnetV2+SVM	%87.03	0.81	0.0	0.87	0.76
InceptionResnetV2+RForest	%86.58	0.83	0.14	0.87	0.82
InceptionResnetV2+AdaBoost	%86.92	0.82	0.07	0.87	0.82
InceptionResnetV2+XGB	%86.73	0.83	0.16	0.87	0.83
VGG19+KNN	%88.08	0.84	0.19	0.88	0.87
VGG19+RForest	%88.84	0.86	0.28	0.89	0.88
VGG19+AdaBoost	%88.58	0.87	0.41	0.89	0.87
VGG19+XGB	%90.84	0.90	0.52	0.91	0.90
DenseNet169+KNN	%89.43	0.88	0.42	0.89	0.88
DenseNet169+RForest	%90.38	0.89	0.46	0.90	0.89
DenseNet169+AdaBoost	%90.75	0.90	0.56	0.91	0.90
DenseNet169+XGB	%92.45	0.92	0.63	0.92	0.92



Şekil 10. Önerilen Modelin Doğruluk ve Kayıp Değeri Grafikleri

Tablo 5’de derin öğrenme modelleri, makine öğrenmesi algoritmalarından k-en yakın komşu (KNN), destek vektör makineleri (SVM), rasgele orman (RForest), AdaBoost ve aşırı gradyan artırma (XGBoost) ile birlikte uygulanarak performansları karşılaştırılmıştır. Tablo 4 ve Tablo 5 incelendiğinde önerilen InceptionResnetV2 derin öğrenme modelinin, diğer modellere göre üstünlüğünü kanıtlamaktadır.

4. SONUÇ

Meme kanseri, en yaygın görülen ve ölümlere sebebiyet veren kanser türleri arasındadır. Meme kanserinde ölüm oranlarını azaltmanın en iyi yöntemi hastalığın erken teşhisidir. Bu çalışmada, meme kanserinin erken teşhis edilebilmesi için Inception-ResNet-V2 derin öğrenme modeli önerilmiştir. Inception-ResNet-V2 modeli Inception ve ResNet modellerinin bir araya getirilmesi ile oluşturulan melez bir modeldir. Önerilen derin öğrenme modeli ile %96.21 doğruluk, %97.48 geri çağırma, %98.18 kesinlik, %97.83 F-ölçütü, %98.00 eğri altında kalan alan ve 0.83 Cohen kappa performans değerleri elde edilmiştir. Meme kanseri tespitinde kötü huylu tümörlerin tespiti oldukça önemlidir. Sonuçlar değerlendirildiğinde, önerilen derin öğrenme mimarisıyla hem iyi huylu hem de kötü huylu tümörlerin en iyi şekilde tahmin edildiği görülmektedir. Gelecekte, önerilen derin öğrenme mimarisinin farklı önışleme adımları ve makine öğrenmesi algoritmaları ile bir araya getirilmesi ile hata oranlarının enaza indirgenmesi hedeflenmektedir. Ayrıca, farklı veri setleri ile önerilen modelin etkinliği ve gürbüzlüğünün kanıtlanması planlanmaktadır.

Gelecekte farklı derin öğrenme mimarileri kullanılarak geniş ve derin bir veri seti üzerinde doğruluk değerini artırmaya yönelik çalışmaların yapılması ve modelin etkinliği ve gürbüzlüğünün kanıtlanması hedeflenmektedir. Derin öğrenme alanındaki donanımsal gelişmeler takip edilerek göğüs kanseri teşhisinde yapılacak farklı çalışmalar ile literatüre önemli katkıların yapılması planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Anonim [İnternet]. Kanser Nedir?; 2021[Erişim 5 Haziran 2021] Erişim Linki: <https://hsgm.saglik.gov.tr/kanser-nedir-belirtileri>
- [2] Akram M., Iqbal M., Daniyal M., Khan A. U. Awareness and current knowledge of breast cancer. *Biological research*. 2017;50(1): 1-23.
- [3] Bray F., Ferlay J., Soerjomataram I., Siegel R. L., Torre L. A., Jemal A. Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *Cancer Journal for Clinicians*. 2018;68(6):394-424.
- [4] Wild C. P., Weiderpass E., Stewart B. W. World Cancer Report: Cancer Research for Cancer Prevention. International Agency for Research on Cancer. Lyon, France, <http://publications.iarc.fr/586>. Licence: CC BY-NC-ND 3.0 IGO, 2020.
- [5] Duggento A., Aiello M., Cavaliere C., Cascella G. L., Cascella D., Conte G., Guerrisi M., Toschi N. An ad hoc random initialization deep neural network architecture for discriminating malignant breast cancer lesions in mammographic images. *Contrast media & molecular imaging*. 2019.
- [6] Gastounioti A., Conant E. F., Kontos D. Beyond breast density: a review on the advancing role of parenchymal texture analysis in breast cancer risk assessment. *Breast cancer research*. 2016;18(1):1-12.
- [7] Jadoon M. M., Zhang Q., Haq I. U., Butt S., Jadoon A. Three-Class Mammogram Classification Based on Descriptive CNN Features. *BioMed research international*. 2017.
- [8] Hepsağ P. U., Özel S. A., Yazıcı A. Using deep learning for mammography classification. *International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK)*. 2017;418-423. doi: 10.1109/UBMK.2017.8093429.
- [9] Nahid A., Mehrabi M. A., Kong Y. Histopathological breast cancer image classification by deep neural network techniques guided by local clustering. *BioMed research international*. 2018.

- [10] Zhang Y., Pan C., Chen X., Wang F. Abnormal breast identification by nine-layer convolutional neural network with parametric rectified linear unit and rank-based stochastic pooling. *Journal of Computational Science*.2018;27:57-68.
- [11] Sivasakthiselvan S., Sahoo S., Panda A., Mishra R. Image classification toward breast cancer. *International Journal of Research in Engineering and Science*. 2018;6(8):129-139.
- [12] Behera A., Behera S., Das F., Kumar B. Malignant classification of mammogram images based on deep learning. *International Journal of Research in Engineering and Science*. 2018;6(9):35-46.
- [13] Ahmed A. H., Salem M. A. M. Mammogram Based Cancer Detection Using Deep Convolutional Neural Networks. 13th International Conference on Computer Engineering and Systems (ICCES). 2018;694-699.
- [14] Ragab D. A., Sharkas M., Marshall S., Ren J. Breast cancer detection using deep convolutional neural networks and support vector machines. *PeerJ*. 2019.
- [15] Li H., Zhuang S., Li D., Zhao J., Ma Y. Benign and malignant classification of mammogram images based on deep learning. *Biomedical Signal Processing and Control*. 2019;51:347-354.
- [16] Chanda P. B., Sarkar S. K. Detection and Classification of Breast Cancer in Mammographic Images Using Efficient Image Segmentation Technique. *Advances in Control. Signal Processing and Energy System*. 2020;107-117.
- [17] Trivizakis E., Ioannidis G. S., Melissianos V. D., Papadakis G. Z., Tsatsakis A., Spandidos D. A., Marias K. A novel deep learning architecture outperforming ‘off-the-shelf’ transfer learning and feature-based methods in the automated assessment of mammographic breast density. *Oncology reports*. 2019;42(5):2009-2015.
- [18] Yu X., Pang W., Xu Q., Liang M.. Mammographic image classification with deep fusion learning. *Scientific Reports*. 2020;10(1):1-11.
- [19] He K., Zhang X., Ren S., Sun J. Deep residual learning for image recognition. *IEEE conference on computer vision and pattern recognition*. 2016. 770-778.



Alizarin Red S'in Silika Jel Üzerindeki Çözeltiden Adsorpsiyonu: Denge İzotermi ve Kinetik İncelemeler

İbrahim GÖZETEN^{1*}, Ali SAVRAN²

¹ Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Van, Türkiye

² Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Van, Türkiye

İbrahim GÖZETEN ORCID No: 0000-0003-0346-9958

Ali SAVRAN ORCID No: 0000-0003-2099-7277

*Sorumlu yazar: ibrahim6349@hotmail.com

(Alınış: 26.07.2021, Kabul: 15.09.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Anahtar Kelimeler

Adsorpsiyon,
Alizarin Red S,
İzoterm,
Kinetik,
Silikajel

Öz: Bu çalışmada, alizarin red S'in silika jel üzerine çözeltiden adsorpsiyonu araştırılmıştır. pH, adsorbent konsantrasyonu ve temas süresi gibi etkenlerin alizarin red S boyar maddesinin adsorpsiyon davranışı üzerindeki etkisi incelenmiştir. 25 °C sıcaklıkta, 20 mg adsorban ve 20 mg/L adsorbat çözeltilerle alizarin red S'in adsorpsiyon kinetiği, yalancı birinci mertebeden ve yalancı ikinci mertebeden modelleri olmak üzere iki kinetik model kullanılarak araştırılmıştır. Adsorpsiyonun sıcaklıkla ilişkisini saptamak için sabit pH = 7'de ve 40 °C sıcaklıkta denemeler yapılmıştır. Deneysel verilerden hareketle kinetik parametreler ve korelasyon katsayıları belirlenmiştir. Alizarin red S'in üzerine adsorpsiyonu için denge izotermi deneysel olarak ölçülmüştür. Deneysel verilerin Langmuir, Freundlich, DKR, BET ve Temkin izotermine uyumu araştırılmıştır. Her izoterm karakteristik parametreleri belirlenmiştir. Sonuçlar, olayın ekzotermik ve kendiliğinden yürüyen fiziksel bir adsorpsiyon olduğunu göstermiştir.

223

Adsorption of Alizarin Red S from Solution on Silicagel: Equilibrium Isotherms and Kinetic Investigations

Keywords

Adsorption,
Alizarin Red S,
Isotherm,
Kinetics,
Silicagel.

Abstract: In this study, the adsorption of alizarin red S from solution on silica gel was investigated. The effects of factors such as pH, adsorbent concentration and contact time on the adsorption behavior of alizarin red S dyestuff were investigated. The adsorption kinetics of alizarin red S with 20 mg adsorbent and 20 mg/L adsorbate solutions at 25 °C were investigated using two kinetic models: pseudo-first-order and pseudo-second-order models. The experiments were carried out at constant pH = 7 and 40 °C to determine the relationship between adsorption and temperature. Based on experimental data, kinetic parameters and correlation coefficients were determined. Equilibrium isotherms for the adsorption of alizarin on red S were measured experimentally. The compatibility of the experimental data with the isotherms of Langmuir, Freundlich, DKR, BET and Temkin was investigated. Characteristic parameters of each isotherm are determined. The results showed that the event is an exothermic and spontaneous physical adsorption.

1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji ile beraber çevreye atılan organik ve inorganik kirleticiler her geçen gün artmaktadır. Sentetik boyaların organik kirleticiler içinde önemli bir etkisi vardır. Bu boyalar, tekstil, kağıt üretimi, deri tabaklama, gıda teknolojisi, saç boya ve foto elektrokimyasal hücreler olmak üzere birçok endüstriyel alanlarda kullanılmaktadır [1-7]. Sanayi alanlarda yılda on binden fazla boya çeşidi kullanıldığı tahmin edilmektedir. Kullanılan bu boyaların yaklaşık % 10-15'i doğrudan

atık olarak doğaya akıtılmaktadır [8]. Birçok boya ve boya içerikli ürün toksik ve kanserojen olduğundan, sentetik boyaların atık sularından uzaklaştırılması son yıllarda sağlık güvenliği açısından önemli bir çalışma alanı olmuştur [9-10]. Alizarin Red S (ARS) suda çözünür bir antrakinon boyasıdır ve tekstil endüstrisinde boyama maddesi olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. En inatçı ve dayanıklı kirleticilerden biri olarak kabul edilmektedir [10-13]. Bunun nedeni, yüksek optik ve fizikokimyasal stabilite sağlayan karmaşık aromatik halkalı yapılara sahip olmasıdır [14,15]. Ayrıca zehirli bir boya olduğu düşünüldüğünden

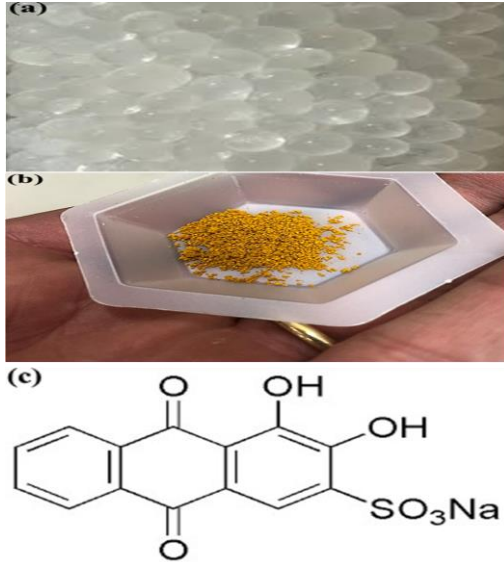
suda çözünürlüğünün yüksek olmasından dolayı sudaki canlı hayatı olumsuz etkilemektedir. Hem inorganik hem de organik bu kirleticilerin sulu ortamdan uzaklaştırmak için çöktürme, membran teknolojisi, iyon değişimi, elektro-koagülasyon ve adsorpsiyon gibi birçok farklı tekniğin kullanıldığı bilinmektedir. Ancak, adsorpsiyon işlemi; kullanım kolaylığı, tasarım basitliği ve düşük maliyetli olması nedeniyle atık sularındaki organik ve inorganik kirleticilerin uzaklaştırmada çok tercih edilen bir yöntemdir [16-18]. Sulu çözelti ortamından çeşitli kirletici türlerini giderme adına adsorban olarak çok çeşitli sentetik ve doğal adsorbanlar kullanılmaktadır [19-24]. Silika jelin (SG) yüzeyi, silanol gruplarının (Si-OH) varlığı nedeniyle yüksek kimyasal reaktivite sunar ve geniş gözenek kanalları, belirli adsorbatların seçici bir şekilde adsorpsiyonuna mükemmel olanak sağlar. Mikro-mezo gözenekli bir malzeme olarak SG, esas olarak SiO₂'den oluşur. Dayanıklılık, geniş gözenek kanalları, olası yeniden kullanım, düşük fiyat, mükemmel kimyasal stabilite, yüksek yüzey alanı ve yüksek mekanik direnç gibi özellikleri nedeniyle SG, atık suların arıtımı için adsorban olarak kullanılmaktadır [25-31]. Bu nedenle, sulu çözelti ortamında ARS'nin uzaklaştırılmasında adsorbans olarak SG tercih edilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

2.1.1. Kullanılan Kimyasal Maddeler

Alizarin Red S ve Silika jel (40-63 µm) (Sigma-Aldrich'den satın alındı), NaOH Çözeltisi (0,1 N), HNO₃ çözeltisi (0.1 N)



Şekil 1. (a) Silika jel yapısı, (b) Alizarin red S'in şekli [32], (c) Alizarin red S'in kimyasal yapısı

2.1.2. Kullanılan Araç ve Gereçler

UV spektroskopisi (Hitachi), pH metre (Jeway), Elektronik Terazı (Radweg), Santrifuj (Hettich), Etüv (Philip Harris), Karıştırıcı (Velp Scientifica), Süzgeç Kağıdı (Mavi band), Cam malzemeler (pipet, balon jöje, mezür, erlen, beher ve huni)

2.2. Metot

Deney başlangıcında alizarin red S'in 1000 mg/L (1g ARS boyar madde + 1000 ml saf su) stok çözeltisi hazırlandı. Deneyler boyunca uygun şartlarda muhafaza edildi. Bu stok çözeltisi, çalışmada 10, 20, 30, 40 ve 50 mg/L'lik çözeltilere seyreltilerek kullanıldı. 10, 20, 30, 40 ve 50 mg/L çözeltilerin pH'ları 2, 3, 4, 7 ve 10 olarak pH metrede 0.1 N NaOH ve 0.1 N HNO₃ ile ayarlandı. Bütün izoterm denge çalışmaları 25 °C'de, 20 mg adsorbanslarla ve 2, 3, 4, 7 ve 10 pH'larda yapıldı. Ek olarak, adsorpsiyonun sıcaklıkla değişimini anlamak amacıyla pH 7'de, 40 °C'de ve 20 mg/L'lik çözeltilerle de kinetik çalışmalar yapıldı. Adsorban olarak 0.038 mm tanecik boyutlu silika jel kullanıldı. Çözeltide adsorlanmadan çözelti ortamında kalan adsorbent madde miktarının tespiti UV-vis spektrometresi (Hitachi model) ile yapıldı. Adsorpsiyon sonucu adsorplanan adsorbent madde miktarını ifade eden q_e (mg/g) değeri de eşitlik (1)'den bulunmuştur.

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)V}{W} \quad (1)$$

Burada, C₀ (mg/L) başlangıç derişimini, C_e (mg/L) denge derişimini, V (L) çözeltinin hacmini, W (g) adsorbantin ağırlığını göstermektedir.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1. İzoterm Modelleri

3.1.1. Langmuir İzotermi

$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_{\max}} + \frac{1}{q_{\max} K_L} \cdot \frac{1}{C_e}$ şeklinde verilen Langmuir [33]

denkleminde yararlanarak $\frac{1}{q_e}$ ile $\frac{1}{C_e}$ grafikleri

çizilmiştir. Çizilen grafiklerin kaymalarından q_{\max} , eğimlerinden K_L değerleri belirlenmiştir. R_L değeri ise

$$R_L = \frac{1}{1 + K_L C_0}$$
 denkleminde hesaplanmıştır.

K_L : adsorpsiyon denge sabitini, q_m : tek tabaka kapasitesi ya da doygunluk kapasitesini (mol/g), C_e : adsorpsiyon tamamlandıktan sonra çözeltide kalan madde konsantrasyonu (mol/L), q_e : dengede adsorplayıcı yüzeyinde tutunan madde miktarını (mol/g) göstermektedir.

R_L değerleri, adsorpsiyon işleminin uygunluğunu belirler. R_L değeri 0-1 arasında ($0 < R_L < 1$) yer alıyorsa, adsorpsiyon işlemi uygundur. R_L değeri birden büyükse ($1 < R_L$), adsorpsiyon işlemi uygun değildir. R_L değeri 1 eşitse ($R_L = 1$), o zaman adsorpsiyon süreci doğrusaldır. R_L değeri sıfır ise ($R_L = 0$), o zaman adsorpsiyon süreci doğası gereği geri döndürülemezdir [34]. Bu çalışmada, ARS'in başlangıç konsantrasyonları için hesaplanan R_L değerleri 0,132-0,565 arasında bulunmuştur. Elde edilen R_L değerlerinin 0-1 arasında olması, ARS'in SG

üzerine adsorpsiyonu Langmuir izotermine uyduğunu göstermektedir.

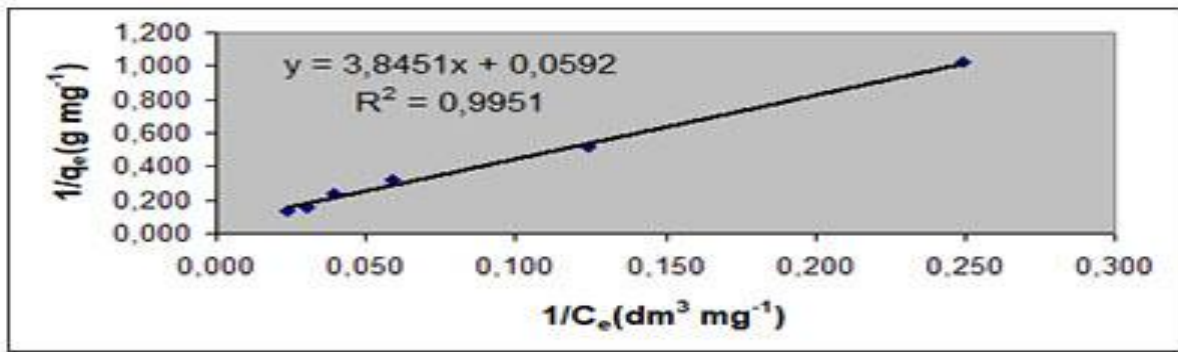
Deneysel sonuçlar Langmuir izotermine uyup uymadığı araştırılarak izoterm sabitleri hesaplanmıştır. Bu sabitler tablo 1 de verilmiştir. Elde edilen bu verilere göre, eğrilerin R2 değerleri (0.884-0.995) silika jel üzerinde alizarin red S çözeltisinin adsorpsiyonun Langmuir izotermine uyumlu olduğunu göstermektedir. Silika jelin maksimum adsorplama kapasitesini gösteren q_{max} en yüksek değeri pH 2 ve 25 °C de saptanmıştır (21.10 mg g-1). Boyutsuz RL katsayısı, silika jelle adsorpsiyonun 50 mg/L başlangıç derişimine göre hesaplanmış ve değerleri 0.132-0.565 arasında değiştiği gözlenmiştir. RL değerlerinin 0-1 arasında çıkması bu adsorpsiyon olayının Langmuir izotermine uyduğunu göstermektedir [33, 34, 40].

3.1.2. Freundlich İzotermi

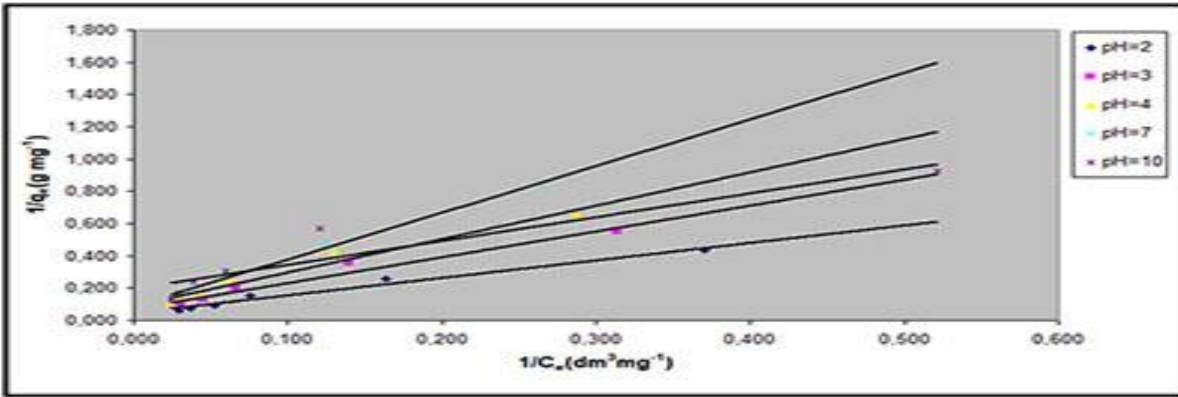
$$\ln q_e = \ln k_f + \frac{1}{n} (\ln C_e) \quad \text{formülüyle verilen}$$

Freundlich [35] denkleminde yararlanarak $\ln q_e - \ln C_e$ grafikleri çizilmiştir. Çizilen grafiklerin eğimlerinden n değerleri, kaymalarından da q_e değerleri hesaplanmıştır.

K_F : Adsorbentin adsorpsiyon kapasite sabitini (L/g), C_e : adsorplanmadan çözelti ortamında kalan derişimi (mg/L) q_e : Adsorplanan madde miktarını (mg/g), n: adsorpsiyonun şiddetini göstermektedir. n sabitinin değeri 1'den büyük çıkması adsorpsiyonun Freundlich izotermine uyduğunun göstergesi olarak kabul edilmektedir [34,35].



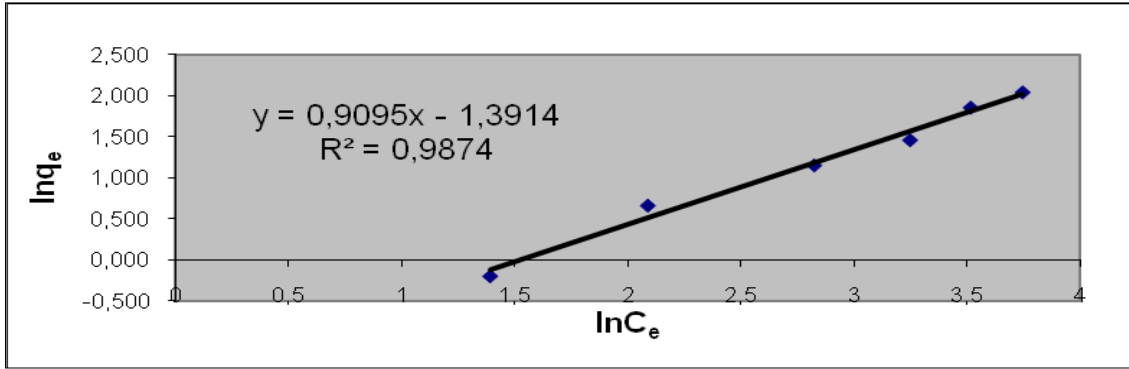
Şekil 2. 40 °C sıcaklıkta silika jel üzerine alizarin red S'in çözeltiden adsorpsiyonuyla ilgili Langmuir izotermi (pH=7).



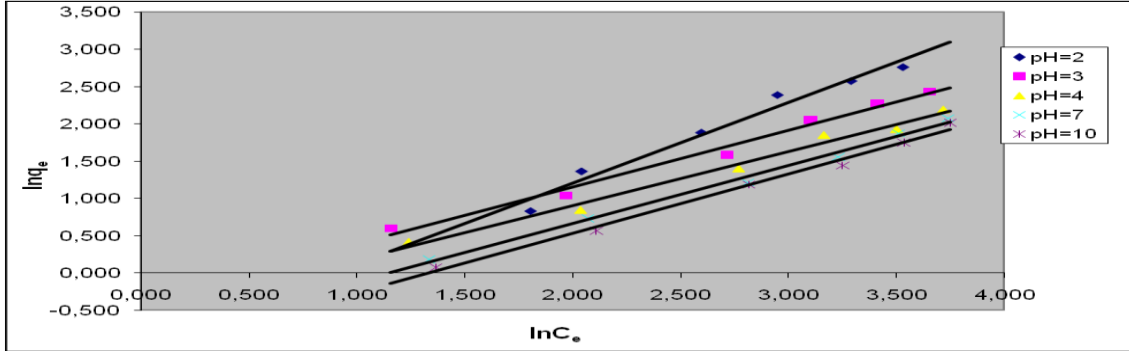
Şekil 3. Çeşitli pH'larda silika jel üzerinden alizarin red S'in çözeltiden adsorpsiyonunun Langmuir izotermi (25 °C).

Tablo 1. Çeşitli pH'larda silika jel üzerinden alizarin red S'in çözeltiden adsorpsiyonunun Langmuir parametreleri

T(°C)	pH	q_{max} (mgg ⁻²)	K_L (dm ³ mg ⁻²)	R_L	R^2	Denklem
40	7	16,8919	0,0154	0,5650	0,9951	y=3.8451x+0.0592
25	2	21,0970	0,0437	0,3145	0,9794	y=1.085x+0.0474
25	3	13,9860	0,0446	0,3094	0,9617	y=1.6016x+0.0715
25	4	10,7181	0,3028	0,3072	0,9668	y=2.0685x+0.0933
25	7	11,3895	0,1321	0,3978	0,9890	y=2.8994x+0.0878
25	10	5,1256	0,0061	0,1315	0,8843	y=1.4764x+0.1951



Şekil 4. 40 °C sıcaklıkta silika jel üzerine alizarin red S'in çözeltisi adsorpsiyonuyla ilgili Freundlich izotermi



Şekil 5. Çeşitli pH'lar da silika jel üzerine alizarin red S'in çözeltiden adsorpsiyonuyla ilgili Freundlich izotermi (25 °C).

Tablo 2. Çeşitli pH' larda silika jel üzerinde alizarin red S'in özeltiden adsorpsiyonuyla ilgili Freundlich parametreleri

T(°C)	pH	kf (dm ³ g ⁻¹)	n	R ²	Denklem
40	7	0,2487	1,0995	0,9874	y=0.9095x-1.3914
25	2	0,3831	0,9232	0,9733	y=1.0832x-0.9594
25	3	0,5910	1,3127	0,9869	y=0.7618x-0.3695
25	4	0,5815	1,3826	0,9869	y=0.7233x-0.5421
25	7	0,4119	1,2880	0,9935	y=0.7764x-0.8869
25	10	0,3437	1,2517	0,9921	y=0.7989x-1.0679

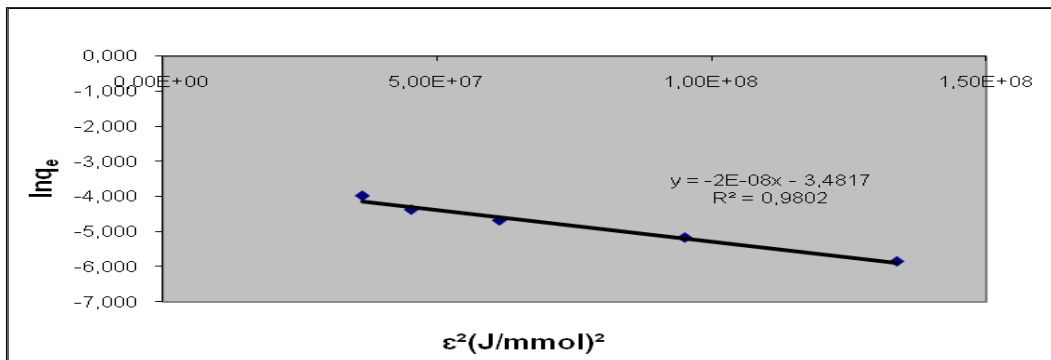
Tablo 2 incelendiğinde korelasyon katsayısı (R^2) değerlerinin 0.973-0.993 aralığında yanı 1^e yakın değerlerde değiştiği görülmektedir. Yüksek R^2 değerleri ve n sabitinin değerlerinin 0-1 arasında çıkması olayın Freundlich izotermine uyumlu olduğunu göstermektedir [34,35,40]. Adsorpsiyon kapasitesi (kf) en yüksek değeri pH 10'da çıkmıştır.

3.1.3. Dubinin-Kagener-Radushkevich (DKR) İzotermi

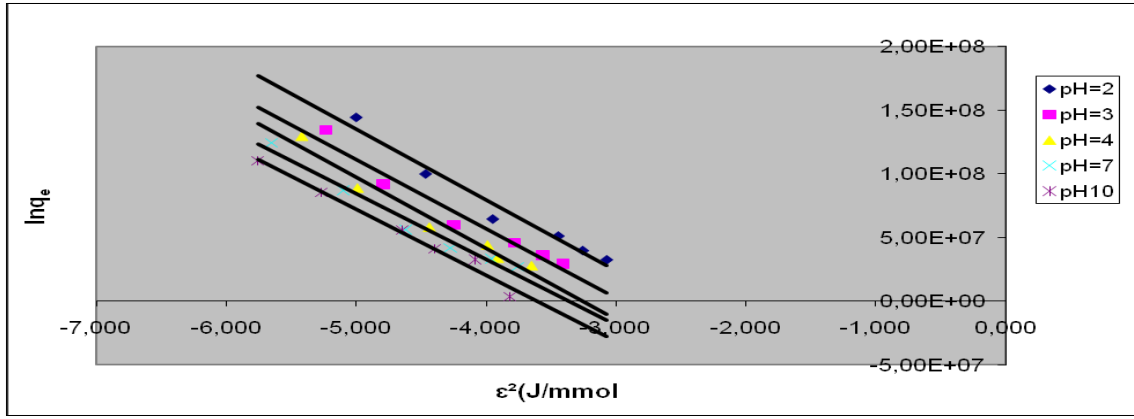
$\ln q_e = \ln q_m - \beta \varepsilon^2$ ifade edilen DKR [36] denkleminden yararlanarak $\ln q_e - \varepsilon^2$ grafikleri çizilmiştir. Bu

grafiklerin eğim ve kaymalarından β ve q_m sabitleri hesaplanmıştır. $E=1/(2\beta)^{1/2}$ formülünden de E değerleri bulunmuştur. ε değeri ise $\varepsilon=RT \ln(1/C_e)$ formülünden belirlenmiştir. E: ortalama serbest enerjisini (kJ/mol), q_e : dengede adsorplayıcı yüzeyinde tutunan madde miktarını (mol/g)

q_m : Adsorpsiyon kapasitesini (mol/g), β : adsorbantın bir molü başına adsorpsiyon ortalama serbest enerjisi sabitini (mol²/J²), C_e : adsorplanan maddenin çözeltideki denge konsantrasyonunu (mol/L), R: gaz sabitini, T: sıcaklığı (K) ifade etmektedir.



Şekil 6. 40 °C sıcaklıkta silika jel üzerine alizarin red S'in çözeltiden adsorpsiyonuyla ilgili DKR izotermi.



Şekil 7. Çeşitli pH' larda silika jel üzerine alizarin red S'in çözeltiden adsorpsiyonuyla ilgili DKR izotermi (25 °C).

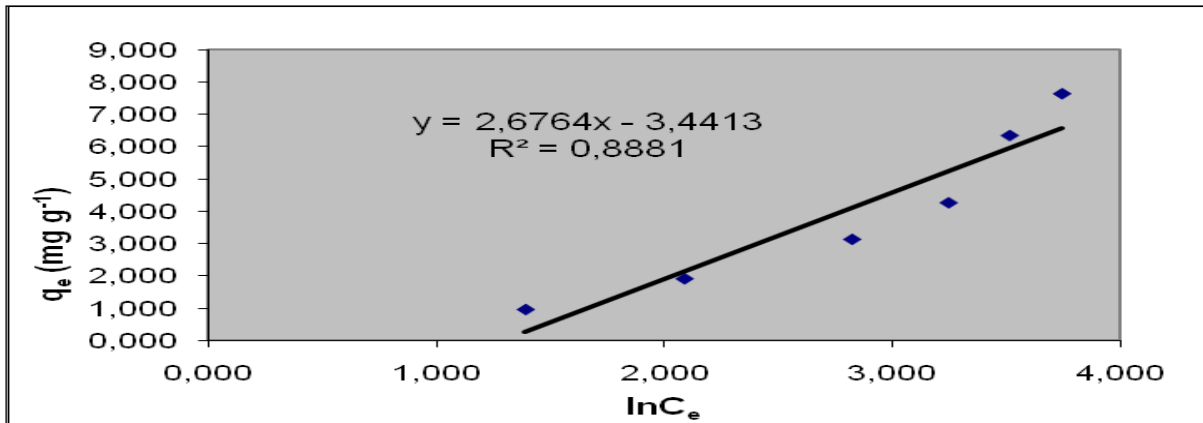
Tablo 3. Çeşitli pH' larda silika jel üzerinde alizarin red S'in çözeltiden adsorpsiyonuyla ilgili DKR parametreleri

T(°C)	pH	$q_m(\text{mmol g}^{-1})$	$\beta(\text{mmol}^2\text{kJ}^{-2})$	$E(\text{kJ mol}^{-1})$	R^2	Denklem
40	7	0,0308	$1,80 \cdot 10^{-8}$	5,271	0,9802	$y = -1,80 \cdot 10^{-8}x - 3,48$
25	2	0,0732	$1,74 \cdot 10^{-8}$	5,360	0,9678	$y = -1,74 \cdot 10^{-8}x - 2,62$
25	3	0,0498	$1,77 \cdot 10^{-8}$	5,314	0,9600	$y = -1,77 \cdot 10^{-8}x - 2,99$
25	4	0,0370	$1,74 \cdot 10^{-8}$	5,360	0,9660	$y = -1,74 \cdot 10^{-8}x - 3,30$
25	7	0,0334	$1,89 \cdot 10^{-8}$	5,143	0,9716	$y = -1,89 \cdot 10^{-8}x - 3,40$
25	10	0,0267	$1,90 \cdot 10^{-8}$	5,129	0,9827	$y = -1,90 \cdot 10^{-8}x - 3,62$

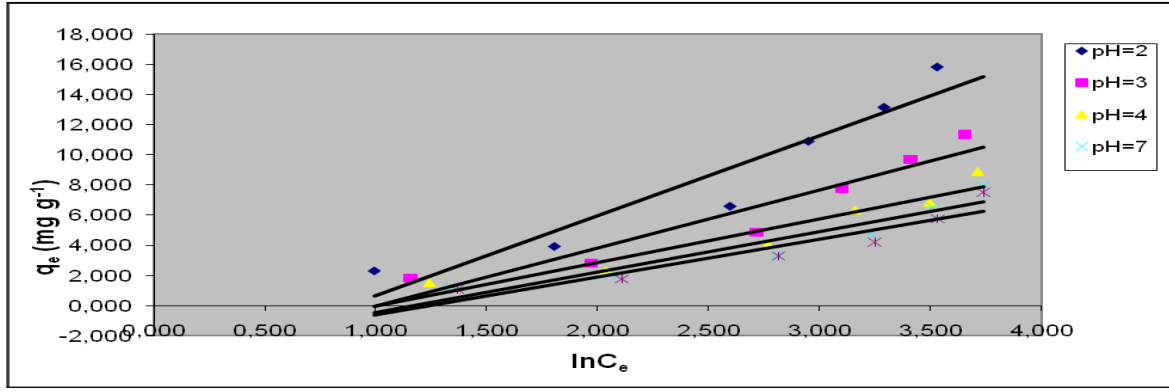
Tablo 3'teki korelasyon değerlerinin (0.960-0.980 aralığında) değiştiği görülmektedir. Adsorpsiyon olayının uygunluğunu gösteren bu yüksek korelasyon değerleri adsorpsiyon olayının DKR izotermi ile açıklanabileceğini göstermektedir. q_m (adsorplanan madde miktarı) değeri için en yüksek değer 25 °C ve pH 2'de $0,073 \text{ mmol g}^{-1}$ olarak saptanmıştır. Ortalama serbest enerji (E) değerleri $5,13-5,36 \text{ kJ mol}^{-1}$ aralığında olduğu görülmektedir. E değerlerinin 8'den küçük çıkması olayın van der Waals bağlarının etkin olduğu bir fiziksel adsorpsiyon olduğunu göstermektedir [36].

3.1.4. Temkin İzotermi

$q_e = B \ln A + B \ln C_e$ ifadesiyle verilen Temkin [37] denkleminde yararlanarak $q_e - \ln C_e$ grafikleri çizilmiştir. Bu grafiklerin eğim ve kaymasından A ve B sabitlerinin değerleri belirlenmiştir. q_e : adsorplanan madde miktarını (mg/g), C_e : adsorplanmadan çözeltide ortamında kalan madde derişimini (mg/L), A ve B Temkin sabitini göstermektedir.



Şekil 8. 40 °C sıcaklıkta silika jel üzerine alizarin red S'in çözeltiden adsorpsiyonuyla ilgili Temkin izotermi.



Şekil 9. Çeşitli pH'larda silika jel üzerine alizarin red S'in çözeltiden adsorpsiyonuyla ilgili çözeltisi adsorpsiyonunun Temkin izotermi (25 °C).

Tablo 4. Çeşitli pH' larda silika jel üzerinde alizarin red S'in çözeltiden adsorpsiyonuyla ilgili Temkin parametreleri

T(°C)	pH	A(dm ³ mg ⁻¹)	B	R ²	Denklem
40	7	0,2764	2,6764	0,8881	y=2.6764x-3.4413
25	2	0,4198	5,2854	0,9063	y=5.2854x-4.5873
25	3	0,3648	3,8532	0,9068	y=3.8532x-3.8861
25	4	0,3651	2,8947	0,9139	y=2.8947x-2.9163
25	7	0,3113	2,6752	0,8950	y=2.6752x-3.1222
25	10	0,3984	2,5033	0,8839	y=2.5033x-3.0831

Tablo 4 incelendiğinde R² değerlerinin 0.888-0.913 aralığında değiştiği görülmektedir. Bu değerler adsorpsiyonun Temkin izotermi ile açıklanabileceğini göstermektedir. Adsorpsiyon ısıyla ilgili değer olan ve RT/b değerine eşit olan B sabitinin 2.50-5.30 aralığında değiştiği görülmektedir. Adsorpsiyon ısısının maksimum olduğu B değerinin de yine 25 °C ve pH2'de olduğu görülmektedir. Bu izotermde adsorpsiyon dengesine bağlı bir sabit olan A değerleri 0.28-0.42 aralığındadır. Maksimum A değeri pH 2 ve 25 °C'de elde edilmiştir. Düşük sıcaklıkta saptanan bu maksimum performans, adsorpsiyonun ekzotermik olduğuna işaret etmektedir [37,40].

3.1.5. Brunauer, Emmett ve Teller (BET) İzotermi

$$\frac{C_e}{[(C_0 - C_e)q_e]} = \frac{1}{kq_m} + \frac{k-1}{kq_m} \cdot \frac{C_e}{C_0}$$

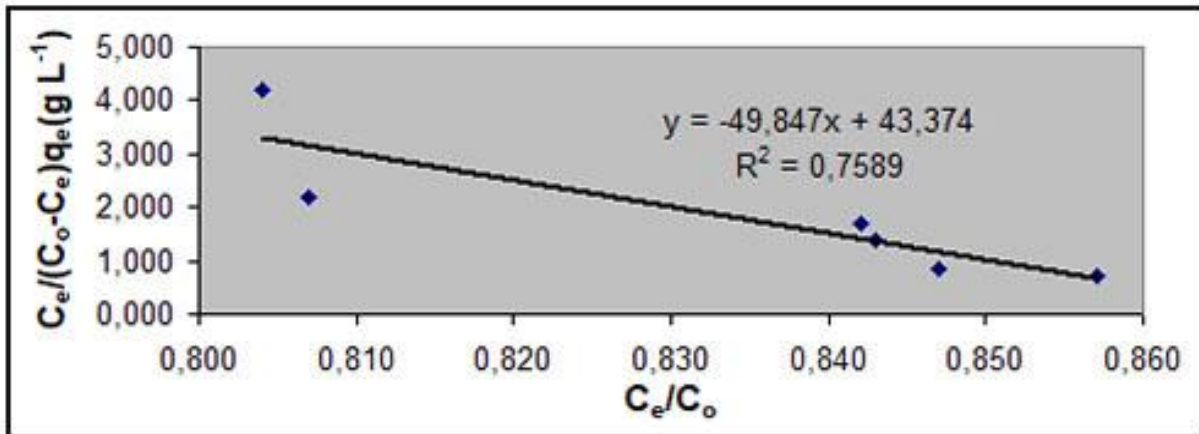
BET

$$[38] \text{ denkleminde yararlanarak } \frac{C_e}{(C_0 - C_e)q_e} - \frac{C_e}{C_0}$$

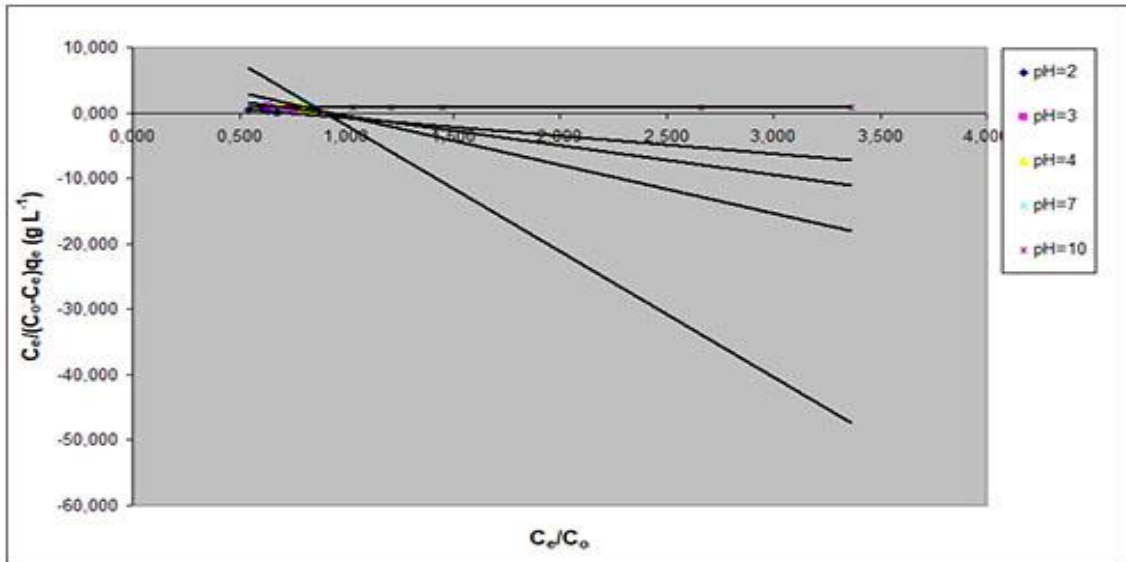
grafığı çizilmiştir. Grafiğin kayması, $\frac{1}{kq_e}$ ye ve eğimi

$$\frac{k-1}{kq_e} \text{ ye eşitlenerek k ve } q_e \text{ sabitleri hesaplanmıştır.}$$

k: çözelti ve adsorplayıcı yüzeyi arasındaki enerji etkileşimi sabitini, C_e: adsorplanan maddenin çözeltideki denge konsantrasyonunu (mol/L), q_m: tek tabaka kapasitesini (mol/g), C₀: çözeltideki adsorplanan maddenin doygunluk konsantrasyonunu (mol/L), q_e: dengede adsorplayıcı yüzeyinde tutunan madde miktarını (mol/g) ifade etmektedir.



Şekil 10. 40 °C sıcaklıkta silika jel üzerine alizarin red S'in çözeltiden adsorpsiyonuyla ilgili BET izotermi.



Şekil 11. Çeşitli pH' larda silika jel üzerine alizarin red S'in çözeltiden adsorpsiyonuyla ilgili BET izotermi (25 °C).

Tablo 5. Çeşitli pH' larda silika jel üzerinde alizarin red S 'nin çözeltiden adsorpsiyonuyla ilgili BET parametreleri

T(°C)	pH	q _m (mg g ⁻¹)	k (L mg ⁻¹)	R ²	Denklem
40	7	-0,1532	-0,1508	0,7589	y=-49.847x+43.374
25	2	-1,3782	-0,3580	0,9585	y=-2.7524x+2.0268
25	3	-1,7780	-0,1459	0,8070	y=-4.4694x+3.9003
25	4	-1,6555	-0,0894	0,8316	y=-7.359x+6.7551
25	7	0,0581	0,9989	0,9544	y=-19.241x+17.223
25	10	1,1432	0,9113	0,8950	y=-0.0372x+0.9113

Tablo 5'teki korelasyon katsayıları dikkate alındığında 40 °C ve pH=7 deki hariç diğer bütün korelasyon katsayıları silikajel üzerinde alizarin red S çözeltilerinin adsorpsiyonunun BET izotermi ile uyumlu olduğunu göstermektedir. Bu izotermde tek tabaka halinde adsorbe olan madde miktarını gösteren q_m ve yüzeydeki adsorpsiyon enerjisiyle ilgili olan k sabiti değerleri negatif ve pozitif değerler almakta olduğu görülmektedir. Elde edilen bu negatif değerler için BET izotermi ile sağlıklı değerlendirme yapma olanağını vermemektedir [38].

3.2. Kinetik İncelemeler

3.2.1. Lagergren Yalancı Birinci ve Yalancı İkinci Derece Kinetik Denklemi

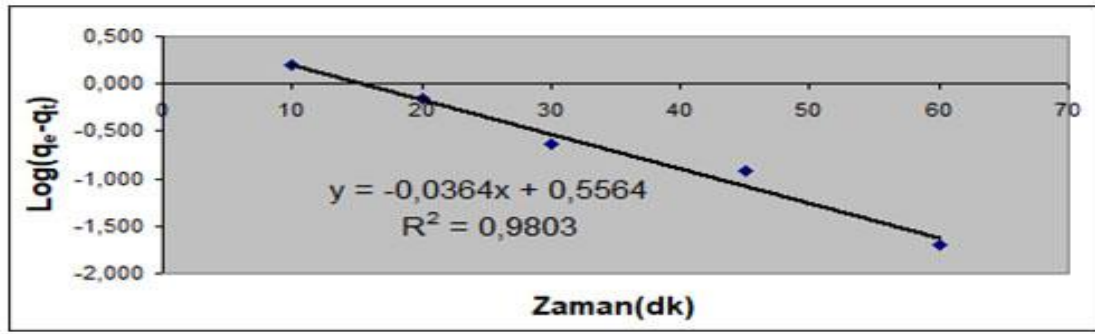
$\log(q_e - q_t) = \log q_m - \frac{k_1 t}{2,303}$ ile verilen Lagergren yalancı

birinci derece hız denklemi [39,40] dikkate alınarak çizilen $\log(q_e - q_t) - t$ grafiğinin eğim ve kaymasından k₁ ve q_m değerleri hesaplanmıştır.

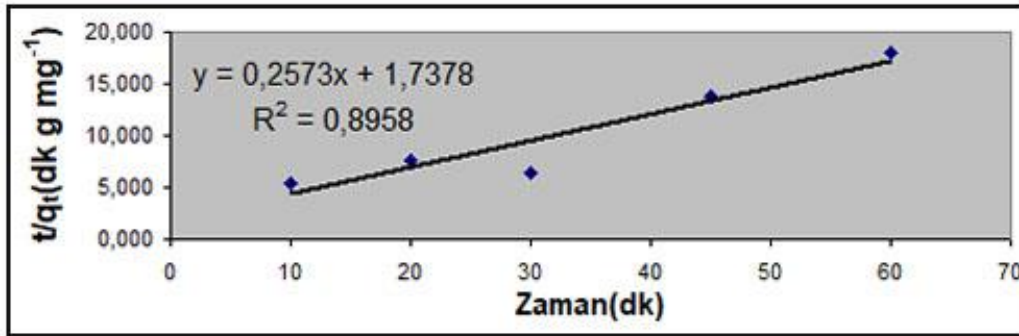
$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{K_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t$ ifadesiyle verilen yalancı ikinci dereceden hız denkleminin [40,41] kinetik parametreleri hesaplanırken, öncelikle deneysel verilerin $\frac{t}{q_t}$ ile t

grafikleri çizilmiştir. Bu grafiklerin eğim ve kaymalarından q_e ve K₂ belirlenmiştir. q_m: tek tabaka kapasitesini (mol/g), q_e: dengede adsorbe edilen madde miktarını (mg/g), q_t: t zamanında birim adsorban üzerine adsorplanan adsorbat miktarını (mg/g), t: zamanı (dakika), k₁ ve K₂: Lagergren adsorpsiyon hız sabitini (dak.⁻¹) göstermektedir.

10 ml'lik 20 mg/L alizarin red S çözeltisi denge kurulana kadar 20 mg silika jel üzerinde karıştırılması sonucu oluşan çözeltinin analizlerinden elde edilen adsorpsiyon verilerinin Lagergren yalancı birinci dereceden denkleminin grafiği şekil 12'de, yalancı ikinci dereceden denklemin grafiği ise şekil 13'de verilmiştir.



Şekil 12. Silika jel üzerinden 20 mg/L alizarin red S çözeltisinin adsorpsiyonuyla ilgili yalancı birinci derece denklemin grafiği (25 °C)



Şekil 13. Silika jel üzerine 20 mg/L alizarin red S çözeltiden adsorpsiyonuyla ilgili yalancı ikinci derece denklemin grafiği (25 °C).

Tablo 6. Silika jel, ceviz kabuğundan elde edilen aktif karbon ve ZnCl₂ ile muamele edilmiş ceviz kabuğundan elde edilen aktif karbon üzerinde 20 ppm Alizarin red S ve Metil red çözeltilerinin adsorpsiyonu ile ilgili Lagergren yalancı birinci ve yalancı ikinci derece denkleminin kinetik parametrelerinin karşılaştırılması (25 °C) [42].

Lagergren Denklemi	Adsorbat	Adsorbent	q _e (mg g ⁻¹)	k (dk ⁻¹)	R ²	Denklemin
Yalancı birinci derece denkleminin	Alizarin red S	Silika jel	3,6008	0,0838	0,9803	y=-0.0364x+0.5564
		Aktif karbon	2,4440	0,0431	0,8715	y=-0.0191x+0.3907
		ZnCl ₂ 'li aktif karbon	11,2047	0,0074	0,9558	y=-0.0321x+1.0494
	Metilen red	Silika jel	2,3334	0,1545	0,9081	y=-0.0671x+0.368
		Aktif karbon	0,5887	0,0875	0,7569	y=-0.038x-0.2301
		ZnCl ₂ 'li aktif karbon	6,2628	0,0755	0,8784	y=-0.0328x+0.7967
Yalancı ikinci derece denkleminin	Alizarin red S	Silika jel	3,8865	0,0381	0,9858	y=0.2573x+1.7378
		Aktif karbon	3,5001	0,0302	0,9741	y=0.2857x+2.7008
		ZnCl ₂ 'li aktif karbon	3,8506	0,0118	0,7185	y=0.2597x+5.6989
	Metilen red	Silika jel	18,4843	0,0333	1,0000	y=0.0541x+0.009
		Aktif karbon	14,9031	0,4502	1,0000	y=0.0671x+0.01
		ZnCl ₂ 'li aktif karbon	15,8730	0,0246	0,9979	y=0.063x+0.1611

Tablo 6 incelendiğinde, yalancı birinci denklemin verilerine göre silika jelin diğer adsorbentlere göre metilen red (MR) ve alizarin red S (ARS) adsorplama yeteneğinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca silika jelin hangi adsorbatı daha iyi adsorpladığına baktığımızda, silikanın MR adsorbatına göre ARS adsorbatını daha iyi adsorpladığı da görülmektedir (ARS için q_e, 3.6008, MR için q_e, 2.3334 mg g⁻¹). Yalancı ikinci denkleme bakıldığında silikanın diğer adsorbentlere göre MR ve ARS'yi daha iyi adsorpladığı, fakat MR adsorbatına göre ARS adsorbatını daha az adsorpladığı görülmektedir. (ARS için q_e, 3.8865, MR için q_e, 18.4843 mg g⁻¹). ARS'nin silika üzerinden adsorpsiyonu için yalancı birinci denklemin yalancı ikinci denkleme göre yalancı ikinci denklemin q_e, k, R² değerlerinin daha yüksek olduğu ve adsorpsiyon olayının yalancı ikinci denkleminle açıklanabileceğini

göstermektedir. Ayrıca yalancı ikinci denklemin hız sabiti değerinin daha yüksek olması da adsorpsiyon hızının yalancı ikinci denkleminde daha yüksek olduğunu ifade etmektedir.

3.3. Termodinamik Parametreler

Silika jel üzerinde alizarin red S çözeltilerinin adsorpsiyonuyla ilgili ΔG°, ΔS° ve ΔH° gibi termodinamik parametreler belirlenmiştir. Bu parametrelerden ΔG°; ΔG° = -RTlnK_c denkleminde hesaplanmıştır. Burada kullanılan K_c değeri K_c = q_e/C_e eşitliğinden belirlenmiştir. İncelemenin yapıldığı her sıcaklık için ΔG° değerleri aşağıdaki formülden yararlanarak hesaplanmıştır.

$\ln K_c = \frac{\Delta S^\circ}{R} - \frac{\Delta H^\circ}{RT}$ bu denklemden $\ln K_c - \frac{1}{T}$ grafiği çizilip, grafiğin kaymasından ΔS° değeri, eğiminden ΔH° değeri hesaplanmıştır. Gibbs (ΔG°) enerjisinin değerleri 25 ve 40 °C'de sırayla -4.4 kJ/mol ve -4.0 kJ/mol, Entalpi (ΔH°) değeri -4.2 kJ/mol, Entropi (ΔS°) değeri de -27.3 J/mol K olarak bulunmuştur.

4. SONUÇ

Sonuç olarak, belli pH, boya konsantrasyonu ve temas süresi gibi etkenlerin alizarin red S boyar maddenin adsorpsiyon davranışı üzerindeki etkileri araştırılmış ve elde edilen verilerin adsorpsiyon izotermi üzerindeki uyumlulukları değerlendirilmiştir. R^2 (korelasyon katsayısı) dikkate alındığında adsorpsiyonun Temkin, Freundlich, BET ve DKR izotermine uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Kinetik çalışmalarda adsorpsiyon olayına uygunluğunun bir ölçütü olan q_e (mg/g) (adsorplanan madde miktarı) değerleri kıyaslandığında olayın yalancı birinci dereceden ($q_e = 3.60$ mg/g) ziyade yalancı ikinci dereceye ($q_e = 3.89$ mg/g) uyduğunu göstermektedir. Adsorpsiyonun termodinamik parametreleri de hesaplanmıştır. ΔG° ile verilen Gibbs enerjisinin değerleri 25 ve 40 °C'de sırayla -4.4 kJ/mol ve -4.0 kJ/mol olarak hesaplanmıştır. Gibbs serbest enerjisi değerlerinin sıfırdan küçük olması adsorpsiyonun kendiliğinden yürümeye meyilli olduğuna işaret etmektedir. Sıcaklık artışıyla azalan değer adsorpsiyon olayının düşük sıcaklığa eğimli olduğunu göstermektedir. Entalpi değerinin (-4.2 kJ/mol) negatif çıkması olayın ekzotermik olduğuna işaret etmektedir. Entropi değerinin (-27.3 J/mol K) negatif olması ise adsorpsiyon prosesinde moleküler düzenliliğinin arttığını ve adsorpsiyonun kendiliğinden yürüyen ekzotermik bir olay olduğunu göstermektedir. Ayrıca, DKR izoterminden elde edilen adsorpsiyon enerjisi (E) değerlerinin 8'den küçük çıkması olayın fiziksel bir adsorpsiyon olduğuna işaret etmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Madrakian T, Afkhami A, Mahmood-Kashani H, Ahmadi M. Adsorption of some cationic and anionic dyes on magnetite nanoparticles modified activated carbon from aqueous solutions: equilibrium and kinetics study. *Journal of Iranian Chemical Society* 2013;10(3):481-489.
- [2] Li XG, Ma XL, Sun J, Huang MR. Powerful reactive sorption of silver(I) and mercury(II) onto poly (o-phenylenediamine) microparticles. *Langmuir* 2009;25(3):1675-1684.
- [3] Gu X, Zhou J, Zhang A, Wang P, Xiao M, Liu G. Feasibility study of the treatment of aniline hypersaline wastewater with a combined adsorption/bio-regeneration system. *Desalination* 2008;227(1-3):139-149.
- [4] Jianguo C, Aimin L, Hongyan S, Zhenghao F, Chao L, Quanxing Z. Adsorption characteristics of aniline and 4-methylaniline onto bifunctional polymeric adsorbent modified by sulfonic groups. *Journal of Hazardous Materials* 2005;124(1-3):173-180.

- [5] Forgacs E, Cserhati T, Oros G. Removal of synthetic dyes from wastewaters: a review. *Environment International* 2004;30(7):953-971.
- [6] Enyoh C, Verla A, Egejuru N. pH variations and chemometric assessment of borehole water in Orji, Owerri Imo State, Nigeria. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry* 2018;5 (2):1-9.
- [7] Huang C-H, Chang K-P, Ou H-D, Chiang Y-C, Wang C-F. Adsorption of cationic dyes onto mesoporous silica. *Microporous and Mesoporous Materials* 2011;141(1-3):102-109.
- [8] Robinson T, McMullan G, Marchant R, Nigam P. Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative. *Bioresource Technology* 2001;77(3):247-255.
- [9] Papić S, Koprivanac N, Božić AL, Metes A. Removal of some reactive dyes from synthetic wastewater by combined Al(III) coagulation/carbon adsorption process. *Dyes and Pigments* 2004;62(3):293-300.
- [10] Kim TH, Park CH, Shin EB, Kim SY. Decolorization of disperse and reactive dye solutions using ferric chloride. *Desalination* 2004;161(1):49-58.
- [11] Yagub MT, Sen T, Afroze KS, Ang H. M. Dye and its removal from aqueous solution by adsorption: a review. *Advances in Colloid and Interface Science* 2014;209:172-184.
- [12] Peng X, Huang D, Odoom-Wubah T, Fu D, Huang J, Qin Q. Adsorption of anionic and cationic dyes on ferromagnetic ordered mesoporous carbon from aqueous solution: equilibrium, thermodynamic and kinetics. *Journal of Colloid and Interface Science* 2014;430:272-282.
- [13] Chen G, Sun M, Wei Q, Zhang Y, Zhu B, Du B. Ag₃PO₄/graphene-oxide composite with remarkably enhanced visible-light-driven photocatalytic activity toward dyes in water. *Journal of Hazardous Materials* 2013;(244-245):86-93.
- [14] Fatimah I, Wang S, Wulandari D. ZnO/montmorillonite for photocatalytic and photochemical degradation of methylene blue. *Applied Clay Science* 2011;53(4):553-560.
- [15] Ahmad A, Mohd-Setapar SH, Chuong CS. Recent advances in new generation dye removal technologies: novel search for approaches to reprocess wastewater. *RSC Advances* 2015;5(39):30801-30818.
- [16] Sun J, Lu H, Du L, Lin H. Anodic oxidation of anthraquinone dye Alizarin Red S at Ti/BDD electrodes. *Applied Surface Science* 2011;257(15):6667-6671.
- [17] Sharma P, Das MR. Removal of a cationic dye from aqueous solution using graphene oxide nanosheets: investigation of adsorption parameters. *Journal of Chemical & Engineering Data* 2013;58(1):151-158.
- [18] Bhatnagar A, Sillanpää M, Witek-Krowiak A. Agricultural waste peels as versatile biomass for

- water purification -a review. *Chemical Engineering Journal* 2015;270:244-271.
- [19] Gautam RK, Mudhoo A, Lofrano G, Chattopadhyaya MC. Biomass-derived biosorbents for metal ions sequestration: Adsorbent modification and activation methods and adsorbent regeneration. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 2014;2(1):239-259.
- [20] Ali I, Asim M., Khan TA. Low cost adsorbents for the removal of organic pollutants from wastewater. *Journal of Environmental Management* 2012;113:170-183.
- [21] Dinu MV, Dragan ES. Heavy metals adsorption on some iminodiacetate chelating resins as a function of the adsorption parameters. *Reactive and Functional Polymers* 2008;68(9):1346-1354.
- [22] Zhao X, Zhang G, Jia Q, Zhao C, Zhou W, Li W. Adsorption of Cu(II), Pb(II), Co(II), Ni(II), and Cd(II) from aqueous solution by poly(aryl ether ketone) containing pendant carboxyl groups (PEK-L): equilibrium, kinetics, and thermodynamics. *Chemical Engineering Journal* 2011;171(1):152-158.
- [23] Cavus S, Gurdag G, Sozgen K, Gurkaynak MA. The preparation and characterization of poly(acrylic acid-comethacrylamide) gel and its use in the noncompetitive heavy metal removal. *Polymers for Advanced Technologies* 2009;20:165-172.
- [24] Wu S-H, Mou C-Y, Lin H-P. Synthesis of mesoporous silica nanoparticles. *Chemical Society Reviews* 2013;42(9):3862-3875.
- [25] Reich S-J, Svidrytski A, Höltzel A. Hindered diffusion in ordered mesoporous silicas: insights from pore-scale simulations in physical reconstructions of SBA-15 and KIT-6 silica. *The Journal of Physical Chemistry C* 2018;122(23):12350-12361.
- [26] Coşkun R, Delibaş A. Removal of methylene blue from aqueous solutions by poly (2-acrylamido-2-methylpropane sulfonic acid-coitaconic acid) hydrogels. *Polymer Bulletin* 2012;68(7):1889-1903.
- [27] Bulut Y, Aydın H. A kinetics and thermodynamics study of methylene blue adsorption on wheat shells. *Desalination* 2006;194(1-3):259-267.
- [28] Mohd R, Othman S, Rokiah H, Anees A. Adsorption of methylene blue on low-cost adsorbents: a review. *Journal of Hazardous Materials* 2010;177(1-3):70-80.
- [29] Volikov AB, Ponomarenko SA, Konstantinov AI, Hatfield K, Perminova IV. Nature-like solution for removal of direct brown 1 azo dye from aqueous phase using humics-modified silica gel. *Chemosphere* 2016;145:83-88.
- [30] Patra AS, Ghorai S, Sarkar D, Das R, Sarkar S, Pal S. Anionically functionalized guar gum embedded with silica nanoparticles: an efficient nanocomposite adsorbent for rapid adsorptive removal of toxic cationic dyes and metal ions. *Bioresour Technol* 2016;225(76):367-376.
- [31] Khattri SD, Singh M. Adsorption of basic dyes from aqueous solution by natural adsorbent. *Indian Journal of Chem Technology* 1999;6:112-116.
- [32] Alizarin red S'in şekli [Internet]. [12 Eylül 2021'de alıntılanmıştır]. Şu adresten ulaşılabilir: https://www.wikiwand.com/en/Alizarin_Red_S
- [33] Xiong L, Yang Y, Mai J, Sun W, Zhang C, Wei D, Chen Q, Ni J. Adsorption behavior of methylene blue onto titanate nanotubes. *Chemical Engineering Journal* 2010;156(2):313-320.
- [34] Freundlich, HMF. Over the adsorption in solution. *The Journal of Physical Chemistry* 1906;57:385-471.
- [35] Sales RV, Moura HOMA, Câmara ABF, Castellón ER, Silva JAB, Pergher SBC, Campos LMA, Urbina MM, Bicudo TC, Carvalho LS. Assessment of Ag nanoparticles interaction over low-cost mesoporous silica in deep desulfurization of diesel. *Catalysts* 2019;9(8):651.
- [36] Wong YC, Szeto YS, Cheung WH, McKay G. Adsorption of acid dyes on chitosan-equilibrium isotherm, analyses. *process biochemistry* 2004;39:693-702.
- [37] Tsai WT, Lai CW, Su TY. Adsorption of bisphenol-A from aqueous solution onto minerals and carbon adsorbents. *J. Hazard Mater.* 2006;134(1-3):169-75.
- [38] Vadivelan V, Kumar Vasanth K. Equilibrium, kinetics, mechanism, and process design for the sorption of methylene blue onto rice husk. *J. Colloid Interf. Sci.* 2005;286(1):90-100.
- [39] Weber WJ, Morris JC. Preliminary appraisal of advanced waste treatment processes. *Water pollut. (Res)* 1963;2:231-24.
- [40] Gollakota ARK, Munagapati VS, Volli V, Gautam S, Wen J-C, Shu C-M. Coal bottom ash derived zeolite (SSZ-13) for the sorption of synthetic anion Alizarin Red S (ARS) dye. *Journal of Hazardous Materials* 2021;416:125925.
- [41] Goscianska J, Pietrzak R. Removal of tartrazine from aqueous solution by carbon nanotubes decorated with silver nanoparticles. *Catalysis Today* 2015;249:259-264.
- [42] Gözeten İ. Bazı boyar maddelerin (Alizarin red S ve Metil kırmızısı) aktif karbon ve silica jel üzerindeki çözüldüden adsorpsiyonunun ve kinetiğinin incelenmesi. *Van YYÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı*; 2011.



Anlaşılabilir Sınıflandırma Kurallarının Ayçiçeği Optimizasyon Algoritması ile Otomatik Keşfi

Suna YILDIRIM^{*1}, Güngör YILDIRIM², Bilal ALATAŞ³

¹ Elazığ İl Özel İdaresi, Bilgi İşlem Birimi, Elazığ, Türkiye

² Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye

³ Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Yazılım Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye

Suna YILDIRIM ORCID No: 0000-0002-8246-0515

Güngör YILDIRIM ORCID No: 0000-0002-4096-4838

Bilal ALATAŞ ORCID No: 0000-0002-3513-0329

*Sorumlu yazar: sunayildirim23@gmail.com

(Alınış: 30.07.2021, Kabul: 30.09.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Anahtar Kelimeler
 Optimizasyon,
 Kural
 Madenciliği,
 Ayçiçeği
 Optimizasyon
 Algoritması,
 Doğruluk

Öz: Kural madenciliği, veri madenciliğinin önemli alt dallarından biri olup günümüzde hala üzerinde çalışılan sıcak bir çalışma alanıdır. Nicel nitelik içeren veri setleri üzerinde çalışan standart sınıflandırma yöntemleri genellikle ön işlem aşamalarına ihtiyaç duyarlar. Bu yapılan ayrıklaştırmalar ise başarımlarını kaybetmeye yol açabilmektedir. Buna ek olarak standart sınıflandırma algoritmalarının kara-kutu yapılarından dolayı kural açıklanabilirlikleri iyi değildir. Bu noktada, sürekli veriler ile çalışabilen optimizasyon algoritmaları, bu dezavantajların üstesinden gelebilir. Bu çalışmada, son yılların başarılı optimizasyon algoritmalarından olan Ayçiçeği Optimizasyon algoritmasını kullanarak verimli bir kural madenciliği gerçekleştirilmiştir. Bunun için, farklı bir temsil biçimi kullanan aday bitki yapısı, bu optimizasyon algoritmasına uyarlanmıştır. Arama uzayı olarak üç farklı disipline ait veri seti kullanılmış ve yöntemin başarımlarını gözlemlemek için iyi bilinen beş farklı sınıflandırma algoritmasına ait sonuçlar paylaşılmıştır. Elde edilen sonuçlar, optimizasyon temelli yaklaşım ile veri setleri üzerinde herhangi bir ön işlem yapmaya gerek kalmadan açıklanabilir kurallar üretilebileceğini ispatlamaktadır.

233

Automatic Discovery of Comprehensible Classification Rules with Sunflower Optimization Algorithm

Keywords
 Optimization,
 Rule Mining,
 Sunflower
 Optimization
 Algorithm,
 Accuracy

Abstract: Rule mining is one of the important sub-branches of data mining, and it is still a hot topic study area for researchers. Standard classification methods usually require pre-processing steps when working with datasets containing quantitative attributes. On the other hand, discretization at these stages may lead to a loss of performance and accuracy. In addition, due to the black-box nature of standard classification algorithms, rule explicability is not good. At this point, optimization algorithms that can work with continuous data can overcome these disadvantages. This study focuses on rule mining using the Sunflower Optimization algorithm, one of the successful optimization algorithms of recent years. For this, the candidate plant structure using a different representation format was adapted to this optimization algorithm. Data sets from three different disciplines were used as the search space, and the results of five different well-known classification algorithms were shared for performance observations. The results obtained proved that, with the optimization-based approach, explicable rules can be produced without any pre-processing on the data sets.

1. GİRİŞ

Kural madenciliği, kısaca, bir veri setinden anlamlı ve yorumlanabilir kurallar çıkarabilen veri madenciliği

dalıdır. Çıkarılan bu kurallar, kontrol sistemlerinde ve sınıflandırma temelli sistemlerde kullanılabilir. Bununla beraber, çıkarılan kuralların doğruluğu kullanılacak sistemin başarısını doğrudan etkileyeceğinden dolayı kural kapsamı metriği burada kritik öneme sahiptir. Bu

metrik özellikle verinin nümerik olduğu durumlarda hatalara karşı daha duyarlı hale gelebilmektedir. Standart sınıflandırma algoritmaları, nicel veriler üzerinde genellikle ayrıklaştırma mekanizması kullandıklarından yaptıkları sınıflandırmalarda kayıplar meydana gelebilmektedir. Sınıflandırma algoritmaları, birkaç küme halinde gruplandırılmıştır ve bu kümeler sıralı iletişim ile katmanlar halinde düzenlenmiştir. Bununla birlikte, topluluk yöntemleri tasarlamak karmaşıktır ve çok fazla hesaplama süresi gerektirir. Ayrıca, sınıflandırma yöntemlerinin çoğu yanlış tahminlerde bulunursa, bu da topluluk metodlarının iyi performans vermesini engeller [1,2]. Sınıflandırma algoritmalarının çoğu kara-kutu yaklaşımlardır. Diğer taraftan, veri kümeleri içerisinde doğru kurallar kadar, anlaşılır kuralların da çıkarılması açıklanabilir yapay zeka, makine öğrenmesi ve sınıflandırma kuralları madenciliğinde de önemlidir [3]. Ayrıca, sayısal özniteliklerden oluşan veri kümeleri içinde ilginç, anlaşılır ve doğru sınıflandırma kurallarının madenciliği daha karmaşıktır. Nicel veri kümeleri için sınıflandırma algoritmaları, bilgi kaybına neden olabilecek bir ön işlem olabilecek bir tür ayrıklaştırma gerçekleştirir. Bu durumda, veri seti değiştirilmiş olur. Böylece, keşfedilen sınıflandırma kuralları, değiştirilen veri kümesinin modeline aittir. Veri kümesini değiştirmek mantıksızdır ve ayrıca hesaplama yükü gerektirir [4]. Veri kümesini değiştirmeden sınıflandırma yöntemini uyarlamak daha mantıklıdır. Nicel öznitelikler için ilgili aralıkların bulunmasını ve yüksek kaliteli nicel sınıflandırma kurallarının çoklu amaçlarla madenciliğini yalnızca bir adımda entegre etmek, hız ve doğruluk açısından çok daha anlamlı görünmektedir. Veriler çoklu sınıflara, çoklu özelliklere sahipse ve oldukça dengesizse, sınıflandırma işlemi daha karmaşık hale gelir [5]. Olası öznitelik kombinasyonlarının sayısı çok büyük olduğunda, klasik yöntemlerin performansları düşüktür.

Kural madenciliği farklı disiplinlerde ortaya çıkan problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. Gündoğan ve ark. [6] sınıflandırma kuralı madenciliği için bir genetik algoritma (GA) kullanmışlardır. Yöntemleri, genelleştirilmiş tek tip popülasyon yöntemi ve bundan ilham alan tek tip bir operatör kullanarak anlaşılır EĞER-İSE kurallarını keşfetmektedir. Uygulama için meme kanseri ve dermatoloji veri setlerini kullanmışlardır. Pourpanaha ve ark. [7] veri sınıflandırması ve kural çıkarımı için hibrit model önermiştir. Çalışma iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama, sınıflandırma için Q-öğrenmeyi, ikinci aşama ise Q-öğrenme'den genetik algoritma ile kural çıkarımını başarmaktır. Tasarlanan yöntemin etkinliği Iris, PID, Dermatology, Glass, Sonar, Wine, Statlog (Heart) veri setleri üzerinde ispatlanmıştır. Tripathy ve ark. [8] sınıflandırma kuralı madenciliği için MTACO-Miner (Modified Threshold Ant Colony Optimization-Miner) olarak adlandırılan gelişmiş bir karınca kolonisi optimizasyon algoritması önermişlerdir. Uygulama, Wisconsin Diagnostic Meme Kanseri veri setini kullanılmış ve sonuçlar MTACO-Miner ve Ant-Miner algoritmaları ile karşılaştırılmıştır. Taboada ve ark. [9] yaptıkları çalışmada, genetik ağ programlama kullanan bulanık sınıflandırma kurallarına dayalı bir sınıflandırma

yöntemi sunmuşlardır. Genetik ağ programlamanın karakteristiğinin, önerilen modelin formüle edilmesini ve kullanılmasını kolaylaştırdığını göstermişlerdir. Önerilen algoritmanın performansları diğer ilgili algoritmalar ile karşılaştırılmış ve deneysel sonuçlar, önerilen modelin avantajlarını ve etkinliğini gösterdiğini belirtmişlerdir. Dehuri ve ark. [10], çok amaçlı sınıflandırma kuralı madenciliği için bir Genetic Expression Programming-GEP yaklaşımı önermişlerdir. Amaç olarak, sınıflandırma doğruluğu ve anlaşılabilirlik kriterleri dikkate alınmıştır. GEP yaklaşımının diğer algoritmalara göre daha verimli olduğunu ve kural ağaç tabanlı genetik programlama sınıflandırıcılarına kıyasla daha kısa çözümler üretme eğiliminde olduğunu belirtmişlerdir. Önerilen yöntemin kuralın anlaşılabilirliğini arttırdığını savunmuşlardır. GEP sınıflandırıcısı birkaç kıyaslama veri seti ile test edilmiş ve tatmin edici sonuçlar elde edildiği makalede gösterilmiştir. Zhong-Yang ve ark. [11] yaptıkları çalışmada, genetik algoritma ve tabu arama ile birleştirilmiş gelişmiş bir hibrit genetik algoritma kullanan bir sınıflandırma yöntemi kullanmışlardır. Sınıflandırma doğruluğunu artırmak ve ayrıca sınıflandırma kural kümesini yoğunlaştırmak için bir kural çıkarma yaklaşımını da vermişlerdir. Alınan sonuçlar dört kıyaslama veri seti üzerinde doğrulanmış ve diğer algoritmalarla karşılaştırılmıştır. Bu deneylerin, önerilen yöntemin iyi bir performansla sahip olduğunu ve bir dizi özlü, verimli ve anlaşılır sınıflandırma kurallarını keşfetme yeteneğine sahip olduğunu gösterdiğini belirtmişlerdir.

Optimizasyon yöntemleri, kısıtlamaları karşılayan bir dizi mevcut parametreden en iyi değerleri belirleyerek problemleri çözmek için kullanılır. Akıllı metasezgisel algoritmalar, çok farklı alanlarda uygulandığında, üretilen sonuçların sağlamlığı ve basitliği nedeniyle arama ve optimizasyon problemlerinin çözümünde kesin klasik algoritmalara göre daha fazla popülerlik kazanmıştır [12, 13]. Pek çok problemin çözümünde başarı gösteren akıllı optimizasyon algoritmaları kural madenciliğinde de etkili sonuçlar üretebilmektedir [6, 14, 15]. Bu çalışma, bitki zekası temelli optimizasyonu ile kural madenciliğine odaklanmıştır. Son yılların başarılı metasezgisel yaklaşımlarından olan Ayçiçeği Optimizasyon Algoritması (AOA) kural madenciliği için yeniden uyarlanmıştır. Bu çalışma, AOA'nın kural madenciliğine uygulanabilirliğine odaklanmaktadır. Bu algoritma, yazarların bildiği kadarıyla, daha önce kural madenciliğinde kullanılmamıştır. Bununla beraber, literatürdeki diğer uygulamalara benzer olarak, standart AOA da doğrudan kural çıkarım sistemlerine uygulanmaz. Sürekli optimizasyon problemlerine yönelik olan AOA'nın bu amaç için uyarlanmış versiyonuna ihtiyaç vardır. Bu uyarlama için kural çıkarım adaylarının temsil biçimlerinin doğru belirlenmesi gerekmektedir. Uyarlanmış AOA'da bitki adaylar için üç nitelikli bir temsil formatı kullanılmıştır. İlgili veri seti ise arama uzayı olarak kullanılmış ve aday bitkiler bu uzayda kural keşfi için modellenmiş bir amaçla uygunluk fonksiyonu önerilmiştir. Bu amaçla makalede ilk olarak standart AOA açıklanacak ve daha sonra farklı bir temsil biçimi kullanan uyarlanmış AOA versiyonu detaylandırılacaktır.

Çalışmanın bundan sonraki organizasyonu şu şekildedir; klasik AOA'nın literatür özeti ve mantıksal detayları ikinci bölümde sunulacaktır. AOA temelli yeni sınıflandırma kural keşif yaklaşımı üçüncü bölümde sunulacaktır. Performans testleri ve elde edilen sonuçlar dördüncü bölümde, sonuç değerlendirmeleri ise beşinci bölümde paylaşılacaktır.

2. AYÇİÇEĞİ OPTİMİZASYON ALGORİTMASI (AOA)

Yapılan çalışmanın detaylarına geçmeden önce başarılı bir bitki zekası algoritması olan AOA hakkında detay bilgilerin verilmesi faydalı olacaktır. Ayçiçeği algoritmasının tercih edilmesinin iki önemli sebebi bulunmaktadır. Birincisi, kural çıkarım problemlerinde bitki zekası temelli yaklaşımlar bilindiği kadarıyla önceden çalışılmamıştır. Bu amaçla bu tip algoritmaların performansları ölçebilecek bir çalışmaya bu alanda ihtiyaç vardır. İkincisi dahili döngü prensibi kullanan AOA'nın yüksek performansı diğer bitki zekası temelli yaklaşımlara göre avantaj sağlamaktır. Bu nedenlerden dolayı AOA bu problemin çözümü için seçilmiştir. Bunun için bu bölümde öncelikle bu algoritmaya ait literatür özeti verilerek çalışma mekanizmasına ait detay bilgiler paylaşılacaktır. Daha sonra, kural çıkarım için uyarlanmış AOA versiyonu detaylandırılacaktır.

AOA'nda, ayçiçeği bitkilerinin güneşe yönelim hareketlerinden esinlenilmiştir. Algoritmada temel prensip, güneş olarak adlandırılan en iyi çözüme ulaşmaktır. Literatürde yeni olmasına karşın bazı problemlerin çözümünde başarılı sonuçlar üretmeyi başarmıştır. Qais ve ark. [16] yaptıkları çalışmada bazı parametre seçimleri için AOA'nı kullanarak fotovoltaiik modüllerin modellenmesi ve simülasyonunu gerçekleştirmişlerdir. Standart AO parametrelerini kullanarak bile başarılı sonuçlar aldıklarını kaydetmişlerdir. Gomes ve ark. [17], plaka benzeri yapıların hasar tespiti için bir optimizasyon yaklaşımı önermiş ve önerilen yöntemin verimliliğini; genetik algoritma, AOA ve geliştirilmiş bir AOA'nı kullanarak karşılaştırmalı olarak sunmuşlardır. Bu sonuçlara bağlı olarak önerilen yaklaşımın genetik algoritmalara göre daha iyi sonuçlar verdiği iddia edilmiştir. Yuan ve ark. [18], proton değişim membranlı yakıt hücresi (PEMFC - Proton Exchange Membrane Fuel Cell) modellerinde parametrelerin optimum seçimi için yeni bir metodoloji önererek, PEMFC yığınının tahmini ve gerçek çıkış voltajı arasındaki hata karesi değerinin toplamını en aza indirmek için geliştirilmiş bir AOA sunmuşlardır. Geliştirilen AOA'nda, kendi kendine uyarlanabilir ağırlıklandırma kullanılarak en iyi çözüme ulaşma hedeflenmiştir. Hussein ve ark. [19] ise yaptıkları çalışmada, AOA'nı Proportional Integral (PI) kontrolör parametrelerini seçmek için kullanmışlardır. Elde ettikleri sonuçları Parçacık Sürü Optimizasyon algoritması sonuçları ile kıyaslamışlardır. Shaheen ve diğ. [20], güç sistemleri alanında optimum güç akışı problemini çözmek için AOA'nı kullanan yeni bir girişim sunmuşlardır. Parçacık sürü optimizasyonu ve genetik algoritmaları ile karşılaştırmalı olarak sunulan

AO Algoritması sonuçlarının daha başarılı olduğu bu çalışmada gösterilmiştir. Alshammari ve ark. [21] ise Logistic kaotik haritalama metodunu kullanan bir AOA geliştirerek, bunu güç sistemi stabilizatörlerinin optimal ayarını yapmak için kullanmışlardır. Farklı test fonksiyonlarını kullanarak, kaotik AOA'nın, kullanılan diğer algoritmalarından daha iyi performans gösterdiğini belirtmişlerdir.

Ayçiçeği Optimizasyon algoritmasının temelinde, ayçiçeklerinin güneş ışınlarını takip etme hareketleri yatar [22]. Ayçiçeklerin (adayların) hedefi, güneşin bulunduğu yöne doğru yönelip en iyi pozisyonu bulmaktır. AOA mekanizmasında, adaylar, eğer güneşe yakın iseler buldukları yeri korumak ve eğer uzak iseler daha büyük yönelimler gösterip güneşe yaklaşmak isterler. Lokasyonlarını güncellemenin yanında, komşu olan ayçiçekleri ile tozlaşarak yeni bireyler de üretebilirler. Gerçek dünyada milyonlarca tozlaşma oluşurken, algoritmada kolaylık olması için her ayçiçeğinin bir tozlaşma gerçekleştirdiği varsayılmıştır. AOA'da, ilk aşama, başlangıç popülasyonu oluşturmaktır. Başlangıç popülasyonu oluşturulduktan sonra çözüme en yakın birey, güneş olarak adlandırılır. Güneş belirlendikten sonra, güneşin pozisyonuna göre diğer bireylerden komşu olanlar, kendi aralarında tozlaşarak yeni bireyler oluştururlar. Yeni bireyler üretildikçe arama uzayının boyutu artar ve bunun engellenmesi için belli bir oranda ayçiçeği bireyleri elenir. Gerekli güncelleme ve yeni birey üretiminden sonra bu süreçler, sonlandırma kriteri sağlanana kadar iteratif şekilde devam ettirilir.

Algoritmada önemli prensiplerden biri ayçiçeklerinin güneşe yöneliminin temsilidir. Popülasyondaki anlık en iyi çözüm olan güneş (X^*), diğer ayçiçeği bireylerine (X_i) referans olur. n_p sayıda birey içeren popülasyonun güneşe yönelimi s_i ile gösterilir ve genel ifadesi Denklem 1'deki gibidir.

$$s_i = \frac{X^* - X_i}{\|X^* - X_i\|}, \quad i = 1, 2, \dots, n_p \quad (1)$$

Algoritmanın en iyiye ilerleyişi yönelim olarak adlandırılır ve Denklem 2 ile ifade edilir. Yönelim, iki temel parametreye dayalıdır. Bunlar λ eylemsizlik katsayısı ve i . birey ve $(i-1)$. birey arasındaki tozlaşma olasılığını ifade eden P_i 'dir. Genel ifadeden de görüleceği üzere güneşe yakın bireyler küçük adımlarla güneşe yönelirken, daha uzak bireyler daha büyük adımlarla yönelim sağlamaya çalışacaklardır.

$$d_i = \lambda P_i (\|X_i + X_{i-1}\|) \|X_i + X_{i-1}\| \quad (2)$$

Klasik AOA'nda her iterasyonda güneşe uzak olan bazı bireyler, popülasyondan çıkarılma oranına (O) göre arama sürecinden çıkarılmakta ve yerine yeni bireyler üretilmektedir. Bu yeni bireyler, her iterasyonda popülasyona katılarak farklı keşif noktalarının bulunmasına yardımcı olmaktadır. Bunun dışında diğer bireylerin yeni konumlarının belirlenmesinde, global minimum adaylarını kaçırmamak için maksimum yönelim miktarı değerine de dikkat etmek gerekir. Bu

temel prensip, Denklem 3 ile sağlanmaktadır. Bu denklemde, X_{max} ve X_{min} üst ve alt sınır değerlerini, N_{pop} ise popülasyondaki toplam birey sayısını belirtmektedir. Yeni bireye ait değer hesaplanmasında, Denklem 4 kullanılmaktadır. AOA'nın bu temel adımları ve mantıksal fonksiyonları, Algoritma 1'de paylaşılan sözde kodda görülebilir.

$$d_{max} = \frac{\|X_{max} - X_{min}\|}{2N_{pop}} \quad (3)$$

$$\vec{X}_{i+1} = \vec{X}_i + d_i \vec{s}_i \quad (4)$$

Algoritma 1. Ayçiçeği Optimizasyon Algoritması sözde kodu

1. $X_{max}, X_{min} \leftarrow$ problem tanımlı üst sınır ve alt sınırlar
2. $Itr_{max} \leftarrow$ maksimum iterasyon sayısı
3. $N_{pop} \leftarrow$ popülasyon boyutu
4. $O \leftarrow$ Popülasyondan çıkarma oranı (%)
5. for $i=1$ 'den N_{pop}
6. $X_i =$ BireyÜreteçFonksiyonu(X_{max}, X_{min})
7. PopulasyonaEkle(X_i)
8. end for
9. AmaçDeğerHesapla ()
10. $X^* \leftarrow$ GüneşBul()
11. GüneşeYonlendir()
12. while($i < Itr_{max}$)
13. for $j=1$ 'den N_{pop}
14. BireyVektörHesapla()
15. UzakBireyleriÇıkar(% O , i)
16. YeniBireyleriDeğerlendir(X^*)
17. end for
18. AmaçDeğerHesapla()
19. $X^* \leftarrow$ GüneşBul()
20. End while
21. EniyiyiGöster()

3. AOA TABANLI OTOMATİK SINIFLANDIRMA KURAL MADENCİLİĞİ SİSTEMİ

Bu çalışma, yazarların bildiği kadarıyla, daha önce kural madenciliğinde kullanılmayan AOA'nın kural madenciliğine uygulanabilirliğine odaklanmaktadır. Bununla beraber, literatürdeki diğer uygulamalara benzer olarak, standart AOA da doğrudan kural çıkarım sistemlerine uygulanmaz ve sürekli optimizasyon problemlerine yönelik olan AOA'nın bu amaç için uyarlanmış versiyonuna ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Bu uyarlama için kural çıkarım adaylarının temsil biçimlerinin doğru belirlenmesi gerekmektedir.

Sınıflandırma kural madenciliği için kullanılan birçok yöntem ve algoritma vardır [23, 24]. Bu sınıflandırma algoritmalarının ve modellerinin çoğu kara-kutu tabanlı yaklaşımlardır. Ancak, anlaşılabilir kurallar, veri setlerinde olduğu kadar, doğru kurallara ulaşılmasını hedefleyen açıklanabilir yapay zeka veri madenciliğinde de oldukça önemlidir [3]. Ayrıca, sayısal özelliklerden oluşan veri setinde ilginç, anlaşılabilir ve doğru sınıflandırma kurallarının madenciliği daha karmaşıktır. Nicel veriler için sınıflandırma algoritmaları, bilgi kaybına neden olabilecek bir ön işlem yaparak bir tür ayrıklaştırma gerçekleştirir. Bu durumda, veri madenciliğinde veri seti problemi değiştirilir. Bu yüzden; keşfedilen sınıflandırma kuralları değiştirilmiş veri setinin modeline ait olur. Veri setini değiştirmek

hataya açıktır ve ayrıca hesaplama yükü gerektirir [4]. Veri seti değiştirildiğinde asıl çözümü istenilen sınıflandırma probleminin doğruluğu da azalacaktır. Bu sebeple, veri seti değiştirmeden sınıflandırma yöntemini uyarlamak daha mantıklıdır [14]. Nicel özellikler için ilgili aralıkları bulmanın ve yüksek kaliteli nicel sınıflandırma kurallarının madenciliğinin birden fazla hedefle tek bir adımda birleştirilmesi hız ve doğruluk açısından çok anlamlı görünmektedir.

Bu çalışma, nicel kural çıkarım problemlerinde, n bireyli popülasyondaki her çözüm için farklı bir temsil biçimini esas almıştır [14]. Bu temsil biçiminde, d (nitelik sayısı) boyutlu bir X_i çözümü, X_i^b, X_i^a ve X_i^u ($i=1, 2, \dots, n$) olmak üzere üç adet alt veri içermektedir. $X_i^b = (x_1^b, x_2^b, \dots, x_j^b, \dots, x_d^b)$, bir çözümün her bir niteliği için ikili bir veri tutar. Bir x_j niteliğinin, çözümün kuralına eklenip eklenmeyeceği x_j^b değeri ile belirlenir. Başlangıç popülasyonunda x_j^b , $t(\cdot)$ rastgele üreteç fonksiyonu ve daha önceden tanımlanmış bir " δ " eşik değeri ile belirlenir. Bu işlem Denklem 5 ile hesaplanmıştır.

$$x_j = \begin{cases} 1 & (\text{eğer } x_j \text{ kuralda kullanılmışsa}) \\ 0 & (\text{eğer } x_j \text{ kuralda kullanılmamışsa}) \end{cases} \quad (5)$$

$X_i^a = (x_1^a, x_2^a, \dots, x_j^a, \dots, x_d^a)$, bir çözüme ait kuralın her niteliği için hesaplanan alt limitleri gösterirken, $X_i^u = (x_1^u, x_2^u, \dots, x_j^u, \dots, x_d^u)$ ise ilgili çözüm kuralındaki niteliklerin üst limitlerini gösterir ($x_d^a, x_d^u \in R$). Arama uzayında alt değeri N^a ve üst değeri N^u olan " j " niteliği için, " $N^a \leq x_j^a < x_j^u \leq N^u$ " koşulu her iterasyonda her zaman geçerlidir. İterasyonlar süresince her bir aday kendine ait X_i^b, X_i^a ve X_i^u değerlerini yeniden hesaplar. İterasyonların sonunda $x_j^b > \delta$ şartını sağlayan her nitelik " X_i " çözümünün kuralına eklenir. Veri setindeki her sınıf için kural madenciliği optimizasyonu ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Bu, ana veri setinin (arama uzayının) her bir sınıf için alt uzaylara bölündüğü ve her optimizasyon işleminin ilgili alt uzayda gerçekleştiği anlamına gelmektedir. Bir çözümün X_i^b, X_i^a , ve X_i^u değerleri, ilgili arama uzayındaki her veri için kontrol edilir ve amaç fonksiyonunun uygunluk değerini hesaplamak için kullanılır. Örneğin, "S" sınıfı için gerçekleştirilen bir kural madenciliği optimizasyon işleminde, bir çözümün kendi kuralında 1., 3. ve 5. nitelikleri kullandığını varsayalım (x_1^b, x_3^b , ve $x_5^b > \delta, i$. iterasyonda). Bu durumda, aday çözümün " k " verisi ($X_{k_1}, X_{k_2}, \dots, X_{k_m}$), için kontrol edilmesi Denklem 6'ya göre gerçekleştirilecektir.

$$\text{eğer } x_1^a \leq X_{k_1} \leq x_1^u \text{ ve } x_3^a \leq X_{k_3} \leq x_3^u \text{ ve } x_5^a \leq X_{k_5} \leq x_5^u \quad (6)$$

Bu hesaplama işlemi, amacın uygunluk değerini hesaplamak için kullanılmaktadır. Çalışmada, amaç fonksiyonu olarak sınıflandırmanın "doğruluk" değeri alınmıştır. X_i çözümünün "doğruluk" değerini bulmak için ilgili "S" sınıfına ait her veri için Denklem 6'daki koşul tek tek kontrol edilir. Bu işlemlerin sonucunda

doğru pozitif (DP), doğru negatif (DN), yanlış pozitif (YP) ve yanlış negatif (YN) değerleri elde edilir. Bunun için, Tablo 1’de gösterildiği gibi, ilgili kuralın “eğer” kısmı (İSE öncesi) ve “ise” kısmı (İSE sonrası) ayrı ayrı değerlendirilir. Daha sonra, amaç fonksiyonu olarak kullanılan “doğruluk” değeri, ilgili kuralın DP, DN, YP ve YN değerleri baz alınarak Denklem 7’deki gibi hesaplanır.

Tablo 1. DP, DN, YP ve YN değerlerinin hesaplanması

“eğer” kısmı	“ise” kısmı	İşlem
Doğru	Doğru	DP’yi 1 artır
Yanlış	Yanlış	DN’yi 1 artır
Doğru	Yanlış	YP’yi 1 artır
Yanlış	Doğru	YN’yi 1 artır

$$\text{Doğruluk} = \frac{DP + DN}{DP + DN + YP + YN} \quad (7)$$

DP; kuralın hem sol hem de sağ tarafının doğru olduğu durum sayısı, DN; kuralın her iki tarafının yanlış olduğu durum sayısı, YP; kuralın sol tarafının doğru, sağ tarafının yanlış olduğu durum sayısı, YN ise kuralın sol tarafının yanlış, sağ tarafının doğru olduğu durum sayısıdır. Algoritma 2’de verilen sözde kod, kural çıkarım tabanlı Ayçiçeği Optimizasyon Algoritmasında yukarıda açıklanan süreçlerin işleyişini göstermektedir. Algoritmanın işleyişi iki aşamada gerçekleşmektedir. Birincisi eğitim aşamasıdır. Bu aşamada eğitim veri setleri için uygunluk değerine göre uyarlanmış AOA çalıştırılır. Algoritma iterasyonları sonunda elde edilen kurallar test verileri için tekrar denenmektedir. Aynı değerlendirme süreçleri bu kez test verileri için yapılır. Elde edilen sonuçlar test verileri ile yapılan deneylere aittir.

Algoritma 2. Uyarlanmış AOA sözde kodu

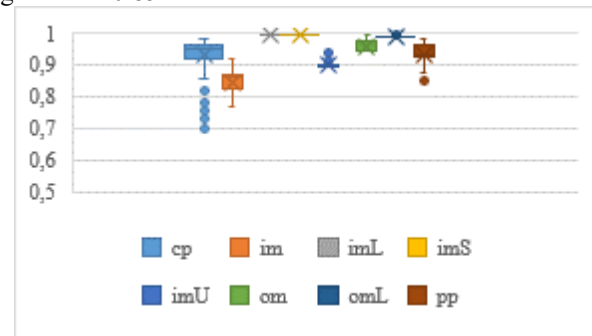
1. Veri setini al
2. Aday sınıflandırma kural setini gösteren kodlanmış popülasyonu başlat (X_i için X_i^b, X_i^a ve X_i^u ’yu başlat)
3. Itr_{max} ← maksimum iterasyon sayısı
4. N_{pop} ← popülasyon boyutu
5. O ← Popülasyondan çıkarma oranı (%)
6. for $i=1$ ’den N_{pop}
7. $X_i = \text{BireyÜreteçFonksiyonu}(X_i^b, X_i^a, X_i^u)$
8. PopülasyonaEkle(X_i)
9. end for
10. VarsayılanDeğerlereAyarla(DP, DN, YP, YN)
11. AmaçDeğerHesapla()
12. $X^* \leftarrow \text{GüneşKuralıBul}()$
13. while($i < Itr_{max}$)
14. GüneşYonlendir()
15. for $j=1$ ’den N_{pop}
16. BireyVektörHesapla()
17. UzakBireyleriÇıkar(% O , i)
18. YeniBireyleriDeğerlendir(X^*)
19. end for
20. VarsayılanDeğerlereAyarla(DP, DN, YP, YN)
21. AmaçDeğerHesapla()
22. $X^* \leftarrow \text{GüneşKuralıBul}()$
23. End while
24. testVerileriİçinKurallarıDene()
25. EniyiKuralıGöster()

4. DENEYLER

Çalışmada, literatürde iyi bilinen üç farklı veri tabanı ile deneyler gerçekleştirilmiştir. Bunlar Ecoli, Iris ve Glass veri setleridir. Amaç fonksiyonu olarak doğruluk

kullanılmış ve uygulama platformu olarak Python tercih edilmiştir. Bununla birlikte, elde edilen sonuçların daha sağlıklı değerlendirilmesi için literatürde iyi bilinen sınıflandırma algoritmalarına ait sonuçlar kullanılmıştır. Kullanılan sınıflandırma algoritmaları karar ağacı, k-NN, JRIP, Naive Bayes ve Destek Vektör Makinesi (DVM)’dir. Bu veri setlerinin %66’sı eğitim, %34’ü ise test işlemleri için ayrılmıştır. Ayrırma işlemi, her bir sınıfın ağırlık oranı dikkate alınarak yapılmıştır. Böylece ana veri setindeki örnek sayılarına göre sınıf ağırlık oranları hem eğitim hem de test veri setlerinde korunmuştur. Kullanılan veri setlerine ait özellikler Tablo 2’deki gibidir. Deneylerde ilk olarak her bir sınıf için eğitim iterasyonları gerçekleştirilmiş daha sonra test süreçleri tamamlanmıştır. İlgili veri seti için algoritmanın doğruluk değeri, içerdiği tüm sınıfların ağırlıklı oranları ile elde edilmiştir. Her bir veri setine ait sınıf ağırlıkları bir sınıfın ilgili veri setindeki örnek sayısına göre belirlenmiştir. Karşılaştırmalı sonuçlar için ilgili veri setleri aynı eğitim ve test veri seti ayırma oranları korunarak standart sınıflandırma algoritmaları için denenmiştir.

Kural çıkarım tabanlı AOA ile yapılan deneylerde veri setlerindeki her bir sınıf için yirmi ayrı deney gerçekleştirilmiştir. Böylece toplamda 340 deney yapılmıştır. İlk deney Ecoli veri seti için gerçekleştirilmiştir. Ecoli veri seti için karşılaştırmalı doğruluk değeri sonuçları Tablo 3’te görülmektedir. Tablo 4’te bu veri seti ile yapılan deneylerden birine ait elde edilen doğruluk değerleri ve çıkarılan kurallar paylaşılmıştır. Bu veri seti için yapılan tüm deneylere ait istatistiksel sonuçlar ise Tablo 5’te verilmiştir. Ecoli veri setinde elde edilen sonuçlar ve sınıf ağırlık değerlerine göre ortalama doğruluk değeri 0,945 olmuştur. Buna göre standart sınıflandırma algoritmaları sonuçları ile karşılaştırıldığında kural çıkarım temelli AOA en başarılı sonucu vermeyi başarmıştır. Standart sınıflandırma algoritmaları içinde en başarılı sonuç Naive Bayes en düşük sonuç ise Karar Ağacı tarafından elde edilmiştir. Tablo 4 ve 5’ten görüleceği gibi AOA başarımı düşük yoğunluk değerli sınıflarda daha yüksektir. Yüksek yoğunluk sınıflarda ise ortalama başarımların 0,850’nin altına inmemiştir. Standart sınıflar içerisinde en yüksek doğruluk değeri sırasıyla Naive Bayes ve DVM tarafından elde edilmiştir. En düşük başarımlar ise karar ağacına aittir. Bu veri seti ile yapılan deneylere ait sonuçların dağılımı Şekil 1’de verilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere neredeyse tüm sınıflarda başarımlar genellikle 0.85’in üzerindedir.



Şekil 1. Ecoli veri seti deneyleri sonuç dağılımları için çeyrekler açıklığı grafikleri

Tablo 2. Veri Setleri

Data seti	Alanı	Örnek Sayısı	Sınıflar	Sınıflardaki Örnek Sayısı	Nitelikler	Min. Değer	Maks. Değer
Ecoli	Biyoinformatik	336	cp	143	mcg	0	0,89
			im	77	gvh	0,16	1
			pp	52	lip	0,48	1
			imU	35	chg	0,5	1
			om	20	aac	0	0,88
			omL	5	alm1	0,03	1
			imL	2	alm2	0	0,99
			imS	2			
Glass	Fizik	214			Ri	1,51115	1,53393
					Na	10,73	17,38
			1	70	Mg	0,0	4,49
			2	76	Al	0,29	3,5
			3	17	Si	69,81	75,41
			5	13	K	0,0	6,21
			6	9	Ca	5,43	16,19
			7	29	Ba	0,0	3,15
Iris	Yaşam	150	Setosa	50	sepal_uzunluk	4,3	7,9
			Versicolor	50	sepal_genişlik	2,0	4,4
			Virginica	50	petal_uzunluk	1,0	6,9
					petal_genişlik	0,1	2,5

Tablo 3. Ecoli veri seti için karşılaştırmalı “doğruluk” değeri sonuçları

Data Seti	Karar Ağacı	k-NN	JRIP	Naive Bayes	DVM	AoA
Ecoli	0,767	0,803	0,806	0,854	0,842	0,945

Tablo4.Ecoli veri seti kuralları

Sınıf	Doğruluk	Kural
cp	0,936	EĞER 0,160 < gvh <0,581 VE 0,030 < alm1 <0,521 İSE cp
im	0,919	EĞER 0,000 < mcg <0,633 VE 0,596 < alm1 <0,940 İSE im
imS	0,995	EĞER 0,600 < mcg <0,879 VE 0,467 < gvh <0,892 VE 0,744 < lip <0,974 VE 0,303 < aac <0,541 İSE imS
imL	1	EĞER 0,327 < mcg <0,880 VE 0,169 < gvh <0,752 VE 0,861 < lip <1,000 VE 0,426 < aac <0,527 VE 0,711 < alm2 <0,938 İSE imL
imU	0,946	EĞER 0,743 < mcg <0,889 VE 0,001 < aac <0,876 VE 0,442 < alm2 <0,939 İSE imU
om	0,995	EĞER 0,544 < mcg <0,802 VE 0,637 < aac <0,880 VE 0,142 < alm2 <0,604 İSE om
omL	1	EĞER 0,879 < lip <1,000 VE 0,165 < alm2 <0,502 İSE omL
pp	0,982	EĞER 0,567 < mcg <0,831 VE 0,561 < gvh <0,866 VE 0,077 < aac <0,634 İSE pp

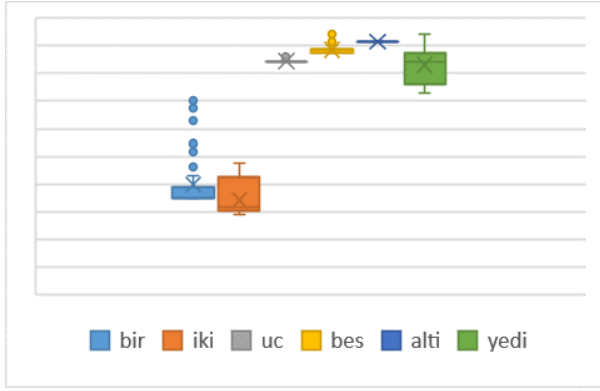
Tablo5. Ecoli veri seti için istatistiksel sonuçlar

	cp	im	imS	imL	imU	om	omL	pp
Min	0,701	0,769	0,995	0,995	0,895	0,941	0,986	0,846
Maks	0,936	0,919	0,995	1,000	0,946	0,995	1,000	0,982
Ortalama	0,901	0,850	0,995	0,995	0,901	0,958	0,990	0,935
Ortanca	0,920	0,860	0,995	0,995	0,896	0,950	0,986	0,932
Std.Sapma	0,052	0,042	2,66454E-14	0,0003	0,009	0,017	0,005	0,031

Kriminal soruşturma çalışmalarından elde edilen bir veri seti olan Glass, çalışılan diğer bir arama uzayıdır. Toplamda altı sınıflı bu veri seti için yapılan deneylerden birinde elde edilen doğruluk değerleri ve bu değerleri sağlayan kurallar Tablo 6 ve 7’de paylaşılmıştır. Tablo 8 ise bu veri seti ile yapılan, toplamda 120 farklı deneye ait istatistiksel sonuçları göstermektedir. Tablo 7’deki deneye ait sonuçlar dikkate alındığında, sınıf ağırlık değerlerine göre ortalama doğruluk değerinin 0,676 olduğu görülmektedir. Bu değer, diğer standart sınıflandırma algoritma sonuçlarına göre en iyi dördüncü değer olmuştur. Bu veri seti için en iyi sonucu k-NN algoritması elde etmiştir. En kötü sonuç ise Naive Bayes’e aittir. Genel başarımlar olarak uyarlanmış AOA yöntemi her ne kadar vasat bir görüntü verse de kendisinden daha iyi sonuç veren algoritmalara yakın değerler üretebilmiştir. Sınıf bazında incelendiğinde bu veri setinde başarımları düşüren sınıf aslında “üç” sınıfıdır. Bu sınıfa ait başarılı bir kural çıkarımı tam olarak elde edilememiştir. Bununla beraber son üç sınıfta başarımlar

değerleri yüksektir. Öte yandan bu sınıflarda yoğunluk katsayılarının düşük olması nedeniyle başarımları çok fazla etki etmemiştir. İstatistiksel sonuçları oluşturan deney sonuç dağılımları Şekil 2’de verilmiştir. Sadece bir sınıfı için ayrı değerlerin olduğu deneylerde üç ve üstü sınıflarda açıklık düşük ve kararlılık yüksektir.

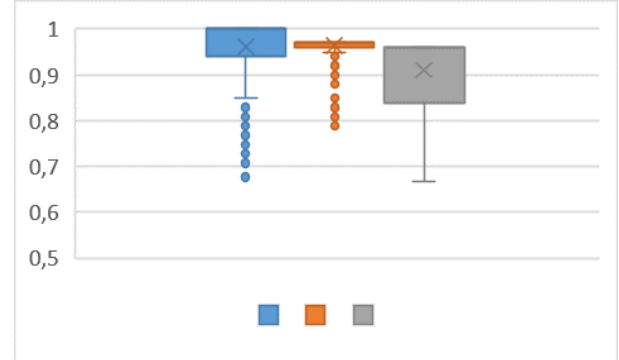
Her biri elli örnek içeren üç sınıflı Iris, literatürde iyi bilinen bir veri seti olup son deneyler bu veri seti ile gerçekleştirilmiştir. Bu veri seti ile toplamda 60 farklı deney yapılmıştır. Tablo 9 ve 10 bu deneylerden birine ait sonuçları ve diğer algoritmalara ait sonuçları karşılaştırmalı göstermektedir. Tüm deneyler için elde edilen istatistiksel sonuçlar ise Tablo 11’de paylaşılmıştır.



Şekil 2. Glass veri seti deneyleri sonuç dağılımları için çeyrekler açıklığı grafikleri

Kural çıkarım temelli AOA en iyi sonuçlardan birini bu veri setinde elde etmiştir. Standart sınıflandırma algoritmalarında en iyi sonuç 0,966 ile JRIP tarafından elde edilmişken, uyarlanmış AOA bu veri setinde tüm sınıflar için 0,977 ağırlıklı ortalama değerine ulaşmayı başarmıştır. Sınıf bazında değerlendirildiğinde tüm sınıfların yoğunluk katsayıları aynı olduğu için ağırlıklı ortalama etkileri aynı olmuştur. Setosa sınıfında başarımlar %100 oranına ulaşmayı başarmıştır. Diğer

iki sınıfta da ortalama başarımlar 0,965 olmuştur. Karar ağacı algoritması, Ecoli veri setinde olduğu gibi en düşük başarımlar değerine sahip algoritma olmuştur. Şekil 3'te verilen sonuç grafikleri incelendiğinde her ne kadar Setosa ve Versicolor'da ayrı değerler olsa da başarımlar genellikle yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 3. Iris veri seti deneyleri sonuç dağılımları için çeyrekler açıklığı grafikleri

Tablo 6. Glass veri seti için karşılaştırmalı "doğruluk" değeri sonuçları

Data Seti	Karar Ağacı	k-NN	JRIP	Naive Bayes	DVM	AoA
Glass	0,700	0,705	0,696	0,495	0,574	0,676

Tablo7. Glass veri seti kuralları

Sınıf	Doğruluk değeri	Kural
bir	0,651	EĞER 1,517 < RI <1,530 VE 2,628 < Mg <3,758 VE 7,550 < Ca <12,281 İSE bir
iki	0,580	EĞER 11,484 < Na <15,111 VE 1,408 < Al <2,680 VE 6,717 < Ca <8,360 İSE iki
üç	0,322	EĞER 70,315 < Si <73,056 VE 3,654 < K <4,765 VE 6,607 < Ca <6,923 İSE üç
beş	0,972	EĞER 1,021 < Al <2,546 VE 71,616 < Si <74,376 VE 11,317 < Ca <12,920 İSE beş
altı	0,957	EĞER 12,693 < Na <15,404 VE 2,374 < Mg <2,580 VE 71,459 < Si <72,593 İSE altı
yedi	0,972	EĞER 0,274 < Ba <2,058 İSE yedi

Tablo8. Glass veri seti için istatistiksel sonuçlar

	bir	iki	üç	beş	altı	yedi
Min	0,574	0,505	0,122	0,936	0,957	0,865
Maks	0,651	0,580	0,322	0,972	0,957	0,972
Ortalama	0,605	0,554	0,221	0,942	0,957	0,916
Ortanca	0,604	0,559	0,198	0,943	0,957	0,922
Std.Sapma	0,045	0,030	0,004	0,007	5,88418E-15	0,032

Tablo 9. Iris veri seti için karşılaştırmalı "doğruluk" değeri sonuçları

Data Seti	Karar Ağacı	k-NN	JRIP	Naive Bayes	DVM	AoA
Iris	0,926	0,953	0,966	0,96	0,960	0,977

Tablo 10. Iris veri seti kuralları

Sınıf	Doğruluk değeri	Kural
Setosa	1	EĞER 1,000 < petal_length <2,126 İSE setosa
Versicolor	0,970	EĞER 2,856 < petal_length <5,109 VE 0,811 < petal_width <1,786 İSE versicolor
Virginica	0,960	EĞER 1,649 < petal_width <2,500 İSE virginica

Tablo 11. Iris veri seti için istatistiksel sonuçlar

	setosa	versicolor	virginica
Min	0,677	0,788	0,667
Maks	1	0,970	0,960
Ortalama	0,961	0,963	0,914
Ortanca	1	0,970	0,960
Std.Sapma	0,060	0,014	0,070

5. SONUÇLAR

Ayrıklaştırma safhasından dolayı standart kural çıkarım tekniklerinde başarımlar olumsuz etkilenebilmektedir. Optimizasyon temelli yaklaşımların sürekli verileri üzerinde ayrıklaştırma yapmadan çalışabilmesi onlara bu konuda önemli avantajlar sağlayabilir. Bu amaçla bu çalışmada, optimizasyon temelli kural çıkarımına odaklanılmıştır. Çalışma, son yılların başarılı bitki zekası temelli meta sezgisel yaklaşımlarından olan Ayçiçeği Optimizasyon Algoritmasını (AOA) kullanmıştır. Bu amaçla bu problem için uygun temsil biçimi ve uygunluk fonksiyonu belirlenmiştir. Önerilen yaklaşım üç farklı disiplinde toplanmış olan veri seti için test edilmiş ve sonuçları literatürde iyi bilinen standart sınıflandırma algoritmaları ile karşılaştırılmıştır. Toplamda 340 ayrı deney gerçekleştirilmiştir. Başarım metriği olarak doğruluk kullanılmıştır. Her bir sınıf için gerçekleştirilen deneyler sonucunda, ilgili veri seti için sonuç doğruluk değeri sınıf yoğunluk katsayılarına göre hesaplanmıştır. Yapılan deneylerde, iki veri setinde en iyi sonuç, önerilen AOA temelli yaklaşımla elde edilmiştir. Elde edilen kurallar ve yapılan tüm deneylere ait istatistiksel sonuçlar önerilen uyarlanmış AOA yaklaşımının başarısını ispatlamıştır. Öte yandan kullanılan standart sınıflandırma algoritmaları içinde Naive Bayes ve DVM daha başarılı olurken Karar Ağacı iki veri setinde en düşük sonuçlara sahip olmuştur. Yazarlar bundan sonraki çalışmalarında çok amaçlı ve hibrid kural çıkarım çalışmalarına odaklanacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Savargiv M, Masoumi B, Keyvanpour MR. A new ensemble learning method based on learning automata. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*.2020; 1-16.
- [2] Liu J, Chi Y, Liu Z, He S. Ensemble multi-objective evolutionary algorithm for gene regulatory network reconstruction based on fuzzy cognitive maps. *CAAI Transactions on Intelligence Technology*. 2019; 4(1): 24–12.
- [3] He C, Ma M, Wang P. Extract Interpretability-Accuracy balanced Rules from Artificial Neural Networks: A Review. *Neurocomputing*. 2020; 387(C):346-12.
- [4] Kiziloluk S, Alatas B. Automatic mining of numerical classification rules with parliamentary optimization algorithm. *Advances in Electrical and Computer Engineering*. 2015; 15(4): 17-8.
- [5] Phoungphol P, Zhang Y, Zhao Y. Robust multiclass classification for learning from imbalanced biomedical data. *Tsinghua Science and Technology*. 2012; 17(6): 619-9.
- [6] Gündoğan KK, Alataş B, Karci A. Mining Classification Rules by Using Genetic Algorithms with Nonrandom Initial Population and Uniform Operator. *Turk J Elec Engin*. 2004;12(1): 43-9.
- [7] Pourpanaha F, Limb CP, Saleha JM. A hybrid model of fuzzy ARTMAP and genetic algorithm for data classification and rule extraction. *Expert Systems with Applications*. 2016;49:74-11.
- [8] Tripathy S, Hota S, Satapathy P. MTACO-Miner: Modified Threshold Ant Colony Optimization Miner for Classification Rule Mining. *Emerging Research in Computing, Information, Communication and Applications*. Elsevier; 2013.p.1-5.
- [9] Taboada K, Mabu S, Gonzales E, Shimada K, Hirasawa K. Fuzzy Classification Rule Mining Based on Genetic Network Programming Algorithm. *IEEE Conference on Systems, Man, and Cybernetics*. USA: 2009. p. 3960-6.
- [10] Dehuri S, Cho S. Multi-objective Classification Rule Mining Using Gene Expression Programming. *Third International Conference on Convergence and Hybrid Information Technology*. Korea:2008. p. 755-7.
- [11] Zhong-Yang X, Lei Z, Yu-Fang Z. A Classification Rule Mining Method Using Hybrid Genetic Algorithms. *IEEE Region 10 Conference Tencon*. Thailand: 2004. p.207-4.
- [12] Ghobaei-Arani M, Sourı A, Safara F, Norouzi M. An efficient task scheduling approach using moth-flame optimization algorithm for cyber-physical system applications in fog computing. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*. 2019; 31(1):1-14.
- [13] Safara F, Mohammed AS, Potrus MY, Ali S, Tho QT, Sourı A, et al. An Author Gender Detection Method Using Whale Optimization Algorithm and Artificial Neural Network. *IEEE Access*.2020; 8:48428-10.
- [14] Yildirim G, Alatas B. (2021), New Adaptive Intelligent Grey Wolf Optimizer based Multi-Objective Quantitative Classification Rules Mining Approaches. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. 2021; <https://doi.org/10.1007/s12652-020-02701-9>.
- [15] Akyol S, Alataş B. Plant intelligence based metaheuristic optimization algorithms. *Artificial Intelligence Review*. 2017;47:417–45.
- [16] Qais MH, Hasanien HM, Alghuwainem S. Identification of electrical parameters for three-diode photovoltaic model using analytical and sunflower optimization algorithm. *Applied Energy*. 2019;250:109-8.
- [17] Gomes GF, Almeida FA. Tuning metaheuristic algorithms using mixture design:Application of sunflower optimization for structural damage identification. *Advances in Engineering Software*. 2020;149:102877
- [18] Yuan Z, Wang W, Wang H, Razmjoo N. A new technique for optimal estimation of the circuit-based PEMFCs using developed Sunflower Optimization Algorithm. *Energy Reports*. 2020; 6: 662-9.
- [19] Hussien AM, Hasanien HM, Mekhamer SF. Sunflower optimization algorithm-based optimal PI control for enhancing the performance of an autonomous operation of a microgrid. *Ain Shams Engineering Journal*. 2021; 12(2):1883-10.
- [20] Shaheen MAM, Hasanien HM, Mekhamer SF, Talaat HEA. Optimal Power of Power Systems Including Distributed Generation Units Using

- Sunflower Optimization Algorithm. IEEE Access. 2019; 7: 109289-11.
- [21] Alshammari BM, Guesmi T. New Chaotic Sunflower Optimization Algorithm for Optimal Tuning of Power System Stabilizers. Journal of Electrical Engineering & Technology. 2020; 15: 1985-12.
- [22] Gomes GF, Cunha Jr SS, Ancelotti Jr AC. A sunflower optimization (SFO) algorithm applied to damage identification on laminated composite plates. Engineering with Computers. 2019; 35: 619-7.
- [23] Proença HM, Leeuwen M. Interpretable multiclass classification by MDL-based rule lists. Information Sciences. 2020; 512: 1372-21.
- [24] Miranda TZ, Sardinha DB, Cerri R. (2019). Preventing the Generation of Inconsistent Sets of Classification Rules. Expert Systems with Applications. 2019;165.



Görüntü Bölütleme İçin Fourier Dönüşümü, Hessian Matris Ve Özdeğerler Kullanılarak Yeni Bir Aktif Kontur Modeli

Kazım HANBAY^{1*}

¹ İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Yazılım Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye
 Kazım HANBAY ORCID No: 0000-0003-1374-1417

*Sorumlu yazar: kazinhanbay@gmail.com

(Alınış: 02.08.2021, Kabul: 09.08.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Anahtar Kelimeler

Aktif kontur modeli,
 Görüntü bölütleme,
 Fourier dönüşümü,
 Hessian matrisi

Öz: Aktif kontur model nesne sınırlarını bölütleyebilir ve bu yüzden görüntü analizinde ve bölütlemesinde kullanılmaktadır. Frekans bilgisi ve yüksek mertebeli diferansiyel hesaplamalar içermeyen mevcut aktif kontur modelleri yoğunluk eşitsizliği ve gürültü içeren bazı görüntüleri bölütlerken başarısızdır. Bu çalışmada mevcut Hessian matris ve özdeğer temelli metod içerisine Fourier dönüşümü entegre edilerek yeni bir aktif kontur modeli geliştirilmiştir. Giriş görüntüsünün Fourier dönüşümü hesaplanmış ve düzey küme fonksiyonunda aktif bir şekilde kullanılmıştır. Sonuçta frekans alanında elde edilen piksel yoğunluk bilgisinin diferansiyel analizi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca piksel analizinin uzaysal bilgi içerdiği mevcut Hessian matris ve özdeğer temelli metottan farklı olarak, bu yeni model değişmez Fourier alanında sınır piksel bileşenlerini tespit etmeyi amaçlamaktadır. Geliştirilen model mevcut Hessian matris ve özdeğer temelli metod ve LIF metodu ile karşılaştırılmıştır. Deneysel sonuçlar önerilen metodun düşük iterasyon ve yüksek bölütleme doğruluğu ile daha iyi bölütleme performansını elde edebildiğini göstermiştir.

A New Active Contour Model Using Fourier Transform, Hessian Matrix And Eigenvalues For Image Segmentation

Keywords

Active contour model,
 Image segmentation,
 Fourier transform,
 Hessian matrix

Abstract: Active contour model can segment object boundaries and thus it has been used in image analysis and segmentation. Current active contour models without frequency information and high-order differential computations fail when segmenting some images containing intensity inhomogeneity and noise. In this paper, a new active contour model has been developed by integrating the Fourier transform into the existing Hessian matrix and eigenvalue-based method. The Fourier transform of the input image is calculated and used actively in the level set function. As a result, differential analysis of the pixel density information obtained in the frequency domain has also performed. Also, unlike the current Hessian matrix and eigenvalue-based method where the pixel analysis contains the spatial information, this new model aim to detect the boundary pixel components in the invariant Fourier domain. The developed method is compared with existing Hessian matrix and eigenvalue-based method and LIF method. Experimental results show that the proposed method can achieve a better segmentation performance with less iterations and high segmentation accuracy.

1. GİRİŞ

Görüntü bölütleme bilgisayar görmesi ve görüntü işleme ve alanlarında yaygın şekilde kullanılmaktadır. Görüntü işleme uygulamalarının özel alanlarında bölütleme yapılarak anlamlı bilgi çıkarımı yapılabilmektedir. Kass ve ark. [1] tarafından geliştirilen aktif kontur yöntemi popüler görüntü bölütleme yöntemleri arasında yer almakta olup oldukça zorlu problemlerde etkin sonuçlar

üretmektedir. Aktif kontur yöntemi görüntülerdeki nesnelerin kenarlarını tespit ederek farklı nesnelere bulan bir yöntemdir. Bu yöntemde öncelikle nesnelerin etrafında onları çevreleyen bir şerit oluşturulur. Algoritmanın ilerleyişine paralel şekilde şeridi oluşturan noktalar nesneye doğru yaklaşarak nesnenin kenarları üzerinde dururlar. Böylece nesnelerin kenar bölgeleri tespit edilmiş olur.

Aktif kontur modelleri kenar temelli modeller [2,3] ve bölge tabanlı modeller [4–6] olmak üzere genel olarak iki ana sınıfta incelenmektedir. Kenar temelli yöntemler arasında en bilineni geodezik aktif kontur yöntemidir [7]. Bu yöntemde kenarlar gradyan büyüklüğüne göre tespit edilmektedir. Ancak bu yöntem gürültüden etkilenmektedir. Bölge temelli aktif kontur yöntemleri ise genellikle düzey kümesi (level set) yöntemini kullanırlar [8,9]. CV yöntemi bu yöntemler arasında en bilinenidir [6]. Bu yöntemlerde eğrinin iç ve dış gölgesinde kalan enerji tanımlanır. Enerji minimum değere ulaştığında elde edilen eğri nesnenin sınırı olarak tanımlanır. Bu yöntemdeki enerji hesaplamalarını iyileştirmek için farklı yaklaşımlar geliştirilmiştir [10,11]. Böylece CV yönteminin gürültü hassasiyeti ve çalışma hızı iyileştirilmiştir. Yine kontur iç bölgesinin düzensiz olduğu görüntülerde daha iyi bölütleme elde etmek için yumuşak kontur bölütlemesi yapabilen çalışmalar geliştirilmiştir [12]. Diğer bir çalışmada ise düzey küme fonksiyonu güncellenmesinde düzenlenmiş Heaviside ve Dirac delta fonksiyonları kullanılmıştır [13]. Böylece bölge temelli bölütleme yöntemlerinin özellikle çalışma hızı iyileştirilmiştir. Kenar bölgelerindeki gürültü etkisini azaltmak için tasarlanan bir aktif kontur yönteminde ise bölgesel benzerlik faktörü geliştirilmiştir [14]. Böylece komşu piksellerin benzerlik değerleri analiz edilerek gürültü bileşenleri elenmiştir. Görüntü içerisinde farklı görünüş davranışlarına sahip bölgeleri tespit ederek bölütlenmelerini sağlamak için kaskat öğrenme metodu geliştirilmiştir [15]. Bu yöntemde ilgilenilen bölgenin şekil bilgisi ile yine aynı bölgenin görünüş bilgilerinin olasılıksal modeli düzey küme fonksiyonu içerisinde birlikte kullanılmıştır. Ancak bu yöntem renk bağımlı çalışmakta olup görüntülerde olabilecek farklı renk bölgelerinde istenen sonucu vermemektedir.

Yukarıda bahsedilen literatür çalışmalarında yöntemlerin gürültüye karşı zayıflıkları, yüksek çalışma zamanları ve renk farklılıklarında elde ettikleri düşük başarılar göze çarpan temel eksiklikler olarak öne çıkmaktadır. Bu noktalardan hareketle, bu çalışmada hızlı, yüksek bölütleme doğruluğuna sahip ve düzgün obje sınırları elde edebilen yeni bir aktif kontur yöntemi geliştirilmiştir. Geliştirilen bölge temelli bölütleme yönteminde literatürde daha önce geliştirilen bir yöntem içerisine Fourier dönüşümü entegre edilerek yöntemin frekans alanına taşınması sağlanmıştır. Böylece bazı görüntülerde özdeğer matrisi ile elde edilemeyen ancak gerekli olan önemli bölgesel frekans bileşenleri tespit edilerek yöntemin düzey küme fonksiyonunun davranışı iyileştirilmiştir.

Çalışma şu şekilde organize edilmiştir: Bölüm 2’de literatürde daha önce geliştirilen bölge temelli aktif kontur yönteminin önemli adımları sunulmuştur. Bölüm 3’te geliştirilen Fourier dönüşümü temelli yeni yöntem detaylandırılmıştır. Bölüm 4’te yöntemin bölütleme sonuçları karşılaştırmalı şekilde irdelenmiştir. Bölüm 5’te ise elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

2. HESSIAN MATRİSİ VE ÖZDEĞER TEMELLİ AKTİF KONTUR YÖNTEMİ

Görüntülerde türev hesaplamalarında kullanılan gradyan bilgisi yerine ikinci mertebe türev hesaplamaları kullanılarak kenar ve köşe gibi değişim ifade eden bilgiler elde edilebilmektedir. Bu noktadan hareketle aktif kontur yöntemleri içerisinde gradyan hesaplaması yerine görüntünün Hessian matrisi hesaplanarak elde edilen özdeğer bilgileri ile etkili bölütleme yöntemleri geliştirilmiştir [3]. Özdeğer bilgilerini kullanmaya dayanan bu yöntemde iç ve dış konturların yoğunluk bilgileri düzey kümesi metodu kullanılarak hesaplanmaktadır. Bunun için öncelikle bir I görüntüsünün birinci ve ikinci mertebeden türevleri hesaplanarak Hessian matrisi aşağıdaki gibi hesaplanmıştır [3,16]:

$$H(x, y) = \begin{pmatrix} \frac{\partial^2}{\partial x^2} I(x, y) & \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} I(x, y) \\ \frac{\partial^2}{\partial y \partial x} I(x, y) & \frac{\partial^2}{\partial y^2} I(x, y) \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} D_{xx} & D_{xy} \\ D_{xy} & D_{yy} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Burada D_{xx} , D_{yy} ve D_{xy} görüntünün sırasıyla ikinci mertebeden yatay, dikey ve diagonal türevlerini göstermektedir. Hesaplanan Hessian matrisi kullanılarak görüntünün özdeğer matrisleri aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\lambda_1 = \frac{1}{2} \left(D_{xx} + D_{yy} - \sqrt{-2D_{xx}D_{yy} + D_{xx}^2 + 4D_{xy}^2 + D_{yy}^2} \right) \quad (2)$$

$$\lambda_2 = \frac{1}{2} \left(D_{xx} + D_{yy} + \sqrt{-2D_{xx}D_{yy} + D_{xx}^2 + 4D_{xy}^2 + D_{yy}^2} \right) \quad (3)$$

Burada λ_1 ve λ_2 özdeğer matrisleridir. Bu bilgiler görüntü için bir defa hesaplandıktan sonra aşağıdaki enerji fonksiyonunu minimize etmek için kullanılmıştır:

$$E(c_1, c_2, C) = \int_{inside(C)} |I(x) - c_1| dx + \int_{outside(C)} |I(x) - c_2| dx, \quad x \in \Omega \quad (4)$$

Burada $I(x): \Omega \rightarrow \mathbb{R}$ and $C: [0,1] \rightarrow \Omega$ parametre edilmiş bir düzlemsel (planar) eğriyi tanımlamaktadır. C konturu I görüntüsünü birbiri ile örtüşmeyen iki bölgeye ayırmaktadır. Enerji fonksiyonu c_1 ve c_2 terimleri açısından minimize edilerek optimal c_1 ve c_2 bilgileri elde edilir. Bu noktada görüntünün özdeğer matrisleri enerji fonksiyonuna aşağıdaki gibi entegre edilerek doğru obje sınırını ifade eden aktif kontur eğrisi elde edilmiştir:

$$E(c_1, c_2, C) = \left(\int_{inside(C)} \frac{I(x) - \frac{c_1+c_2}{2}}{\max\left(|I(x) - \frac{c_1+c_2}{2}|\right)} dx + \int_{outside(C)} \frac{I(x) - \frac{c_1+c_2}{2}}{\max\left(|I(x) - \frac{c_1+c_2}{2}|\right)} dx \right) \left| eig(\mathcal{H}(I(x))) \right| \quad (5)$$

Burada $\left| eig(\mathcal{H}(I(x))) \right|$ I görüntüsünün Hessian matrisinin özdeğerlerini ifade etmektedir. Özdeğer bilgilerinin enerji fonksiyonunda kullanılmasıyla $E(c_1, c_2, C)$ fonksiyonu Lipschitz fonksiyonuna göre (ϕ)

minimize edilir ve böylece gradyan azaltma akışı (gradient descent flow) aşağıdaki ifade ile hesaplanmış olur:

$$\frac{\partial \phi(x, t)}{\partial t} = H \left(\text{spf}(I(x)) \cdot \left| \text{eig} \left(\mathcal{H}(I(x)) \right) \right| \right) \quad (6)$$

Burada *spf* fonksiyonu başlangıç konturu kullanarak nesne kenarlarını hesaplamaya yardımcı olurken, $\left| \text{eig} \left(\mathcal{H}(I(x)) \right) \right|$ ifadesi ile de özdeğer matrislerinin büyüklük bilgisi kullanılarak özellikle nesne kenarlarının ortaya çıkarılması hedeflenmiştir. Çünkü görüntüdeki farklı nesnelerin kenar ve köşe bilgileri özdeğer bilgileri ile etkin bir şekilde ortaya çıkartılmıştır. Piksel değişimleri enerji fonksiyonuna özdeğerler ile verildiği için, başlangıç aktif konturunun iteratif bir şekilde ilerleyişi esnasında konturun kenar bölgelerine hızlı yakınsama yapması sağlanmıştır.

Bu yöntem birçok görüntüde oldukça iyi sonuçlar üretmiştir. Bununla birlikte sınıf içi farklılıkların az olduğu ve nesne sınırlarının gürültülü olduğu bazı görüntülerde istenen sonuçları verememektedir. Ayrıca iteratif kontur bulma sürecinde nesnelerin kenar bölgelerinin frekans alanı temsil bilgilerinin sürece dahil edilmediği görülmektedir. Bu nedenle geliştirilen bu yöntem bazı görüntülerde istenen sonucu vermemektedir.

3. ÖNERİLEN YÖNTEM

Fourier dönüşümü zaman alanındaki bir sinyali frekans alanına dönüştürmek için kullanılmaktadır [17-18]. Böylece sinyalin anlaşılmasını sağlayarak anlamlı bilgiler çıkartılması amaçlanmıştır. Bir sinyalin öteleme ve ölçekleme gibi parametrelerden bağımsız bir şekilde analiz edilebilmesi Fourier dönüşümünün sağladığı önemli avantajlardandır. Görüntülerinde benzer şekilde Fourier dönüşümleri hesaplanarak frekans alanındaki lokal ve bölgesel piksel davranışları analiz edilebilmektedir. Fourier dönüşümünün daha etkin ve hızlı yapılabilmesi için hızlı fourier dönüşümü (FFT) kullanılmaktadır [18].

$M \times N$ boyutundaki bir I giriş görüntüsünün Fourier dönüşümü Eşitlik 7 kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$F(u, v) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} I(x, y) \times e^{-j2\pi(ux+vy)/N} \quad (7)$$

Fourier dönüşümü ile görüntünün pikselleri frekans alanına dönüştürülmektedir. Yapılan çalışmalarda Fourier dönüşümü ile elde edilen gerek frekans spektrumu gerekse faz spektrumu kullanılarak görüntülerdeki önemli olabilecek bilgiler çıkartılıp analiz edilebilmektedir.

Bu çalışmada kaynak [3]'teki aktif kontur yöntemine önemli bir yenilikçi yaklaşım kazandırılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda bölütlenecek görüntünün

öncelikle bir defaya mahsus FFT'si hesaplanarak bölütlenecek bölgelerin frekans bileşenlerinin enerji fonksiyonuna aktif şekilde dahil edilmesi amaçlanmıştır. Böylece ham giriş görüntüsünün Hessian matrisi ve özdeğerlerini hesaplamak yerine, giriş görüntüsünün Fourier dönüşümünün Hessian matrisi ve özdeğerleri hesaplanmıştır. Böylece görüntüde olabilecek dönme, örtüşme ve gürültü gibi durumlardan minimum etkilenen bir yöntem geliştirilmesi hedeflenmiştir. Geliştirilen yöntemin temel adımları şu şekildedir:

Adım 1: Düzey küme fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanarak başlatılır:

$$\phi(x, t = 0) = \begin{cases} 1, & x \in \Omega_0 \\ -1, & x \in \Omega - \Omega_0 \end{cases} \quad (8)$$

Burada Ω_0 görüntü Ω nın bir alt kümesini gösterir.

Adım 2: Giriş görüntüsünün FFT'si $F(u, v)$ hesaplanır.

Adım 3: Eşitlik 1 kullanılarak $F(u, v)$ 'nin Hessian matrisi hesaplanır.

Adım 4: Eşitlik 2 ve Eşitlik 3 kullanılarak Hessian'nın λ_1 ve λ_2 özdeğer matrisleri hesaplanır.

Adım 5: Özdeğerlerin büyüklük bilgisi $u(x) = \left| \text{eig} \left(\mathcal{H}(F(u, v)) \right) \right| = \sqrt{\lambda_1^2 + \lambda_2^2}$ ifadesi ile hesaplanır.

Adım 6: Enerji fonksiyonu $E(c_1, c_2, C)$ Eşitlik 5'teki ifade kullanılarak iteratif şekilde alt işlemler olarak şu şekilde minimize edilir.

Adım 6.1: $|\phi^{k+1} - \phi^k| > 0$, burada k iterasyon sayısıdır.

Adım 6.2: $c_1(\phi)$ ve $c_2(\phi)$ fonksiyonları hesaplanır [3].

Adım 6.3: *spf* fonksiyonu $\text{spf}(I(x)) = \frac{I(x) - \frac{c_1+c_2}{2}}{\max\left(|I(x) - \frac{c_1+c_2}{2}\right|)}$ ifadesi ile hesaplanır.

Adım 6.4: Eşitlik 6'daki düzey küme fonksiyonu kullanılarak düzey küme fonksiyonu değerlendirilir. Bu çalışmada düzey küme fonksiyonu aşağıdaki gibi düzenlenerek görüntünün Fourier dönüşümü $F(u, v)$ bilgisi düzey küme fonksiyonunda iteratif olarak kullanılmıştır:

$$\frac{\partial \phi(x, t)}{\partial t} = H \left(\text{spf}(I(x)) \cdot \left| \text{eig} \left(\mathcal{H}(F(u, v)) \right) \right| \right) \quad (9)$$

Adım 6.5: $\phi(x)$ fonksiyonu güncellenir.

Adım 7: Eğer düzey küme fonksiyonu istenilen düzeyde optimize edilmişse iterasyon sonlandırılır.

Önerilen yöntemin temel adımlarındaki en önemli fark Fourier dönüşümü $F(u, v)$ bilgisinin düzey küme fonksiyonuna entegre edilmesi ve böylece enerji

minimize etme sürecinde görüntünün frekans bileşenlerinden faydalanılmasıdır. Böylece lokal piksel davranışlarının türeve dayalı değişim bilgileri uzaysal alan yerine frekans alanında yapılmıştır. Giriş görüntüsü frekans alanına taşınarak nesnelerin kenar bölgelerinde meydana gelen piksel yoğunluk bilgilerinin değişimleri hassas bir şekilde kodlanmıştır. Aktif konturun iç ve dış bölgelerindeki enerji hızlı bir şekilde hesaplanmış ve *spf* fonksiyonun daha güvenli bir aralıkta çalışması sağlanmıştır. Böylece düzey küme fonksiyonu optimal değerlere hızlı şekilde ulaşmıştır.

Fourier dönüşümü ile özdeğer hesaplamalarının hibrit şekilde kullanılması aktif kontur literatüründe yenilikçi bir bakış açısı olarak değerlendirilmektedir. Fourier dönüşümünün sahip olduğu özelliklerin yanı sıra, özdeğerlerin dönme ve ölçekleme gibi durumlardan bağımsız olarak etkili sonuçlar vermesi dikkate değer bir etkinlik sağlamıştır. Bu durum özellikle konkav ve konveks obje sınırlarında istenen doğrulukta bölütleme sonuçları elde edilebilmiştir. Nesne kenarlar bölgelerinin geometrik olarak düz, konkav, konveks veya vadi görünümü olması yöntemin çalışmasını etkilememiştir. Çünkü özdeğerler genellikle bu tip bölgelerdeki piksel yoğunluk değişimini arka plandan ve komşu bölgelerden ayırt edebilecek geometrik özelliklere sahiptir.

4. DENEYSEL SONUÇLAR

Bu bölümde geliştirilen FFT temelli aktif kontur modelinin bölütleme sonuçları diğer yöntemlerle karşılaştırılarak verilmiştir. Değerlendirme ölçütü olarak bölütleme doğruluğu kullanılmıştır. Kullanılan görüntüler aktif kontur çalışmalarında sıklıkla kullanılan medikal görüntüler ve diğer bazı bilinen görüntülerdir. Önerilen yöntem iki farklı güncel yöntem ile karşılaştırılmıştır. İlk yöntem Bölüm 2'de detayları verilen ve geliştirilen yöntemin ele alarak bölütleme performansını arttırdığı bölge temelli aktif kontur yöntemidir [3]. İkinci yöntem ise LIF yöntemi olarak adlandırılan ve bölgesel kontur enerjisi hesaplamasına dayanan yöntemdir [4]. Bölütleme yöntemlerinin sonuçlarını metrik olarak karşılaştırmak için Figure of Merit olarak bilinen FOM hesaplaması kullanılmıştır [19]. FOM değeri 1 ise bölütleme yöntemi ideal bölütleme ile aynı sonucu üretmiş ve en doğru sonucu elde etmiş demektir. Metrik sonuçların karşılaştırıldığı ilgili tablolarda en iyi değerler koyu font olarak belirtilmiştir.

İlk uygulama renkli bir görüntü üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bölütleme sonuçları Şekil 1'de görülmektedir. Önerilen yeni yöntem FFT ile geliştirmiş olduğu mevcut Hessian-özdeğer temelli yöntemin sonuçlarını iyileştirmiştir. Görüntüdeki 4 rakamının iç ve dış gölge sınırlarını doğru şekilde tespit edebilmiştir. Özellikle dış bölge konturlarının tespit edilebilmesi *spf* ve enerji fonksiyonunun frekans alanı bilgileri ile daha etkin çalıştığına göstergesidir. Orijinal Hessian-özdeğer temelli yöntem ise dış bölge sınırlarını çift kontur şeklinde bulmuştur. LIF yöntemi ise hem süre hem de bölütleme doğruluğu açısından en kötü sonuçları

üretmiştir. Hem iç bölge hem de dış bölge sınırları pürüzlü ve doğru değildir.



Orijinal görüntü



LIF



Orijinal Hessian-Özdeğer Yöntemi



Önerilen FFT temelli Hessian-Özdeğer Yöntemi

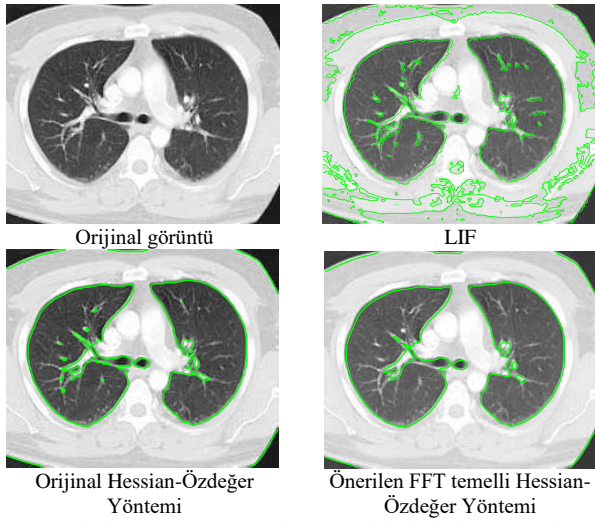
Şekil 1. Renkli görüntü için yöntemlerin bölütleme sonuçları

Aktif kontur temelli bölütleme yapan yöntemler bu konturları enerji fonksiyonunu iteratif olarak minimize ederek hesaplamaktadır. Bu nedenle karşılaştırma çalışmalarında yöntemlerin aktif kontur üretme sürecini kaç iterasyonda ve ne kadar sürede (saniye) tamamladıkları da önemli bir parametredir. Yine üretilen bölütleme sonuçlarının gerçek bölütleme ile olan benzerliğinin metrik olarak ölçülmesi için FOM sonuçlarına da yer verilmiştir. Bu nedenle Tablo 1'de Şekil 1'de görülen sonuçlar için yöntemlerin iterasyon sayıları ve çalışma zamanları verilmiştir. LIF yönteminin en iyi sonuçları üretmesi için optimal iterasyon sayısı 600 olarak sabitlenmiştir. Ancak buna rağmen istenen sonuçlara ulaşamamıştır. Orijinal Hessian-özdeğer yöntemi geliştirilen yeni yöntemle göre daha düşük iterasyon sayısına ve çalışma süresine sahip olmasına rağmen bölütleme doğruluğu açısından daha düşük FOM değerine sahiptir.

Tablo 1. Şekil 1'deki sonuçlar için yöntemlerin iterasyon sayılarının, çalışma sürelerinin ve FOM değerlerinin karşılaştırılması

Yöntemler	İterasyon sayısı	Süre	FOM
LIF	600	8.263	0.738
Orijinal Hessian-Özdeğer Yöntemi	2	0.175	0.138
Önerilen FFT temelli Hessian-Özdeğer Yöntemi	3	0.214	0.742

Yapılan ikinci uygulamada ise medikal bir görüntü kullanılarak yöntemin performansı incelenmiştir. Bilgisayarlı tomografi (BT) ile elde edilen akciğer görüntüsünde önerilen yöntem akciğer sınırlarını ve iç bölgelerini aşırı bölütleme yapmadan bulabilmiştir. Orijinal Hessian-özdeğer yöntemi ise iç bölgelerde kısmen aşırı bölütleme yapmıştır. LIF yöntemi ise hem akciğer sınırlarını pürüzlü bulmuş hem de iç bölgelerde ve görüntünün farklı bölgelerinde yanlış ve aşırı bölütleme gerçekleştirmiştir.



Şekil 2. Akciğer BT görüntüsü için yöntemlerin bölütleme sonuçları

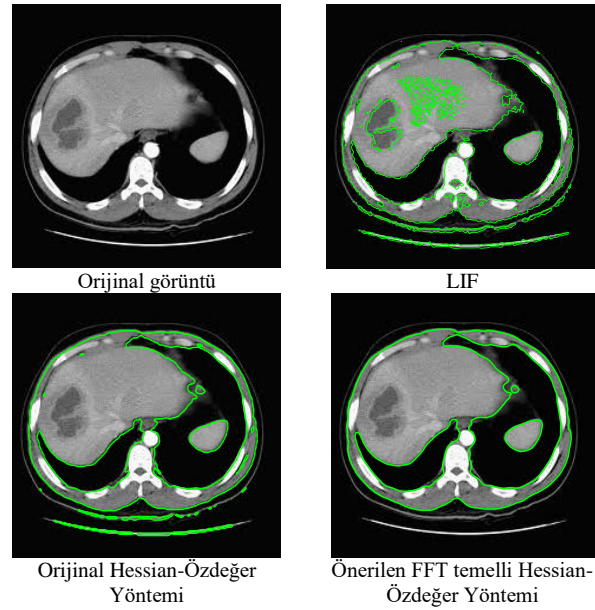
Akciğer BT görüntüsü için yöntemlerin metrik olarak karşılaştırılması Tablo 2’de verilmiştir. Şekil 1’deki uygulamada olduğu gibi orijinal Hessian-özdeğer yöntemi daha düşük iterasyon sayısına ve çalışma zamanına sahip olmakla birlikte medikal uygulamalarda önemli olan bölütleme doğruluğu ve hassasiyeti açısından daha düşük FOM değerine sahiptir. LIF yöntemi ise her 3 parametre açısından en kötü yöntemdir.

Tablo 2. Şekil 2’deki sonuçlar için yöntemlerin iterasyon sayılarının, çalışma sürelerinin ve FOM değerlerinin karşılaştırılması

Yöntemler	İterasyon sayısı	Süre	FOM
LIF	600	38.74	0.320
Orijinal Hessian-Özdeğer Yöntemi	4	0.324	0.624
Önerilen FFT temelli Hessian-Özdeğer Yöntemi	4	0.358	0.701

Diğer bir uygulama ise yine bir medikal görüntü olan karaciğer BT görüntüsü üzerinde yapılmıştır. Geliştirilen yeni yöntem orijinal yöntemin aşırı bölütlemesini düzelterek karaciğer konturlarını daha yumuşak ve örtüşme problemi olmadan bulmuştur. Özellikle karaciğer boyutunun metrik olarak hesaplanması gereken teşhis ve tedavi uygulamalarında bu FFT temelli yeni yöntem ile karaciğer boyutları daha doğru bir şekilde hesaplanabilir. Yine görüntülerde olabilen ve görüntü içeriği ile ilgisi olmayan alt bölgeleri görmezden gelmiştir. Ancak LIF ve orijinal Hessian-özdeğer yöntemi bu bölgeleri de bölütlemeye çalışmıştır.

Tablo 3’te Şekil 3’te elde edilen bölütleme sonuçlarına ait metrik ölçümler verilmiştir. Diğer sonuçlara benzer şekilde önerilen yeni yöntem en yüksek bölütleme doğruluğuna sahip olmakla beraber makul iterasyon sayısına ve çalışma süresine sahiptir. LIF yöntemi hem süre hem de FOM değeri açısından en kötü yöntemdir.



Şekil 3. Karaciğer BT görüntüsü için yöntemlerin bölütleme sonuçları

Tablo 3. Şekil 3’teki sonuçlar için yöntemlerin iterasyon sayılarının, çalışma sürelerinin ve FOM değerlerinin karşılaştırılması

Yöntemler	İterasyon sayısı	Süre	FOM
LIF	600	42.59	0.425
Orijinal Hessian-Özdeğer Yöntemi	5	1.597	0.542
Önerilen FFT temelli Hessian-Özdeğer Yöntemi	5	1.783	0.685

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada uzaysal alanda çalışan mevcut Hessian matrisi ve özdeğer bilgilerini kullanan aktif kontur yöntemine Fourier dönüşümü ile farklı bir yetkinlik kazandıran yeni bir aktif kontur yöntemi geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntemde giriş görüntüsü frekans alanına dönüştürülerek gerekli tüm Hessian ve özdeğer hesaplamaları bu alanda yapılmıştır. Böylece edilebilmesi spf ve enerji fonksiyonlarının görüntünün frekans bileşenlerinden elde edilen piksel yoğunluk bilgileri ile etkili sonuçlar üretmesi hedeflenmiştir. Geliştirilen yöntem nesne sınırlarını ele alınan orijinal yöntemle göre daha iyi tespit edebilmiştir. Özellikle aşırı bölütleme sorunu giderilmiştir. Yeni yöntem iterasyon sayısı ve çalışma zamanı olarak orijinal yöntemle göre kısmen maliyetli olmakla beraber bölütleme doğruluğu daha iyidir. Karşılaştırma sonuçlarına göre yeni yöntem literatürdeki LIF yöntemine göre de tüm parametreler açısından üstünlük sağlamıştır.

Bununla birlikte geliştirilen yöntemin zayıf nesne kenarlarının arka plandan ayırt edilmesinde kısmi olarak eksiklikleri bulunmaktadır. Nesne kenarlarında özdeğer bilgilerinin analitik olarak piksel bazlı yorumlanması ile bu eksikliğin giderileceği düşünülmektedir. Gelecekte bu yönde çalışmalar yürütülmesi planlanmaktadır. Ayrıca diğer frekans alanı dönüşümlerinin Hessian ve özdeğer hesaplamaları ile ilgili davranışları üzerinde incelemeler yapılması hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Kass M, Witkin A, Terzopoulos D. Snakes: Active contour models. *Int J Comput Vis.* 1988;1(4):321–31.
- [2] Caselles V, Kimmel R, Sapiro G. Geodesic Active Contours. *Int J Comput Vis.* 1997;22(1):61–79.
- [3] Hanbay K, Talu MF. A novel active contour model for medical images via the Hessian matrix and eigenvalues. *Comput Math with Appl.* 2018;75(9):3081–104.
- [4] Zhang K, Song H, Zhang L. Active contours driven by local image fitting energy. *Pattern Recognit.* 2010;43(4):1199–206.
- [5] Zhang K, Zhang L, Song H, Zhou W. Active contours with selective local or global segmentation: A new formulation and level set method. *Image Vis Comput.* 2010;28(4):668–76.
- [6] Chan TF, Vese LA. Active contours without edges. *IEEE Trans Image Process.* 2001;10(2):266–77.
- [7] Paragios N. Geodesic active contours and level sets for the detection and tracking of moving objects. *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell.* 2000;22(3):266–80.
- [8] Min H, Xia L, Pan Q, Fu H, Wang H, Li H. Local features based level set method for segmentation of images with intensity inhomogeneity. *Commun Comput Inf Sci.* 2017;772:498–508.
- [9] Duan Y, Peng T, Qi X. Active contour model based on LIF model and optimal DoG operator energy for image segmentation. *Optik.* 2020;202:163667.
- [10] Li C, Kao CY, Gore JC, Ding Z. Implicit active contours driven by local binary fitting energy. In: *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition.* Minneapolis; 2007. p. 1–7.
- [11] Brown ES, Chan TF, Bresson X. Completely convex formulation of the Chan-Vese image segmentation model. *Int J Comput Vis.* 2012;98(1):103–21.
- [12] Vese LA, Chan TF. A Multiphase Level Set Framework for Image Segmentation Using the Mumford and Shah Model. *Int J Comput Vis* 2002 503. 2002;50(3):271–93.
- [13] Menon R V., Kalipatnapu S, Chakrabarti I. High speed VLSI architecture for improved region based active contour segmentation technique. *Integration.* 2021;77:25–37.
- [14] Niu S, Chen Q, de Sisternes L, Ji Z, Zhou Z, Rubin DL. Robust noise region-based active contour model via local similarity factor for image segmentation. *Pattern Recognit.* 2017;61:104–19.
- [15] Abdelsamea MM, Pitiot A, Grineviciute RB, Besusparis J, Laurinavicius A, Ilyas M. A cascade-learning approach for automated segmentation of tumour epithelium in colorectal cancer. *Expert Syst Appl.* 2019;118:539–52.
- [16] Carmo M Do. *Differential Geometry of Curves and Surfaces.* Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ; 1976.
- [17] Cooley JW, Tukey JW. An algorithm for the machine calculation of complex Fourier series. *Math Comput.* 1965;19(90):297–301.
- [18] Duhamel P, Vetterli M. Fast fourier transforms: A tutorial review and a state of the art. *Signal Processing.* 1990;19(4):259–99.
- [19] Abdou IE, Pratt WK. Quantitative design and evaluation of enhancement/thresholding edge detectors. *Proc IEEE.* 1979;67(5):753–63.



Türkiye’de Atık Üretimini Etkileyen Faktörlerin Logit-Probit Modeller ile Belirlenmesi

Özlem AKAY^{1*}

¹ Gaziantep İslam Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Temel Tıp Bilimleri Bölümü, Gaziantep, Türkiye
 Özlem AKAY ORCID No: 0000-0002-9539-7252

*Sorumlu yazar: ozlem.akay@gibtu.edu.tr

(Alınış: 26.08.2021, Kabul: 14.10.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Anahtar Kelimeler

Çevre,
Atık Üretimi,
Logit Model,
Probit Model

Öz: Çevre sorunları giderek artmakta ve canlı yaşamını olumsuz olarak etkilemektedir. Çevre sorunlarını diğer yaşamsal ve toplumsal sorunlardan ayırıştıran temel fark evrensel boyutta bir sorun olmasıdır. Çevre sorunlarının temel kaynağını ise atıklar oluşturmaktadır. Hızlı nüfus artışı, kentleşme ve sanayileşmenin etkisiyle birlikte kaynaklar bilinçsizce kullanılmakta ve insanoğlunun çeşitli faaliyetleri sonucunda çok farklı özellikte atıklar oluşmaktadır. Sürekli artarak karşımıza çıkan atık sorunu; bireyi, aileyi ve toplumu etkilemektedir. Bu çalışmada Türkiye’de atık üretiminin belirleyicileri incelenmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu’nun veri tabanından Türkiye’nin Düzey 2 bölgelerine ait 2008-2016 yılları arası toplam atık miktarı, belediyenin aldığı vergiler, kişi başı gayri safi yurt içi hasıla, nüfus ve alınan göç değerleri ele alınmış ve verilere logit ve probit modellerin tahmin yöntemleri uygulanmıştır. Analiz sonuçlarından, belediyelerin aldığı vergilerin atık üretimi üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamsız, kişi başına gayri safi yurt içi hâsıla ve nüfusun atık miktarı üzerindeki etkisi anlamlı ve pozitif bulunmuştur. Bununla birlikte, alınan göç miktarının atık üretimi üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı ve negatiftir.

248

Determination of Factors Affecting Waste Production in Turkey with Logit-Probit Models

Keywords

Environment,
Waste
production,
Logit model,
Probit model

Abstract: Environmental problems are increasing day by day and affect living life negatively. The main difference that distinguishes environmental problems from other vital and social problems is that it is universal problem. The main cause of environmental problems is waste. With the effect of rapid population growth, urbanization, and industrialization, resources are used unconsciously and wastes with very different characteristics are formed as a result of various activities of human beings. The constantly increasing waste problem; affects the individual, family, and society. In this study, the determinants of waste generation in Turkey are examined. From the database of the Turkish Statistical Institute, the total amount of waste, taxes collected by the municipality, gross domestic product per capita, population, and immigration values for the years 2008-2016 belonging to the NUTS 2 regions of Turkey were discussed and logit and probit methods were applied to the data. From the results of the analysis, the effect of the taxes collected by the municipalities on the waste generation was statistically insignificant, the effect on the gross domestic product per capita and the waste amount of the population was found to be significant and positive. The effect of the amount of immigration on waste generation is statistically significant and negative.

1. GİRİŞ

İnsanoğlu yaşamını devam ettirebilmek için doğadan faydalanmakta ve bazı girişimlerde bulunmaktadır. Yapmış olduğu bu girişimlerin sonucu olarak çevre sorunları ortaya çıkmaktadır [1]. Çevre sorunları artık görmezden gelinemeyecek kadar görünür hale gelmiştir [2]. Çevre ile ilgili en önemli sorunlardan biri ise atıklardır [3]. Atıklar, sosyal ve ekonomik faaliyetler neticesinde ortaya çıkan, kullanıcısı tarafından atılmak

istenen, bulunduğu çevreye zarar veren ve bertaraf edilmesi gereken maddelerdir. Atıklar; üretim, tüketim, fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre ya da genel olarak, katı, sıvı, gaz atıklar ve ambalaj atıkları şeklinde sınıflandırılabilir [4].

Dünya nüfusundaki plansız ve hızlı artış, sanayileşme ve teknolojik gelişmeler ile yaşanan hızlı kentleşme, üretim ve tüketim miktarının artmasına yol açarken aynı zamanda ortaya çıkan atık miktarının da artışına sebep olmaktadır [5]. Üretildikleri andan, son uzaklaştırma

aşamasına kadar çevre ve insanla doğrudan ya da dolaylı olarak etkileşim içinde olan atıkların hemen her çevre sorununda olduğu gibi olumlu ya da olumsuz tüm etkileri orta ve uzun vadede küresel ölçektir. Atıklar yerel ya da ulusal değil uluslararası bir sorundur [6]. Atıklar, canlı sağlığına ve çevreye olan etkileri bakımından tehlikeli ve tehlikesiz olarak değerlendirilebilirler. Bununla birlikte, özellikleri ne olursa olsun atıklar, canlı yaşamının bulunduğu ortamlara hiçbir önlem alınmaksızın doğrudan atılmamalıdır. Atıklar, kontrolsüz bir biçimde bırakıldıklarında, sağlık ve teknik yönüyle koşullara uygun bir şekilde bertaraf edilmediklerinde canlı sağlığını tehdit eden özellikler göstermektedir. Havaya, toprağa ve suya karışan atıklar, mevcut türleri ile tüm canlılar için tehlike oluşturabilmektedir [7]. Atıkların çevreye etkileri fiziksel, biyolojik ve kimyasal nitelikte olabilmektedir [8]. Çevreye rahatsız edici koku yayılmasına, toprak, yer altı suları ve yüzeysel suların kirlenmesine, hastalıkların hızla yayılmasına, böcek ve haşere sorunlarının oluşmasına, ayrıca, bu alanlarında oluşan metan gazı, patlama, hava kirliliği ve heyelan vb. problemlere neden olmaktadır [9]. Çevreye sorumsuzca bırakılan atıklar canlılara fiziksel olarak zarar verirken, çöp toplama alanlarında oluşan gazlar ve sızıntı sular kimyasal ve biyolojik olarak zarar vermektedir. Atıklar, içerdikleri hastalık yapıcı ve bulaştırıcı maddelerle veya sinek fare vb. canlılar için üreme ve beslenme kaynağı olması açısından insan ve çevre sağlığını olumsuz olarak etkilemektedir [10]. Bazı hayvanlarla ya da doğrudan bulaşan veba, çüzzam, dizanteri, kolera, sıtma, tüberküloz, kuduz gibi hastalıklar biyolojik olumsuzluklara örnektir. Yanlış yönetilen atıklar insan ve çevre açısından önemli ve olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir [11]. Yetersiz atık yönetimi uygulamaları ile canlı sağlığı ve çevre arasındaki ilişki gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkelerde açıkça gözlemlenmektedir [8]. Bu yüzden, atıkların çevreye en az zarar verecek şekilde bertarafını sağlayacak yöntemlerin kullanılması gerekmektedir [12].

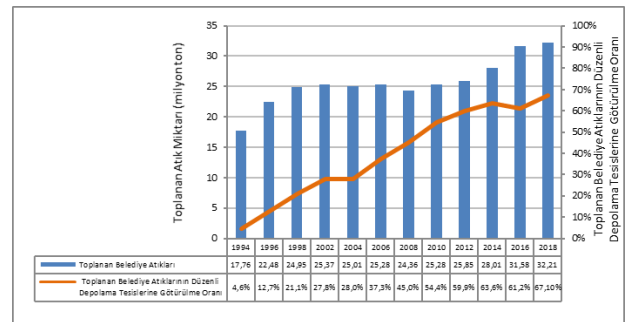
Atıklar yalnızca gözden uzaklaştırılması gereken unsurlar değil, çevresel ve teknolojik etki bakımından doğru bir teknolojik planlama ve program ile yönetilmesi gereken ekonomik kaynaklardır [13]. Toplumun yaşam düzeyini artırmak, çevrenin ve canlıların sağlığını korumak için etkin bir atık yönetimi çalışmasının yapılması, bu yönetim için de bilgi ve teknolojiye yararlanılması gerekmektedir [14].

Atıkların günlük toplanması ve taşınması belediyelere ciddi maliyet getiren bir işlemdir [15]. 2017 yılında yaklaşık 34,4 milyar TL çevre koruma harcaması yapılmış ve bu harcamaların %49'u atık yönetimi konularında olmuştur.

Belediye atıklarını, geri dönüştürülebilir atıklar (karton, metal, cam, ambalaj atıkları), karışık evsel katı atıklar, evlerden çıkan tehlikeli atıklar (boya kutuları, piller ampuller vb.), evsel nitelikli endüstriyel katı atıklar, ticari ve kurumsal atıklar (okullar, iş yerleri ve diğer kamu binalarından gelen atıklar), bahçe, pazaryeri ve hal atıkları (yeşil atıklar), hacimli atıklar (mobilya vb.),

kaldırım, cadde ve meydan süprüntüleri oluşturmaktadır [9].

Ülkemizde günlük kişi başına toplanan ortalama atık miktarı 1,17 kg'dır. Üç büyük il olan İstanbul, Ankara ve İzmir için günlük kişi başına toplanan ortalama atık miktarı sırasıyla 1,30 kg, 1,14 kg ve 1,32 kg'dır. Kişi başına günde oluşan en çok atık sırasıyla Muğla, Balıkesir, Aydın, Antalya, Tokirdağ'da oluşmaktadır. Kişi başına günde en az atık oluşturan iller ise Kahramanmaraş, Trabzon, Mardin, Erzurum, Kayseri'dir [16]. 2016 yılında 1397 belediyenin 1390 tanesinde (Yozgat, Bingöl ve Muş illerindeki bazı belediyeler hariç) atık hizmeti verilmektedir. 2016 yılı için atık hizmeti verilen nüfusun toplam nüfusa oranı %92,5'tir. Şekil 1'de yıllara göre toplanan belediye atık miktarı ve düzenli depolama oranı verilmiştir.



Şekil 1. Yıllara göre toplanan belediye atık miktarı ve düzenli depolama oranı [17].

Şekil 1'de görüldüğü gibi 2016 yılında belediyeler tarafından yaklaşık 31,6 milyon ton, 2018 yılında ise 32,2 milyon ton atık toplandığı tespit edilmiştir. 2016 yılında toplanan atığın, %0,5'i kompost tesislerine, %9,3'ü diğer geri kazanım tesislerine, %28,8'i belediye çöplüklerine ve %61,2'si düzenli depolama tesislerine gönderilirken, %0,2'si ise diğer bertaraf yöntemleri (dereye-araziye dökülerek, gömülerek ve açıkta yakılarak) ile bertaraf edilmiştir. 2018 yılında ise toplanan atığın %0,4'ü kompost tesislerine, %11,9'u ise diğer geri kazanım tesislerine, %20,2'si belediye çöplüklerine, %67,2'si düzenli depolama tesislerine gönderilirken, %0,2'si diğer bertaraf yöntemleri ile bertaraf edilmiştir [18].

390 belediye ayrı topladıkları metal, cam, plastik, kağıt vb. yaklaşık 3 milyon ton atığı geri kazanım yapan lisanslı tesisler ile kompost ve biyogaz tesislerine, 606 belediye 19,3 milyon ton atığı düzenli depolama tesislerine ve 839 belediye yaklaşık 9 milyon ton atığı belediye çöplüğüne göndermektedir. Ayrıca, 36 belediyede de yaklaşık 58 bin ton atık araziye ve dereye dökülerek, açıkta yakılarak, dolgu yapılarak ve gömülerek bertarafı yapılmaktadır.

Çalışmanın buradan sonraki bölümünde atık üretimi ile ilgili literatür çalışmaları özetlenmiştir. İkinci bölümde, çalışmada kullanılan panel logit ve probit yöntemler açıklanmıştır. Üçüncü bölümde, Türkiye'de katı atık üretiminin belirleyicileri için ekonometrik modellerin tahminleri incelenmiştir. Son bölümde ise sonuçlar

değerlendirilerek yararlı olabileceği düşünülen öneriler sunulmuştur.

Yapılan literatür çalışmalarında genel olarak katı atık yönetimine odaklanılmıştır. Ayrıca son zamanlarda atık miktarı ile gelir arasındaki ilişkinin çevresel Kuznets eğrisi bağlamında incelendiği de görülmektedir. Çalışmanın kapsamına uygun olarak yapılan çalışmalardan bazıları aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

Linderhof ve ark. (2001) [19] çalışmalarında, evsel atıkların toplanmasında ağırlığa dayalı fiyatlandırma etkilerinin ampirik bir analizini sunmuşlardır. Hollanda belediyesindeki tüm hanelere ilişkin kapsamlı bir panel veri seti kullanarak, gübrelenabilir geri dönüştürülemeyen evsel atık miktarları için kısa ve uzun vadeli fiyat etkilerini tahmin etmişlerdir. Analiz sonuçları gübrelenabilir atıkların esnekliğinin, geri dönüştürülemeyen atıkların esnekliğinden dört kat daha büyük olduğunu ve uzun dönem esnekliklerinin, kısa dönem esnekliklerinden yaklaşık %30 daha büyük olduğunu göstermiştir.

Mazzanti (2008) [20] çalışmasında, Avrupa ülkelerine ait verileri kullanarak atık üretiminin ekonomik büyümeden ayrılmasına dair ampirik kanıtlar sunmuştur. Ambalaj ve belediye atığı göstergelerine ilişkin yürütülen araştırma, meydana gelen herhangi bir ayrışmanın göreceli bir nitelikte olduğunu göstermektedir. Gelire göre tahmini atık esneklikleri, sonunda Kuznets'in atık eğrisini karakterize edecek varsayımsal bir dönüm noktasına ulaşılmasının çok uzak olduğunu vurgulamaktadır. Dolayısıyla Avrupa, atık ve gelir/tüketim göstergeleri arasındaki ilişkiyi tersine çevirme çabasında geride kalıyor gibi görünmektedir.

Mazzanti ve ark. (2009) [21] çalışmalarında, İtalyan illerine ilişkin ayrıştırmış bir panel veri seti kullanarak İtalya'da belediye atık üretimi için bağlantı koparma ve Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hakkında ampirik kanıtlar sunmuşlardır. Farklı spesifikasyonların ampirik analizi, atık üretimi ile ilgili olarak EKC ilişkisi lehine ilk kanıtı göstermektedir. Bununla birlikte, dönüm noktası (TP), çok sınırlı sayıda varlıklı Kuzey İtalya eyaletini ilgilendiren kişi başına çok yüksek katma değer seviyelerindedir. Son olarak, bazı atık yönetim araçları vekilleri üzerindeki test, bunların henüz atık üretimini etkilemediğini göstermiştir.

Uzun ve Demir (2010) [22] çalışmalarında, Türkiye için kentsel katı atık üretiminin iktisadi ve sosyal belirleyicilerini incelemişlerdir. Türkiye İstatistik Kurumu'nun veri tabanlarından elde edilen, 81 il için 2001 yılına ait yatay kesit verileri kullanarak ekonometrik modelleri tahmin etmişlerdir. Ele alınan modellerde bağımsız değişkenler, nüfus, kişi başına gayri safi yurt içi hasıla, 0-4 yaş çocuk oranı, nüfus yoğunluğu, ortalama hanehalkı büyüklüğü, medyan yaş, üniversite mezunlarının oranı iken kişi başına yıllık ortalama katı atık miktarı bağımlı değişkendir. Analiz sonuçları, kişi başına gayri safi yurt içi hasıla, ortalama hanehalkı büyüklüğü ve nüfusun kişi başına ortalama atık miktarı üzerinde anlamlı bir etkisinin olduğunu göstermiştir.

Dijkgraaf ve Gradus (2013) [23] çalışmalarında, çöp toplama için, neredeyse tüm Hollanda belediyelerinin 1998 ve 2010 yılları arasında panel verilerini kullanarak farklı kurumsal yöntemlerin maliyet etkilerini tahmin etmişlerdir. Ele alınan durumlar özel işletmeler, belediyeler arası işbirliği, belediyeye ait işletmeler ve kurum içi toplamadır. Elde edilen bulgular, özel şirketler için, eğer belediye sabit etkileri dahil edilirse, maliyet avantajının önemli ölçüde küçüleceğini ve önemsiz hale geleceğini göstermiştir. Bu durumda belediyeler arası işbirliğinin maliyet avantajı özelleştirmeden daha büyük olacaktır.

Usui ve Takeuchi (2014) [24] çalışmalarında, 8 yıl için 665 Japon şehrinin panel verilerini kullanarak, birim bazlı fiyatlandırmanın (UBP) atık üretimi ve geri dönüşüm üzerindeki uzun vadeli etkisini incelemişlerdir. Atık oluşumuna ilişkin tahmin sonuçları, küçük de olsa bir geri tepme etkisinin olduğunu göstermiştir. Ayrıca, UBP'nin geri dönüşüm üzerindeki etkisinin uzun vadede devam ettiği görülmüştür. Bununla birlikte geri dönüşüm faaliyetleri için ekonomik bir teşvike verilen kısa ve uzun vadeli tepkilerin gelir gruplarına göre farklılık gösterdiği bulunmuştur.

D'Amato ve ark. (2015) [25] çalışmalarında, mafya gibi suç örgütlerinin atık pazarlarını kontrol etmek için yerel kurumlarla işbirliğini yapmasını dikkate alarak, yüksek bölgesel heterojenliği ve yerel "atık krizlerini" göz önüne alıp İtalya için suçun yerel atık performansı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Panel ekonometrik analizler, mafyanın yerel yönetimlerin eylemleri üzerindeki etkisi daha yoğun olduğunda, geri dönüştürülebilir atıkların sıralı toplanmasının ve yasal atık bertaraf biçimlerinin daha düşük olduğunu göstermektedir.

Dijkgraaf ve Gradus (2015) [26] çalışmalarında, Hollanda için geniş bir panel veri seti kullanarak, maliyeti en aza indirgeme açısından birim bazlı fiyatlandırma sistemlerinin kurumsal atık toplama modelinden daha önemli olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca, maliyet fiyatı ve miktar etkileri arasındaki maliyet etkilerini bölerek, daha düşük idari maliyetlerin ve daha az atık miktarının maliyet düşüşlerinin en önemli itici gücü olduğunu, torba bazlı sistemin bir dezavantajının, gübrelenebilir atıkların fiyatlandırılmasının kolay olmaması olduğunu ve daha genel maliyet fonksiyonları analiz edilirse, bu tahminlerin küçük belediyeler için ölçek ekonomileri olacağını göstermişlerdir.

Liu ve ark. (2017) [27] çalışmalarında, İngiltere'nin 7 yıllık dönemine ait (2008-2014) panel verilere dayalı olarak farklı faktörlerin (ekonomik, kurumsal, politika) etkilerini belirlemek için sayım veri modellerini kullanarak yasadışı atık boşaltmanın belirleyicileri hakkında kapsamlı bir analiz sunmuşlardır. Sonuçlar, düzenli depolama maliyetindeki artışın (depolama vergisi ve depolama kapısı ücreti dahil) yasadışı atık boşaltma üzerinde önemli olumsuz bir etkiye sahip olduğunu, daha fazla atık depolama tesisi, gelir düzeyi ve cezanın yoğunluğu üzerinde önemli bir etkiye sahip

olduğunu göstermektedir. Ayrıca, yasa dışı atık boşaltma ile mücadeledeki ana zorluklar ve yasal faktörler (yani kanun yaptırımı), kurum faktörleri (yani geri dönüşüm oranı, çöplük dağılımı) ve ekonomik faktörler (yani gelir seviyesi) açısından ihtiyaç duyulan ilgili eylemleri göstermektedir.

Cetrulo ve ark. (2018) [28] çalışmalarında, Brezilya katı atık politikasının (PNRS) etkinliğini değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Belediye atık yönetimi kilit performans göstergelerinin iyileşip iyileşmediğini değerlendirmek için panel veriler üzerinden ampirik bir istatistiksel analiz yapmışlardır. Bulgular, PNRS'nin belediye atık yönetiminde istenen değişiklikleri gerçekleştirmediğini, özellikle incelenen belediye atık üretimi, atık toplama sıklığı, geri kazanılan geri dönüştürülebilir atık oranı ve düzenli depolama alanları göstergelerinde önemli bir iyileştirme gözlemlenmediğini göstermektedir.

Ercolano ve ark. (2018) [29] çalışmalarında, 2005 ve 2011 yılları arasında İtalya'nın Lombardiya bölgesindeki 1497 belediyeyi gözlemleyen yeni bir veri tabanı kullanarak Atık Kuznets Eğrisi (WKC) hipotezinin ampirik bir testini sunmuşlardır. Sabit etkiler regresyon analizleri, genelleştirilmiş moment modelleri yöntemi ve bir dizi sağlık kontrolü, inceleme altındaki belediyeler arasında ekonomik kalkınma ile atık üretimi arasında ters U şeklinde bir ilişki olduğunu güçlü bir şekilde göstermiştir. Bununla birlikte, inceleme altındaki belediyelerden sadece birkaçı tahmin edilen eğrinin dönüm noktasına ulaşmaktadır.

Pérez-López ve ark. (2018) [30] çalışmalarında, zamanla değişmeyen ve zamanla değişen ölçekli verimsizliği hesaplamak için veri zarflama analizi (DEA) panel veri tahminlerini kullanarak yeni bir yöntemin uygulanmasıyla katı atık bertaraf hizmetinin uzun vadeli ölçek verimliliğini analiz etmişlerdir. Önerilen yöntem, belediye büyüklüğü ve hizmet yönetiminin uzun bir süre boyunca hizmet verimliliği üzerindeki etkisini belirlemek için 2002-2014 dönemine ait katı atık toplama hizmetine uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar, ortak yönetim biçimlerinin daha uzun vadeli ölçek verimliliği elde ettiğini göstermektedir. Ayrıca, 20.000 ile 50.000 kişilik nüfusa sahip belediyelerin, hizmeti dışarıdan temin etmesi durumunda uzun vadeli ölçek verimliliğinin artacağı tespit edilmiştir.

Jaligot ve Chenal (2018) [31] çalışmalarında, İsviçre'deki Vaud kantonunda üç sosyo-ekonomik faktörün kentsel katı atık (MSW) üretimi üzerindeki etkisini anlamak için Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezini kullanmışlardır. Vaud, son zamanlarda MSW üretimini sınırlamak için çeşitli önlemler uygulayan Fransızca konuşan bir kantondur. Kantonun üç ilçesine ait 1996 ve 2015 yılları arasında bağımsız değişkenler olarak belirlenen gelir, kentleşme ve politika uygulaması için zaman serileri göstergeleri kullanılmıştır. EKC'yi test etmek için genelleştirilmiş en küçük kareler yöntemi kullanılarak panel veri analizi yapılmıştır. Bulgular, kentleşmenin MSW üretimi ile düşük negatif ilişkili olduğunu, ancak istatistiksel olarak anlamlı olmadığını göstermektedir. Ancak, atık torbası vergisi gibi doğrudan

bir politika mekanizması, atık üretimindeki azalma ile önemli ölçüde ilişkilendirilmiştir. Genel olarak, atık üretimi gelir arttıkça istikrar kazanma eğilimi gösterdiğinden, Vaud kantonunda EKC'nin varlığından söz edilemez.

Önder (2018) [32] çalışmasında, OECD üye ülkelerin çevre kirliliğini azaltmakta uyguladığı olduğu politikaların katılımı ölçmek için oluşturulan endeks ile ölçülen çevresel politikaların, atık yaratma üzerindeki etkisini panel veri analizi ile incelemiştir. Çalışmada, 2007-2012 yılları arasında 26 OECD ülkesinin çevresel politika katılımı değişkeninin yanında sanayileşme, kentleşme ve GSYH değişkenleri de ele alınmıştır. Driscoll Kraay Tahmircisi ile elde edilen analiz sonuçlarından, kentleşme oranının atık oluşumunu azalttığı, sanayileşmenin atık oluşumunu arttırdığı ve çevresel politika katılımının atık yaratma üzerinde istatistiki açıdan anlamlı bir etkisinin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Gui ve ark. (2019) [33] çalışmalarında, 2006-2015 dönemi için 285 Çin şehrinin panel verilerini kullanarak makroekonomik faktörlerden kentsel katı atığa (MSW) mekansal bağımlılığın etkisini şehir düzeyinde araştırmışlardır. Ayrıntılı iki uzamsal panel modeli kullanılarak elde edilen ampirik sonuçlar, yol uzunluğu, üçüncül oran ve kentleşme oranının, MSW üretimini önemli ölçüde hızlandırdığını, sıhhi tesisat yatırımı ve eğitim düzeyinin MSW üretimi ile düşük negatif ilişkili olduğunu ve kişi başına düşen gayri safi yurt içi hasılanın MSW üretimi ile karşılıklı bir gelişme ilişkisine sahip olduğunu göstermiştir.

Romano ve ark. (2019) [34] çalışmalarında, İtalya, Toskana'daki 279 belediyenin tamamı için 2012-2015 dönemine ait kesit veri setini kullanarak belediye atık üretiminin ve yeniden üretimin nasıl ve ne şekilde yeniden üretildiğini araştırmışlardır. Panel veri regresyon modellerinde nüfus yoğunluğu, belediyenin ortalama yaşı, belediye alanı ve kişi başına düşen vergilendirilebilir ortalama gelir, kontrol değişkenleri olarak ele alınmıştır. Çalışma, belediye politikalarının atık yönetimi performansıyla ilişkisini göstermektedir. Sonuçlar, kentsel atık hizmetleri özel şirketler tarafından yönetildiğinde ve ayrıca kişi başına düşen ortalama vergilendirilebilir gelir düşük olduğunda, belediye atık üretiminin daha yüksek olduğunu göstermektedir. Belediyeler tarafından sıfır atık stratejisinin benimsenmesi, Toskana belediyelerinde ayrı toplama oranını önemli ölçüde iyileştirmektedir. Katı atık toplama ve bertaraf hizmetlerini karma mülkiyetli firmalara emanet eden belediyeler, hizmeti doğrudan yöneten veya kamuya ait firmalara emanet eden belediyelere göre daha düşük ayrı toplama oranlarına sahiptir. Ayrıca, nüfus yoğunluğunun ve kişi başına düşen ortalama vergilendirilebilir gelirin daha yüksek olduğu yerlerde ayrı toplama oranı daha yüksektir.

Liu ve ark. (2019) [35] çalışmalarında, Çin'de kentsel katı atık (MSW) üretimini etkileyen faktörleri araştırmak için 30 Çin eyaletinin panel verilerine dayanan küresel bir model oluşturmuşlardır. Bölgesel heterojenite göz

önüne alınmış, iller ekonomik ve tüketim göstergelerine göre üç gruba ayrılmıştır. Her grubun kendi yerel MSW üretim modeli vardır. Sonuçlar, konut için yapılan hane harcamaları ve üçüncül sanayi oranının yüksek ve düşük seviyeli illerde zıt yönde etkilediğini göstermektedir. Ayrıca, gri model (1,1) (GM(1,1)) ve çoklu doğrusal regresyon (MLR) kombinasyonu ile gelişmekte olan illerin gelişmiş bölgelerden daha fazla MSW üreteceği bulunmuştur.

De Weerdts ve ark. (2020) [36] çalışmalarında, Belçika'nın Flanders kentinde yakma vergisinin endüstriyel plastik atık üretimi üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. Farklı türlerde ekonometrik panel analizleri yapılmış ve firmaların gecikmeli davranış sergilediklerine dair istatistiksel kanıtlar sağlanmıştır. Dinamik panel tahminleri ile yakma vergilerindeki artışın endüstriyel plastik atık üretiminin büyümesi üzerinde önemli, olumsuz etkiler yarattığını gösteren güçlü sonuçlar elde edilmiştir. Vergi oranları geçerli piyasa koşullarına göre belirlenirse, yani yakma alternatiflerinin marjinal maliyetleri dikkate alınır, yakma vergilendirmesinin anlamlı olacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Cheng ve ark. (2020) [37] çalışmalarında, atık politikası ve kentsel katı atık (MSW) üzerindeki temel sosyo-ekonomik değişkenleri incelemiş ve çevresel Kuznets eğrisi (EKC) hipotezini test etmişlerdir. 2003-2016 dönemi için Çin'deki 258 şehrin panel verilerine dayanan fark-fark (DID) yöntemiyle nüfus, refah ve teknoloji (STIRPAT) üzerinde regresyon modeli ile genişletilmiş stokastik etkiyi değerlendirmişlerdir. Bulgular, MSW ve kentsel madencilik yönetim stratejileri ve politikalarının makul bir formülasyonunu desteklemektedir. Sonuçlar, atık politikasının uygulanmasının özellikle merkezi bölgede MSW üretimini azalttığını ancak kuzeydoğu bölgesini etkilemediğini göstermektedir. Ulusal düzeyde ve çeşitli alanlarda MSW üretimi ile ekonomik büyüme arasında önemli bir N-şekilli eğri, U-şekilli eğri veya ters N-şekilli eğri mevcuttur, ancak geleneksel EKC hipotezini destekleyen hiçbir kanıt bulunamamıştır.

Boubellouta ve Kusch-Brandt (2021) [38] çalışmalarında, 2008-2016 dönemi boyunca 27 Avrupa ülkesi için ekonomik büyüme ile kötü e-atık yönetimi arasındaki çevresel Kuznets eğrisi (EKC) hipotezini incelemişlerdir. Çalışmada yanlış yönetilen e-atık, yani toplanmayan ve geri dönüştürülmeyen/yeniden kullanılmayan e-atık ele alınmış ve panel entegrasyon tahmini olarak Tam Modifiye Olağan En Küçük Kare (FMOLS), Dinamik Sıradan En Küçük Kare (DOLS), geleneksel Havuzlanmış Sıradan En Küçük Kare (OLS) ve En Güçlü En Küçük Kareler (MM-tahmini) kullanılmıştır. Kullanılan tüm tahminciler, EKC hipotezi tarafından ileri sürüldüğü gibi, ekonomik büyüme ve yanlış yönetilen e-atık arasındaki ters U-şekilli ilişkiyi tutarlı bir şekilde tanımlamıştır. Ekonomik büyümeden toplanmayan ve geri dönüştürülmeyen/yeniden kullanılmayan e-atıklara doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Ayrıca sonuçlar, özel sektöre verilen kredi arttıkça yanlış yönetilen e-atıkların arttığını ortaya koymaktadır.

lo Storto (2021) [39] çalışmasında, Veri Zarflama Analizi (VZA) ve Panel Tobit analizi kullanarak 2010-2017 dönemine ait Puglia bölgesindeki (Güney İtalya) 258 belediye için kentsel katı atık (MSW) yönetiminin performansını değerlendirmiştir. Sonuçlar, birçok belediyenin hala kabul edilebilir performans puanlarına ulaşmaktan uzak olduğunu, aynı zamanda birçok belediyede (yaklaşık %87), MSW hizmet etkinliğini iyileştirmek için insanlar tarafından üretilen ortalama atık miktarının azaltılması gerektiğini göstermektedir.

Campos-Alba ve ark. (2021) [40] çalışmalarında, 2005-2015 dönemi için 283 belediyeden alınan verileri kullanarak İspanya'daki atık yönetimi hizmetinin verimliliğini analiz etmişlerdir. Çalışmada, üretim sürecinde girdi-çıkıtı ilişkisine dayalı homojen bir verimlilik tahmini elde etmeyi sağlayan panel veri order-m sınırları ve farklı belediye büyüklükleri göz önünde bulundurularak ön yüklemeli budanmış regresyon kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, maliyet etkinliğinin, yerel yönetimlerin belirli siyasi ve sosyoekonomik faktörleri, somut olarak ilerici bir parti hükümeti, koalisyon hükümetleri, daha büyük bir finansal bağımsızlık, daha büyük bir turizm ve sanayi faaliyeti, belediyedeki yabancı uyruklu sakinlerin ve kadınların oranı ile arttığını göstermektedir.

Bu çalışmada, Türkiye'de atık üretimini etkileyen faktörleri belirlemek amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, Türkiye'nin Düzey 2 bölgeleri için 2008-2016 yılları arası belediyelerin topladığı toplam atık miktarı, belediyenin aldığı vergiler, kişi başı gayri safi yurt içi hasıla, nüfus ve alınan göç değerleri ele alınarak panel veri seti oluşturulmuştur. Elde edilen veri setine logit ve probit modellerin tahmin yöntemleri uygulanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Panel Logit-Probit Modeller

Panel veri modellerinde, bağımlı değişkenin nitel olduğu modeller, Nitel Bağımlı Değişkenli Panel Veri Modelleridir [41]. Bağımlı değişkenin 0 ve 1 gibi iki değer alması durumunda bu modeller kullanılmaktadır. Bağımlı değişken, bir olayın gerçekleşmesi durumunda 1, gerçekleşmemesi durumunda 0 değerini almaktadır. Bu panel veri modelleri, klasik nitel tercih modellerinde yer alan doğrusal olasılık, logit ve probit modellerin hem birim hem de zaman boyutunda incelenmesini mümkün kılmaktadır [42]. Bu modellerin kullanım amacı, bir durumun meydana gelme olasılığını etkileyen faktörlerin ortaya çıkarılmasıdır [43].

Analiz edilmesi istenen modelde yer alan nitel bağımlı değişkenli panel veri modellerinin genel gösterimi Eşitlik 1.'de verilmiştir [44].

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta'X_{it} + \varepsilon_{it} \quad i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T \quad (1)$$

Modeldeki bağımlı değişken iki seçeneğe ise t zamanında i . birim için istenilen olayın gerçekleşmesi

durumunda $Y_{it} = 1$ değerini, gerçekleşmemesi durumunda ise $Y_{it} = 0$ değerini alacaktır. Yani,

$$Y_{it} = \begin{cases} 1 & \text{ise } P(Y_{it} = 1) = P_{it} \\ 0 & \text{ise } P(Y_{it} = 0) = 1 - P_{it} \end{cases} \quad (2)$$

Eşitlik 2.'deki gibi olmak üzere Y_{it} 'nin beklenen değeri,

$$E(Y_{it}) = 1 \cdot P_{it} + 0 \cdot (1 - P_{it}) = P_{it} \quad (3)$$

Eşitlik 3.'teki gibi gösterilmektedir. Burada P_{it} bir olayın meydana gelme olasılığını göstermektedir [41]. Beklenen değer ilgili olayın gerçekleşme olasılığına eşit olduğu görülmektedir. Herhangi bir t zamanda i . birimin gerçekleşme olasılığı ise,

$$P_{it} = Pr(Y_{it} = 1) = E(Y_{it} \setminus X_{it}) = F(\beta'X_{it}) \quad (4)$$

Eşitlik 4.'teki gibidir ve kümülatif dağılım fonksiyonunu temsil eden "F" fonksiyonu tanımlanma şekline göre doğrusal olasılık, logit ve probit gibi modellerin seçilmesinde kullanılmaktadır [42].

Panel logit modellerde homojen ve heterojen modellerden yararlanılmaktadır. Sabit ve eğim katsayılarının her ikisinin de birimlere ve zamana göre sabit tutulduğu modeller homojen modellerdir. Birimler arası değişikliklerden ya da birimler ve zaman içinde oluşan farklılıklardan meydana gelen değişimleri modele katabilmek için heterojen panel logit modelleri kullanılmaktadır [45]. Logit modelde lojistik dağılım kullanılmaktadır. P_{it} incelenen olayın gerçekleşme olasılığını göstermek üzere, homojen panel logit modelleri için olasılık,

$$P_{it} = P(Y_{it} = 1) = F(\beta'X_{it}) \quad (5)$$

ve

$$P_{it} = \frac{e^{\beta'X_{it}}}{(1+e^{\beta'X_{it}})} \quad (6)$$

Eşitlik 5. ve Eşitlik 6.'daki gibi hesaplanır. Heterojen panel logit modelleri için olasılık Eşitlik 7.'deki gibi

$$P_{it} = P(Y_{it} = 1) = F(\mu_{it} + \beta'X_{it}) \quad (7)$$

olur ve

$$P_{it} = \frac{e^{\mu_{it} + \beta'X_{it}}}{(1+e^{\mu_{it} + \beta'X_{it}})} \quad (8)$$

Eşitlik 8. elde edilir [46]. Birimlere veya birimlere ve zamana göre gözlemlerde meydana gelen değişikliklerin modele dahil edilmesine göre rassal etkili logit panel veri modelleri elde edilebilecektir [43].

İkili panel nitel tercih modellerinde, nitel bağımlı değişkenin davranışını açıklamak için geliştirilen diğer bir model probit modellerdir [46]. Nitel olan bir bağımlı değişkenin bir veya daha fazla bağımsız değişkenle açıklandığı modeldir. Burada bağımlı değişkenin belli

bir kategoriye girme yani belli bir değeri alma olasılığı kümülatif normal dağılım kullanılarak tahmin edilmektedir. Belli x değerleri için bağımlı değişkenin 1'e eşit olma olasılığı Eşitlik 9.-Eşitlik 11.'den hesaplanır.

$$Pr(Y_{it} = 1 \setminus X) = \Phi(X\beta) \quad (9)$$

$$\Phi(X\beta) = \int_{-\infty}^{X\beta} \Phi(z) dz = \pi \quad (10)$$

$$\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} \quad (11)$$

Burada $\Phi(X\beta)$ kümülatif standart normal dağılımı göstermektedir [47].

3. VERİ VE BULGULAR

Çalışmada, Türkiye'de atık üretimini etkileyen faktörleri belirlemek amacıyla Düzey 2 bölgeleri için 2008-2016 yılları arası ikişer yıllık panel veri seti ele alınmıştır. Verilerin ikişer yıllık alınmasının nedeni, Belediye Atık İstatistikleri kapsamında belediyeler adına veya belediyeler tarafından toplanan belediye atık miktarının iki yılda bir yapılan anket çalışmalarıyla derlenmesi ve yayımlanmasıdır [48]. Veriler Türkiye İstatistik Kurumu veri tabanından elde edilmiş ve analize başlamadan önce doğal logaritmaları alınmıştır. Belediyelerin topladığı toplam atık miktarı (TA, ton) olan bağımlı değişken, t yılında i bölgesi için bir önceki yıla göre toplam atık miktarı artmış ise 1, t yılında i bölgesi için bir önceki yıla göre toplam atık miktarı azalmış ise 0 değerini alan bir nitel değişkendir. Bağımsız değişkenler, belediyenin aldığı vergiler (BAV), kişi başı gayri safi yurt içi hasıla (KBGSYH), bölgelerin nüfusu (N) ve alınan göç (AG) değerleridir. Ele alınan değişkenler yapılan literatür çalışmaları ve verilerin ulaşılabilirliği göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde atık üretimini etkileyen faktörler genel olarak, kişi başı gayrisafi yurt içi hasıla, nüfus, nüfus artış hızı, okur yazarlık oranı, ortalama hane halkı büyüklüğü ve kentleşme olduğu görülmüştür. Çalışmanın bağımlı değişkeninin iki durumlu bir değişken olması nedeniyle logit ve probit modelleri tercih edilmiştir. Logit ve probit modeller bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki doğrusal olmayan ilişkiyi en iyi ölçen modellerdir [49]. Veriler, STATA 13 istatistik programı kullanılarak analiz edilmiştir.

Sabit etkili logit modelin mi yoksa rassal etkili logit modelin mi kullanılacağına karar vermek için Hausman testi yapılmıştır. Hausman testi, sabit etkili ve rassal etkili modeller arasında hangi modelin tercih edilmesi gerektiğine karar vermek için kullanılır [50]. Elde edilen analiz sonucunda, "Parametreler arasındaki fark sistematik değildir" şeklinde kurulan yokluk hipotezi red edilemediğinden ($p=0.2006$) rassal etkiler tahmin edicisinin geçerli olduğu görülmüştür. Probit model için ise uygulamalarda genel olarak rassal etkili panel probit modelleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Rassal etkili panel probit modelleri için en çok benzerlik tahmin edicileri tutarlı ve etkin olmaktadır [46]. Bu bilgiler doğrultusunda çalışmada, Türkiye'deki toplam atık miktarını etkileyen faktörler rassal etkili logit ve probit

modelleri ile tahmin edilmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Panel Logit ve Probit Tahmin Sonuçları

Değişkenler	Logit Model		Probit Model	
	Katsayı	Olasılık değeri	Katsayı	Olasılık değeri
BAV	-0,6971073	0,172	-0,4385536	0,162
KBGSYH	2,222131	0,007	1,390226	0,005
N	2,63482	0,024	1,660698	0,020
AG	-2,204041	0,039	-1,392354	0,033
Cons.	-23,58257	0,015	-14,74777	0,012
Log	-79,560345		-79,432008	
Likelihood				
Wald chi2(4)	8,94	0,0626	9,55	0,0488

Tablo 1 incelendiğinde, Wald testi sonucu %5 anlam düzeyine göre logit model için modelin anlamlı olmadığı, Probit model için ise modelin anlamlı

olduğunu göstermektedir. Belediyelerin aldığı vergilerin (BAV) atık üretimi üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Kişi başı gayri safi yurt içi hasıladaki (KBGSYH) ve nüfustaki (N) değişimin atık üretimi üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı ve pozitifdir. Bu durumda bölgelerin kişi başı gayri safi yurt içi hasılasındaki ve nüfustaki artışın, atık üretimini artırma olasılığını yükseltmekte olduğunu göstermektedir. Türkiye’ye ilişkin bu sonuçlar, literatürdeki sonuçlar ile uyum göstermektedir. Bununla birlikte alınan göç (AG) miktarındaki değişim atık üretimini istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalttığı görülmektedir.

Probit tahmini sonrası yapılan marjinal analizinde elde edilen sonuçlar Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. Probit Tahmini Sonrası Yapılan Marjinal Analizinde Elde Edilen Sonuçlar

Değişkenler	dy/dx	Standart hata	z	P>z	%95 Güven Aralıkları		X
BAV	-0,4385536	0,31338	-1,40	0,162	-1,05276	0,17565	16,2952
KBGSYH	1,390226	0,49831	2,79	0,005	0,413559	2,36689	9,69864
N	1,660698	0,714	2,33	0,020	0,261287	3,06011	14,6919
AG	-1,392354	0,65433	-2,13	0,033	-2,67483	-0,109881	11,1912

Tablo 2’deki bulgulara göre; probit model için elde edilen marjinal etkiler de belediyelerin aldığı vergiler (BAV) değişkeni hariç diğer bağımsız değişkenlerin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir.

4. SONUÇ

Çevre sorunları, tüm ülkeleri ilgilendirmesi nedeniyle küresel bir nitelik taşımaktadır. İnsan ihtiyaçlarının sürekli olarak karşılanması sürecinde üretim ve tüketim olgusu ortaya çıkmış ve böylece doğanın kıt olan kaynakları azalarak tahrip edilmesi ile birlikte çevre kirliliği baş göstermiştir. Çevre sorunlarının temel kaynağı atıklardır [51]. Çok fazla çeşidi bulunan atıklar çevreyi, doğayı, canlıyı, sağlığı ve ekonomiyi önemli ölçüde etkilemekte ve büyük sıkıntılarla karşı karşıya getirmektedir [52]. Nüfus artışı, kentleşme ve sanayileşme, teknolojik gelişmeler, tüketim alışkanlıklarının değişimi üretilen atık miktarını arttırmıştır [53]. Sokaklarda, caddelerde, meydanlarda ve boş alanlarda yığılan atıklar çevredeki canlıların sağlıkları için büyük tehlike oluştururken, bu çöplerden sızan sular ve diğer madde sıvıları yağmur suları ile akarsulara, göllere, yer altı su kaynaklarına ve toprağa önemli ve büyük etkiler yapmaktadır. Çevre felaketini önlemenin tek çaresi en kısa zamanda atık miktarının en aza indirilmesi, hatta sıfırlanmasıdır [51]. Bu bağlamda atık üretimine etkili olan faktörleri belirlemek çözüm için ilk adım olacaktır.

Çalışmada, Türkiye’nin Düzey 2 bölgeleri için 2008-2016 yılları arası ikişer yıllık panel veri seti ele alınarak atık üretimini etkileyen faktörler panel logit-probit modelleri ile incelenmiştir. Bağımlı değişken, belediyelerin topladığı toplam atık miktarı (TA, ton) t yılında i bölgesi için bir önceki yıla göre artmış ise 1, t yılında i bölgesi için bir önceki yıla göre azalmış ise 0 değerini alan bir nitel değişkendir. Belediyenin aldığı

vergi (BAV), kişi başı gayri safi yurt içi hasıla (KBGSYH), nüfus (N) ve alınan göç (AG) değerleri ise bağımsız değişkenleri oluşturmaktadır. Elde edilen analiz sonuçları, logit model için Wald testi sonucu %5 anlam düzeyine modelin anlamlı olmadığını gösterirken, Probit model için ise modelin anlamlı olduğunu göstermektedir. Belediyelerin aldığı vergilerin atık üretimi üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamsız bulunurken, kişi başı gayri safi yurt içi hasıladaki ve nüfustaki artışın atık üretimini istatistiksel olarak anlamlı düzeyde arttırdığı tespit edilmiştir. Bu durum literatürdeki bulgularla paralellik göstermektedir. Bununla birlikte, alınan göç miktarının atık üretimi üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı ve negatiftir. Bölgelerin aldığı göç miktarındaki artışın atık üretimini azaltması olasılığı daha fazladır. Bölgesel gelişmişlik düzeylerindeki dengesizlik kırsaldan kente göçün artmasına neden olmuştur [54]. Türkiye’de göç hareketliliğinin artması başta olmak üzere, çeşitli faktörlerin etkisi ile sokak atık toplayıcılarının sayısı hızla artmıştır. Atık toplayıcıların önemli bir kısmını göçmenler oluşturmaktadır [55]. Bu nedenle alınan göç miktarının artması sokak atık toplayıcılarının sayısını arttırmış ve katı atık üretiminin azalmasına neden olmuştur. Öncelikle, gelişmekte olan tüm ülkelerde olduğu gibi atık toplayıcı olmaksızın geri kazanım politikalarında başarı sağlamak çok mümkün görünmemektedir. Atık yönetiminde oluşturulacak olan doğru projelerle hem atık toplama etkinliği sağlanabilir hem de bu dezavantajlı gurubun, çalışma ve yaşam koşulları iyileştirilebilir [56]. Atık toplayıcılar ile ilgili belediyelerin yürüteceği politikalar, belediyeler için katı atık yönetimine katılım politikaları için fırsata dönüştürülebilir. Bu yolla hem daha sağlıklı kentsel ortamlar sağlanabilir hem de ülke ekonomisine katkı sağlanabilir [57]. Ayrıca, halkın atık üretimini azaltma ve atık konusunda bilinçlendirilmesi oldukça önemlidir. Halkın atık konusundaki farkındalığını artıracak eğitim

programlarının uygulanması bu eğitimlerin davranışa dönüştürülmesi sağlanmalıdır. Artan bilinçle halk, hem atık hem de geri dönüşüm konusunda yerel yönetimleri harekete geçirmekte yardımcı olacaktır. Türkiye çapında ise genel bir proje yürütülerek halkı bilinçlendirmek için kamu spotları oluşturulmalı atıkların değerini ve bilinçli bir şekilde ayrıştırılması gerektiğini belirli aralıklarla görsel yayımla halka hatırlatılmalıdır [58]. Benzer şekilde yerel yönetimler ve organizasyonlar; halkı yönlendiren uygulamalar geliştirmeli, bu konuda oluşabilecek aksiliklere karşı önlemler almalıdırlar [52].

Atıkların toplanarak taşınması, uzaklaştırılması, depolanması, ayrıştırılması ve geri kazandırılması ile ilgili olan tüm hizmetleri yapmak veya yaptırmak belediyelerin görevidir. Atıkların çevreye ve canlıların sağlığına olan olumsuz etkilerini azaltmak ve önlemek için doğru bir atık yönetimine ihtiyaç duyulmaktadır. Atık oluşumunun en aza indirilmesi, çevreye ve insan sağlığına zarar vermeden yönetimi, tehlikesiz atıkların yaşamsal döngüye en kısa bir şekilde katılımının sağlanması vb. hususları düzenlemek için Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından atık yönetimi ile ilgili birçok yönetmelik yayımlanmıştır [59]. Ancak atık yönetimi benimsendiğinde, mevcut olan yapıya belediyelerin imkanları ile karşılık verilmesi oldukça zordur. Atık yönetimi için başta Çevre ve Şehircilik Bakanlığı olmak üzere belediyelerin, merkezi idarenin, üniversitelerin, STK'ların ve medya kuruluşları gibi birçok kurumun yönetim içerisinde söz sahibi olması gerekmektedir [60].

Atıklar, azaltılmalı, önlenmeli (sıfır atık), geri dönüştürülmeli, yeniden kullanılmalı, enerji geri kazanımı yapılmalı ve en son bertaraf edilmedir.

KAYNAKLAR

- [1] Mutlu A. Yerel yönetimlerin çevre politikaları: çorum örneği. Yerel Yönetim ve Denetim Dergisi. 2001;6(8):31-46.
- [2] Önver MŞ. Çöp/atık yönetimi ve belediyeler. Journal of Current Debates in Social Sciences. 2019;2(1):111-123.
- [3] Demircan B. Van büyükşehir belediyesi entegre atık yönetimi planı oluşturulması [yüksek lisans tezi]. Şanlıurfa: Harran Üniversitesi; 2016.
- [4] Öztürk İ. Katı Atık Yönetim ve AB Uygulamaları. İSTAÇ A.Ş. Teknik Kitaplar Serisi 2, İstanbul; 2010.
- [5] Song Q, Li H, Zeng X. Minimizing the increasing solid waste through zero waste strategy. Journal of Cleaner Production. 2015;104:199-210.
- [6] Suess MJ. Examination of Water for Pollution Control. Pergamon Press: Oxford; 1980.
- [7] Zülfikar H, Beken N. Belediyeler ve Çevre Hizmetleri Üzerine Analitik Bir Bakış: Türkiye Örneği. In Journal of Social Policy Conferences. 2014. p. 75-100.
- [8] Palabıyık H. Belediyelerde Kentsel Katı Atık Yönetimi: İzmir Büyükşehir Belediyesi Örneği [doktora tezi]. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi; 2001.
- [9] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Atıklar; [02.07.2021] webdosya.csb.gov.tr/db/bolu/icerikler/atiklar-20180222082452.pdf
- [10] Güler Ç, Çobanoğlu Z. Sağlık Açısından Çöp, Tıbbi Dokümantasyon Merkezi Toplum Sağlığı Dizisi. Ankara; 1996.
- [11] Evin H, Demiral B. Malatya'da katı atık yönetimi: kentleşmenin yerel çevre politikaları üzerine etkisi. Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi. 2018; 7(2):277-295.
- [12] Karagözoğlu MB, Özyonar F, Yılmaz A, Atmaca E. Katı atıkların yeniden kazanımı ve önemi. Türkiye'de Katı Atık Yönetimi Sempozyumu, TÜRKAY 2009. İstanbul: 2009. p.15-17.
- [13] Duran EB, Cuci Y. Katı Atık Düzenli Depolama Sahası Kimyasal ve Elektrokimyasal Arıtım Yöntemleri ile Arıtılabilirliğinin Araştırılması. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi. 2016;19 (2):104-110.
- [14] Kuru H. Atık yönetiminde coğrafi bilgi sistemlerinin kullanımı: Beykoz ilçesi örneği. [yüksek lisans tezi]. Kocaeli: Gebze Teknik Üniversitesi; 2018.
- [15] Öztürk M. Atık toplama miktarı ve maliyeti %50 düşürülebilir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2017. [02.07.2021] (http://www.cevresehirkutuphanesi.com/assets/files/slider_pdf/PNAVvqKEjOtl.pdf)
- [16] Dünya Çevre Günü Türkiye Raporu Haziran 2019 https://www.cmo.org.tr/resimler/ekler/10504079d7e9ced_ek.pdf?tipi=72&turu=X&sube=0 [02.07.2021]
- [17] <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/belediye-atiklari-miktari-ve-bertaraf-miktari-i-85749> [02.07.2021].
- [18] <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Istatistikler-e-Cevre-2018-33675> [02.07.2021].
- [19] Linderhof V, Kooreman P, Allers M, Wiersma D. Weight-based pricing in the collection of household waste: the Oostzaan case. Resource and Energy Economics. 2001;23(4):359-371.
- [20] Mazzanti M, Is waste generation de-linking from economic growth? Empirical evidence for Europe. Applied Economics Letters. 2008;15(4):287-291.
- [21] Mazzanti M, Montini A, Zoboli R. Municipal waste generation and the EKC hypothesis new evidence exploiting province-based panel data. Applied Economics Letters. 2009; 16(7):719-725.
- [22] Uzun Ö, Demir S. Kentsel katı atık üretiminin belirleyicileri. İktisat İşletme ve Finans. 2010; 25(292):29-46.
- [23] Dijkgraaf E, Gradus RH. Cost advantage cooperations larger than private waste collectors. Applied Economics Letters. 2013; 20(7):702-705.
- [24] Usui T, Takeuchi K. Evaluating unit-based pricing of residential solid waste: a panel data analysis. Environmental and Resource Economics. 2014; 58(2):245-271.
- [25] D'Amato A, Mazzanti M, Nicolli F. Waste and organized crime in regional environments: How waste tariffs and the mafia affect waste

- management and disposal. Resource and energy economics. 2015;41:185-201.
- [26] Dijkgraaf E, Gradus R. Efficiency effects of unit-based pricing systems and institutional choices of waste collection. Environmental and resource economics. 2015;61(4):641-658.
- [27] Liu Y, Kong F, Gonzalez EDS. Dumping, waste management and ecological security: Evidence from England. Journal of Cleaner Production. 2017;167:1425-1437.
- [28] Cetrulo TB, Marques RC, Cetrulo NM, Pinto FS, Moreira R., Mendizábal-Cortés AD, Malheiros TF. Effectiveness of solid waste policies in developing countries: A case study in Brazil. Journal of cleaner production. 2018;205:179-187.
- [29] Ercolano S, Gaeta GLL, Ghinoi S, Silvestri F. Kuznets curve in municipal solid waste production: An empirical analysis based on municipal-level panel data from the Lombardy region (Italy). Ecological indicators. 2018;93:397-403.
- [30] Pérez-López G, Prior D, Zafra-Gómez JL. Temporal scale efficiency in DEA panel data estimations. An application to the solid waste disposal service in Spain. Omega. 2018; 76:18-27.
- [31] Jaligot R, Chenal J. Decoupling municipal solid waste generation and economic growth in the canton of Vaud, Switzerland. Resources, Conservation and Recycling. 2018;130: 260-266.
- [32] Önder H. Makro açıdan çevresel politikaların atık yaratma üzerindeki etkisinin panel veri analizi ile ölçülmesi: Seçilmiş OECD ülkeleri üzerine bir analiz. Applied Economics and Finance&Extended with Social Sciences, 28-30 Kasım 2018. Aydın:2018. p. 358-371.
- [33] Gui S, Zhao L, Zhang Z. Does municipal solid waste generation in China support the Environmental Kuznets Curve? New evidence from spatial linkage analysis. Waste management. 2019;84:310-319.
- [34] Romano G, Rapposelli A, Marrucci L. Improving waste production and recycling through zero-waste strategy and privatization: An empirical investigation. Resources, Conservation and Recycling. 2019;146:256-263.
- [35] Liu J, Li Q, Gu W, Wang C. The Impact of consumption patterns on the generation of municipal solid waste in China: evidences from provincial data. International journal of environmental research and public health. 2019;16(10):1717.
- [36] De Weerd L, Sasao, T, Compernelle T, Van Passel S, De Jaeger S. The effect of waste incineration taxation on industrial plastic waste generation: A panel analysis. Resources, conservation and recycling. 2020;157:104717.
- [37] Cheng J, Shi F, Yi J, Fu H. Analysis of the factors that affect the production of municipal solid waste in China. Journal of Cleaner Production. 2020; 259(120808):1-11.
- [38] Boubellouta B, Kusch-Brandt S. Relationship between economic growth and mismanaged e-waste: Panel data evidence from 27 EU countries analyzed under the Kuznets curve hypothesis. Waste Management. 2021;120:85-97.
- [39] lo Storto C. Effectiveness-efficiency nexus in municipal solid waste management: A non-parametric evidence-based study. Ecological Indicators. 2021;131(108185):1-14.
- [40] Campos-Alba CM, Garrido-Rodríguez JC, Plata-Díaz AM, Pérez-López G. The selective collection of municipal solid waste and other factors determining cost efficiency. An analysis of service provision by spanish municipalities. Waste Management. 2021;134:11-20.
- [41] Selim S, Kırgel HD, Çelik O, Yazıcıoğlu H. Türkiye’de işsizliğin sosyo-ekonomik belirleyicileri: Panel veri analizi. Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi. 2014;10(22):1-25.
- [42] Gürüş S, Topdağ AGD, Bozkurt G. OECD Ülkelerinde Kadınların İşgücüne Katılımını Etkileyen Faktörlerin Panel Nitel Tercih Modelleri ile İncelenmesi. Cataloging-In-Publication Data. 2019;742-750.
- [43] Demirhan A. Panel Logit Modelleri: Bankacılık Sektörü Üzerine Bir Uygulama. Maliye ve Finans Yazıları. 2019;(111):341-356.
- [44] Wolf DA. A Random-Effects Logit Model for Panel Data. 1987; 87-104.
- [45] Çağlayan Akay E. Panel ikili Nitel Tercih modelleri, Sekizinci Bölüm, Uygulamalı panel veri ekonometrisi, editor: Selahattin Gürüş, İstanbul Der yayınları. 2018. p. 203-223.
- [46] Gürüş S. Stata ile panel veri modelleri. Der yayınevi. 2015.
- [47] Ayan TY, Değirmenci N. Hanehalkı sorumlusu ve yoksulluk: Probit model. Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi. 2021;19(1):77-87.
- [48] <https://data.tuik.gov.tr/Search/Search?text=at%C4%B1k> [23.06.2021].
- [49] Akkaya M, Kantar L. Finansal krizlerin tahmininde öncü göstergelerin logit-probit model ile analizi: Türkiye uygulaması. Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi. 2018;14(3):575-590.
- [50] Green WH. Econometric Analysis, Fifth Edition, PrenticeHall, New Jersey; 2003.
- [51] Yaman K, Olhan E. Atık yönetiminde sıfır atık yaklaşımı ve bu anlayışa küresel bir bakış. Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi. 2010;3(1):53-57.
- [52] Gündüzalp AA, Güven S. Atık, çeşitleri, atık yönetimi, geri dönüşüm ve tüketici: Çankaya belediyesi ve semt tüketicileri örneği. Hacettepe Üniversitesi Sosyolojik Araştırmalar E-Dergisi. 2016;9:1-19.
- [53] Barut A, Özçelik Ö. Kütahya ilinde katı atık yönetiminin maliyet ve mekansal analizi. Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi. 2018;11(1):93-110.
- [54] Ertürk MC, Görgün E. Journal of Engineering and Natural Sciences Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi. Sigma 3. 2011; 200-208.
- [55] IEMS (The Informal Economy Monitoring Study) The Urban Informal Workforce: Waste Pickers/Recyclers; 2012 [15.07.2016].

- <http://wiego.org/sites/wiego.org/files/publications/files/IEMS-waste-picker-report.pdf>
- [56] Scheinberg A, Simpson M, Gupt Y, Anschütz J, Haenen I, Tasheva E, Hecke J, Soos R, Chaturvedi B, GarciaCortes S, Gunsilius E. Economic Aspects of the Informal Sector in Solid Waste Management, GTZ and CWG, Eschborn, Germany; 2010.
- [57] Ekşi A. Sokak atık toplayıcıları sorununun farklı bir bakış açısı ile değerlendirilmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi. 2017; 1(4)-Özel sayı, 1-13.
- [58] Meriç O. Katı atık yönetiminde belediye birliklerinin rolü (Marmara belediyeler birliğinin örneği [yüksek lisans tezi]. İstanbul: İstanbul Aydın Üniversitesi; 2014
- [59] İpek U, Çapar B. Belediyeler ve Atık Yönetim Mevzuatı-I. Firat University Journal of Engineering. 2011;23(2):95-108.
- [60] Cem E. Katı atık yönetimi ve model önerisi: Mamak Belediyesi örneği (dönem projesi). Ankara: Ankara Üniversitesi; 2020.



Bakırın Asidik Ortamdaki Korozyonuna Hurma (*Phoenix dactylifera*) Çekirdeğinin İnhibisyon Etkisinin İncelenmesi

Ece ALTUNBAŞ ŞAHİN¹, Yeşim AYDIN DURSUN², Mehmet TUNÇ³, İbrahim Halil GEÇİBESLER³, Ramazan SOLMAZ³

¹ Bingöl Üniversitesi, Genç MYO, Sivil Savunma ve İtfaiyecilik Programı, 12000 Bingöl/Türkiye

² Bingöl Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü, 12000 Bingöl/Türkiye

³ Bingöl Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü, 12000, Bingöl/Türkiye

Ece ALTUNBAŞ ŞAHİN ORCID No: 0000-000232010487

Yeşim AYDIN DURSUN ORCID ID: 0000-0003-2052-8817

Mehmet TUNÇ ORCID ID: 0000-0002-3757-2315

İbrahim Halil GEÇİBESLER ORCID ID: 0000-0002-4473-2671

Ramazan SOLMAZ ORCID ID: 0000-0002-9295-1203

*Sorumlu yazar: ealtunbassahin@gmail.com, easahin@bingol.edu.tr

(Alınış: 15.09.2021, Kabul: 13.10.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Anahtar Kelimeler

Korozyon inhibitörleri,
Doğal atıklar,
Bakır,
Korozyon,
H₂SO₄ çözeltisi

Öz: İnhibitör kullanımı, metalik malzemeleri korozyondan korumak için tercih edilen en yaygın yöntemlerden bir tanesidir. Korozyon inhibitörü olarak organik maddeler yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte bu tür maddelerin yüksek maliyetleri ve toksik özellikleri kullanımlarını kısıtlar. Yapılan son çalışmalar, çevre dostu doğal ürünler ya da bu ürünlerden elde edilen atıkların korozyon inhibitörü olarak kullanılabilirliklerini göstermektedir. Bu çalışmada, çevre dostu doğal bir atık olan hurma (*Phoenix dactylifera*) çekirdeği ekstresinin (PDSE) bakırın 0,5 M H₂SO₄ çözeltisindeki korozyonuna inhibisyon etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, açık devre potansiyelinin zamanla değişimi (E_{ocp-t}), lineer polarizasyon direnci (LPR), elektrokimyasal impedans spektroskopisi (EIS) ve potansiyodinamik polarizasyon (PP) teknikleri kullanılmıştır. İnhibitörlü ortamda bekletilen bakırın yüzeyi SEM ve temas açısı kullanılarak karakterize edilmiştir. İnhibitör içeren ortamda bakırın yüzey yükü, sıfır yük potansiyeli (PZC) tekniği ile belirlenmiş ve bir adsorpsiyon mekanizması önerilmiştir. Sonuçlar, PDSE'nin 0,5 M H₂SO₄ çözeltisinde bakırın korozyonunu yavaşlattığını göstermiştir.

Investigation of the Inhibition Effect of Palm (*Phoenix dactylifera*) Seed to the Corrosion of Copper

Keywords

Corrosion inhibitors,
Natural wastes,
Copper,
Corrosion,
H₂SO₄ solution

Abstract: The use of inhibitors is one of the most common methods preferred to protect metallic materials from corrosion. Organic substances as the corrosion inhibitors are widely used. However, high costs and toxic properties of organic substances restrict their use. Recent studies show that the wastes obtained from environmentally friendly natural products or products can be used as corrosion inhibitors. In this study, the inhibition of the effect of palm (*Phoenix dactylifera*) seed (PDSE), which is an eco-friendly natural waste, on the corrosion of copper in 0.5 M H₂SO₄ solution was investigated. For this aim, the change of open circuit potential as a function of exposure time (E_{ocp-t}), linear polarization resistance (LPR), electrochemical impedance spectroscopy (EIS) and potentiodynamic polarization (PP) techniques were used. The surface of copper, which was exposed to the inhibited media was characterized by the SEM and contact angle measurements. The surface charge of copper in the inhibitor containing solution was determined by zero charge potential (PZC) technique and an adsorption mechanism was proposed. The results showed that PDSE slow the corrosion rate of copper in 0.5 M H₂SO₄ solution.

1. GİRİŞ

Bakır ve alaşımları yüksek termal iletkenlikleri, mekanik özellikleri, kolay ve düşük maliyette üretilmeleri gibi önemli özelliklerinden dolayı başta otomotiv ve elektronik endüstrisi olmak üzere birçok sektörde yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Bununla birlikte en fazla ve en hızlı korozyona uğrayan yapı malzemelerindendir. Bu durum, bakırın endüstriyel uygulamalarda kullanımını kısıtlamaktadır [1-5].

Korozyonu tanımlarken, metalik malzemenin çevresel etkilerle kimyasal ve elektrokimyasal olarak aşınması olarak ifade etmek doğru bir yaklaşım olacaktır. Metalik malzemeler kullandıkları ortamın da etkisi ile korozyona uğrarlar. Korozyon metalik malzemenin başta mekanik özellikleri olmak üzere birçok özelliğini değiştirerek kullanımını kısıtlarken ömrünü de azaltmaktadır [6-8].

Korozyon sadece metalik malzeme kaybı olarak düşünülmemelidir. Doğrudan veya dolaylı yollarla, başta endüstriyel yatırımlar olmak üzere birçok üretimin maliyetini de etkilediğini unutmamak gerekir. Yapılan çalışmalar dünyadaki korozyon kayıplarının ülkelere her yıl gayri safi milli hasıllarının yaklaşık % 4 – 6'sı arasında ilave bir yük yüklediğini göstermektedir. Türkiye için bu değer % 4,5 dolayında olduğu düşünülmektedir [9,10].

İnhibitörler, korozif ortama az miktarlarda eklendiklerinde metalin korozyon hızını azaltan maddelerdir. Özellikle organik inhibitörler sanayide inhibitör uygulamalarında tercih edilmektedir. Bu tür maddeler, etkileşim halinde oldukları metalin yüzeyine adsorplanırlar [11]. Bu şekilde anodik ve katodik tepkimenin hızını azaltıp korozyonu yavaşlatabilirler. Özellikle yapısında karbonil ($-C=O$), azo ($-N=N-$), olefinik ($R=R$), azot, sülfür, fosfor ve oksijen bulduran maddeler inhibitör uygulamalarında tercih edilmektedir. Bu yapıları bulduran bileşiklerin metallerin korozyon hızını daha etkin bir şekilde düşürdüğü literatür çalışmaları ile tespit edilmiştir [12-14]. Bununla birlikte, metallerin korunması için organik inhibitör tercihi yapılırken, inhibitörün koruma etkinliğinin yanında çevreye olan toksik etkisi de göz önünde bulundurulmalıdır. Yüksek düzeyde koruma etkisi sağlayan bazı inhibitörler, toksik özelliklerinden dolayı çevreye büyük zararlar verebilmektedir [12-14].

Bitkiler, bitki meyveleri, tohumlar, çeşitli kabuklar, bitki kökleri ve yaprakların ekstralarının inhibitör etkinlikleri birçok araştırmaya konu olmuştur [5,14]. Yapılan çalışmalar, bitki ekstralarının, inhibisyon etkinliği yüksek doğal olarak sentezlenmiş, amino asitler, organik asitler, alkaloidler, polifenoller ve tanenler açısından oldukça zengin kaynaklar olduğu belirlenmiştir [5,14,15].

Korozyon inhibitörü olarak sentetik inhibitörlerin kullanılması canlı sağlığı için tehdit oluşturduğundan, son zamanlarda birçok alternatif çevre dostu korozyon inhibitörü geliştirilmiştir. Doğal ürünler ve bu ürünlerin atıklarından elde edilen maddeler, ekonomik olmaları, üretimlerinin kolay olması ve çevre dostu olmaları nedeni ile korozyon inhibitörü uygulamalarında ön plana çıkmıştır [16-20]. Örneğin Rehan [21], hurma ve kına bitkilerinin yapraklarının sudaki ekstralarının, asidik ve alkali ortamda demir ve alüminyum için korozyon etkinliğini incelemiştir. Her iki tür içinde metal yüzeyinde inhibitörlerin, kimyasal inhibisyon temelli olduğu ve metal yüzeyine sıkı bir şekilde tutunduğunu belirtmişlerdir. He ve ark. [22], asidik ortamda, papaya yapraklarından elde ettikleri ekstralarının bakırın korozyon hızı üzerine etkisini araştırmışlardır. Deneysel sonuçlar, papaya yapraklarının bakırın asidik çözeltideki korozyonuna karma tip inhibitör olarak etki ettiğini göstermiştir. XPS sonuçlarına göre, Cu yüzeyinde Cu-S bağı ve Cu-N bağı ile bir film oluşturmaktadır.

PDSE'nin yumuşak çeliğin asidik ortamdaki korozyon hızına etkisi [23] daha önce grubumuz tarafından çalışılmıştır. Bununla birlikte; aynı maddenin bakır için inhibitör uygulamaları literatürde bulunmamaktadır.

Bu çalışmada, bakırın korozyonuna, çevre dostu doğal bir atık olan PDSE'nin inhibisyon etkisi 0,5 M H_2SO_4 çözeltisinde araştırılmıştır. Açık devre potansiyelinin zamanla değişimi ($E_{ocp}-t$), lineer polarizasyon direnci (LPR), elektrokimyasal impedans spektroskopisi (EIS) ve potansiyodinamik polarizasyon (PP) teknikleri bu amaçla kullanılmıştır. Bakırın yüzeyi, SEM ve temas açısı kullanılarak karakterize edilmiştir. İnhibitör içeren ortamda yüzey yükü sıfır yük potansiyeli (PZC) tekniği ile belirlenmiş ve adsorpsiyon mekanizması önerilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. PDSE Ekstrelerinin Hazırlanması

Çalışmada kullanılan hurma yerel marketlerden temin edilmiş ve kurutma işleminden önce kabuk, etli kısım ve çekirdek olarak ayrılmıştır. İnhibitör uygulamasında kullanılacak çekirdek, güneş ışığı almayacak şekilde baskısız kağıtlar üzerinde kurutulmuştur. Çekirdeğin tamamen kurutulmasından sonra, laboratuvar tipi bir değirmen yardımı ile öğürtme işlemi gerçekleştirilmiştir. Öğürtme işleminden sonra elde edilen ürün, farklı tanecik büyüklüklerine sahip eleklerden geçirilmiştir (100-1400 mesh). Ekstraksiyon işlemi metanol:kloroform (1:1;v:v) karışımında gerçekleştirilmiştir [23].

2.2. Elektrotların Hazırlanması

Çalışma elektrotu olarak kullanılan, bileşimi bilinen (% 99,9) bakır metali $0,283 \text{ cm}^2$ yüzey alanına sahiptir ve silindirik çubuklardan yaklaşık 5 cm uzunluğunda kesilerek hazırlanmıştır. Bakır çubuklar

kesildikten sonra, ölçüm yapılacak ucu açıkta kalacak şekilde polyester blok içerisinde gömülürken; diğer ucuna, iletkenliğin sağlanması için bakır tel geçirilmiştir [23]. Her ölçümden önce çalışma elektrotlarının yüzeyleri metal parlatici kullanılarak, farklı gritli (100-2000) zımpara kağıtları ile parlatılmıştır. 1 x 1 cm² toplam yüzey alanına sahip Pt levha dan hazırlanan elektrot karşı elektrot olarak kullanılmıştır. Referans elektrot olarak ise ticari olarak temin edilen Ag/AgCl (3,0 M KCl) kullanılmıştır.

2.3. Elektrokimyasal Ölçümler

Elektrokimyasal deneylerin tamamı üç elektrot tekniği yardımı ile CHI 6096E marka elektrokimyasal analizör kullanılarak yapılmıştır. Tüm deneyler, 298 °K'de ve atmosfere açık koşullarda gerçekleştirilmiştir. Bakır elektrot, inhibitör içermeyen ve farklı derişimlerde (2000-100 ppm) inhibitör içeren 0,5 M H₂SO₄ çözeltisine daldırılmış ve açık devre potansiyelinin dengeye gelmesi için 1 saat bekletilmiştir. İnhibitörlü ve inhibitörsüz ortamlardaki açık devre potansiyellerinin dengeye geldiğini belirlemek için $E_{ocp}-t$ eğrileri 1 saat boyunca kaydedilmiştir.

EIS ölçümleri, inhibitörlü ve inhibitörsüz ortamlarda $E_{ocp}-t$ bitir bitmez, sistemden okunan açık devre potansiyelinde gerçekleştirilmiştir. EIS eğrilerinden elde edilen sonuçlar ile inhibitörlü ve inhibitörsüz ortamlarda bakır elektrot için polarizasyon (R_p) değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan bu R_p değerlerinden PDSE'nin inhibisyon etkinliği (% E) Eşitlik 1'de belirtildiği gibi hesaplanmıştır [24];

$$\%E = \left(\frac{R'_p - R_p}{R'_p} \right) \times 100 \quad (1)$$

Eşitlik 1'de verilen R_p değerleri ile inhibitörlü (R'_p) ve inhibitörsüz (R_p) ortamlarda bakır elektrotun polarizasyon değerlerini ifade etmektedir.

EIS ölçümlerinin hemen ardından, aynı sistem kullanılarak LPR ölçümleri yapılmıştır. LPR ölçümleri açık devre potansiyelinden itibaren ± 10 mV potansiyellerde, sabit tarama hızı (1,0 mVs⁻¹) uygulanarak yapılmıştır. Elde edilen akım-potansiyel eğrilerinin eğiminden R_p değerleri inhibitörlü ve inhibitörsüz ortamlar için hesaplanmıştır. R_p değerlerinden bakırın farklı derişimlerde PDSE içeren asidik ortamda inhibisyon etkinliği (% E) hesaplanmıştır [24].

PP ölçümleri, LPR ölçümleri hemen ardından, kullanılan sistem değiştirilmeden gerçekleştirilmiştir. PP ölçümleri, sistemden okunan açık devre potansiyellerinden daha katodik ve daha anodik potansiyellere doğru yapılmıştır (1,0 mVs⁻¹) $\log i-E$ eğrilerinden korozyon akım yoğunluğu (i_{kor}) değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan akım yoğunluğu yardımı ile de inhibitörlü ve inhibitör içermeyen asidik

ortamlarda bakırın korozyon hızı belirlenmiştir. Elde edilen akım yoğunluğu değerlerinden inhibitör filmin etkinliği (% E) Eşitlik 2 yardımı ile hesaplanmıştır [24].

$$\%E = \left(\frac{i - i'}{i} \right) \times 100 \quad (2)$$

Eşitlik 2'de verilen i' ve i sırası ile inhibitör içeren ve içermeyen asidik ortamlarda bakır elektrotun korozyon akım yoğunluğu değerlerini ifade etmektedir.

Bakırın yüzeyi, SEM, EDX, AFM ve temas açısı kullanılarak karakterize edilmiş ve inhibitör içeren ortamda yüzey yükü PZC tekniği ile belirlenmiştir.

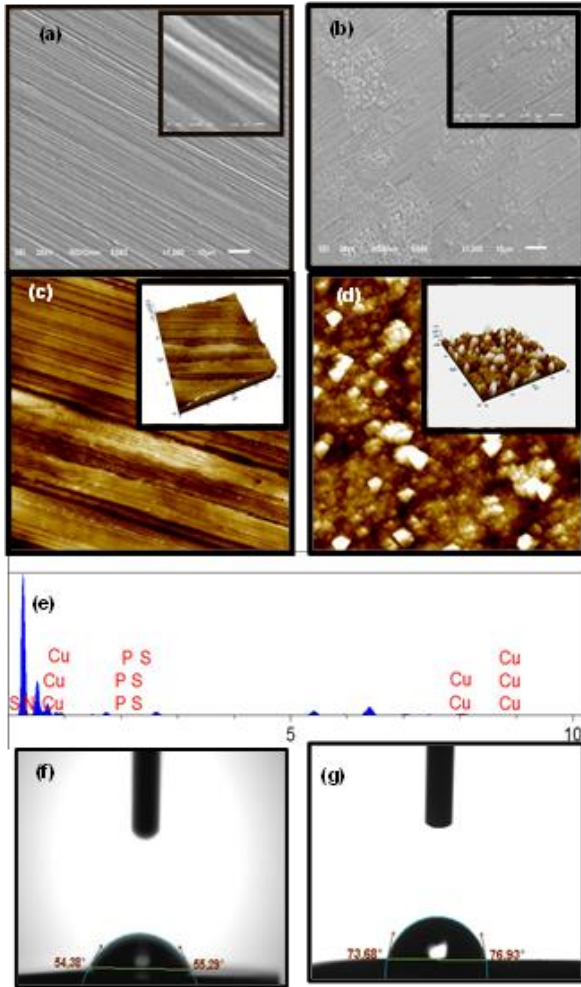
3. BULGULAR

3.1. Yüzey Analizleri

Şekil 1a ve c ile b ve d'de, bakır elektrotun sırasıyla inhibitör içermeyen ve içeren ortamlardaki SEM ve AFM görüntüleri verilmiştir. Şekil 1'de görüldüğü gibi, inhibitör içeren ortamda, inhibitörsüz ortama göre oldukça farklı bir yüzey oluşmuştur. Buna göre, PDSE moleküllerinin asidik ortamda bakır yüzeyini kaplandığı söylenebilir. Şekil 1e'de ise inhibitör içeren ortamda bakır elektrot için EDX sonuçları verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, bakır yüzeyinde farklı oranlarda S, N ve P elementleri olduğu görülmektedir. Bu durum, yüzeyde PDSE inhibitörünün varlığını kanıtlamaktadır [25].

Ayrıca, N, S ve P içeren birçok maddenin korozyon inhibitörü olarak kullanıldığı göz önünde bulundurulduğunda [24], PSDE içinde asidik ortamda korozyon inhibitörü olarak etkin bir durum sergileyeceği düşünülebilir.

İnhibitör çalışmalarında metal yüzeyinin (film) hidrofobik/hidrofilik özelliklerini belirlemek için temas açısı ölçümleri kullanılır. İnhibitörlü ve inhibitörsüz ortamlarda elde edilen temas açısı verileri Şekil 1 f ve g'de gösterilmiştir. Asidik ortama maruz kalan bakır için temas açısı 54,83°'dir. Öte yandan, temas açısı, PDSE içeren asidik ortamda 1 saat boyunca inhibe edilmiş çözeltiliye maruz kalan metal yüzeyde 75,305°'e yükselmiştir. Artan temas açısı değeri, bakır yüzeyine inhibitör moleküllerin adsorpsiyonu ile açıklanabilir ve bu durum yüzeyin hidrofobikliğini arttırabilir [26].



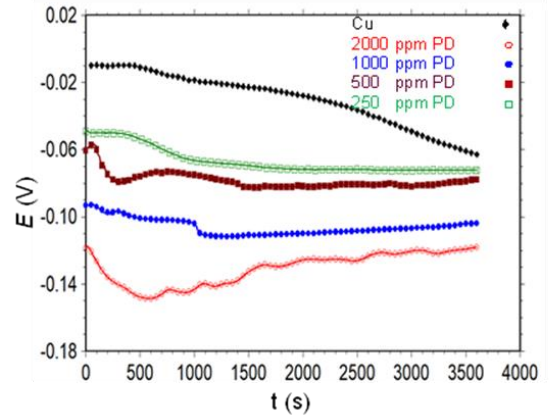
Şekil 1. Bakır elektrotun PDSE içermeyen (a,c,f), PDSE içeren (b,d,g) 0,5 M H₂SO₄ çözeltisinde SEM (a, b), AFM görüntüleri (c, d) ve temas açısı ölçümleri (f, g) ve PDSE içeren asidik ortamdaki EDX spektrumu

3.2. Elektrokimyasal Analizler

3.2.1. Açık Devre Potansiyelinin Zamanla Değişimi

Bakır elektrot inhibitör içermeyen ve farklı derişimlerde inhibitör içeren 0,5 M H₂SO₄ çözeltisinde 1 saat boyunca açık devre potansiyelinin dengeye gelmesi için daldırılmıştır. Elde edilen açık devre potansiyelinin zamanla değişim ($E_{ocp}-t$) eğrileri Şekil 2’de verilmiştir.

Şekil 2’de görüldüğü gibi inhibitör içermeyen ortamda, bakırın asidik ortamdaki açık devre potansiyeli negatif potansiyellere kaymaktadır. Asidik ortama PDSE inhibitörü eklendiğinde ise bakır için potansiyel değerlerinin azaldığı ve inhibitör içermeyen ortama göre daha negatif potansiyelerde olduğu belirlenmiştir. Bu durum, 0,5 M H₂SO₄ çözeltisinde PDSE inhibitörü varlığında, bakırın katodik reaksiyonu üzerindeki etkisinin anodik reaksiyona göre daha etkin olması ile açıklanabilir [26, 27].



Şekil 2. Bakır elektrotun farklı derişimlerde PDSE içeren (2000 ppm: ○, 1000 ppm PD: ●, 500 ppm PD: ■, 250 ppm PD: □) ve içermeyen 0,5 M H₂SO₄ çözeltisinde elde edilen $E_{ocp}-t$ eğrileri

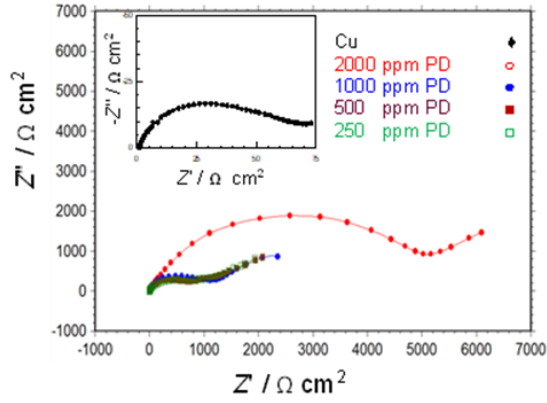
3.2.2. Elektrokimyasal İmpedans Eğrileri

Bakır için farklı derişimlerde (2000-100 ppm) PDSE içeren 0,5 M H₂SO₄ çözeltisinde 1 saat daldırma süresi sonunda elde edilen Nyquist eğrileri Şekil 3’te, bu eğrilerden elde edilen elektrokimyasal parametreler ise Tablo 1’de verilmiştir. Şekil 3’te verilen Nyquist eğrileri incelendiğinde; inhibitör içeren ortamlarda, her derişim için eğrinin şekli değişmemekle birlikte inhibitör içermeyen ortamla kıyaslandığında direncin önemli ölçüde artığı görülmektedir. İnhibitör içeren ortamlarda R_p değerleri artan derişimle birlikte artmaktadır. Bakır için Nyquist eğrilerinden hesaplanan R_p değeri 77 ohm cm²’dir. En yüksek derişim için belirlenen R_p değeri 7395 ohm cm²’dir. Bu artış, inhibitörün metal yüzeyine adsorplanıp koruyucu bir film oluşturduğunu göstermektedir [3, 4, 11]. Ayrıca Tablo 1’de görüldüğü gibi LPR ölçümlerinden elde edilen R_p değerleri, Nyquist eğrilerinden elde edilen değerler ile uyumludur.

Tablo 1. Bakır elektrotun 0,5 M H₂SO₄ çözeltisi ve farklı derişimlerde PDSE içeren ortamlarda EIS ve LPR ölçümlerinden elde edilen korozyon parametreleri

	C (ppm)	EIS		LPR	
		$R_p/\Omega \text{ cm}^2$	E%	$R_p/\Omega \text{ cm}^2$	E%
Cu	-	77	-	77	-
PDSE	100	1919	96,0	1699	95,4
	250	1988	96,1	1792	95,7
	500	4473	98,3	3442	97,7
	1000	5580	98,6	3873	98,0
	2000	7395	98,9	5533	98,6

Metal/çözelti ara yüzeyinde inhibitör moleküllerinin adsorpsiyonu, R_p değerlerini arttırmaktadır. R_p ’nin artması, bakırın korozyon hızının azaldığını göstermektedir [27].



Şekil 3. Bakır elektrotların farklı derişimlere PDSE içeren 2000 ppm: ○, 1000 ppm PD: ●, 500 ppm PD: ■, 250 ppm PD: □ ve içermeyen 0,5 M H₂SO₄ çözeltilerinde elde edilen Nyquist eğrileri

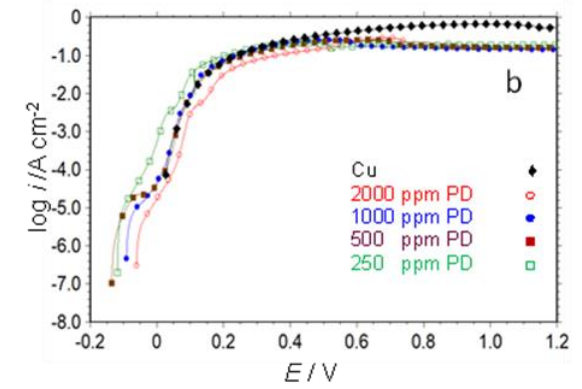
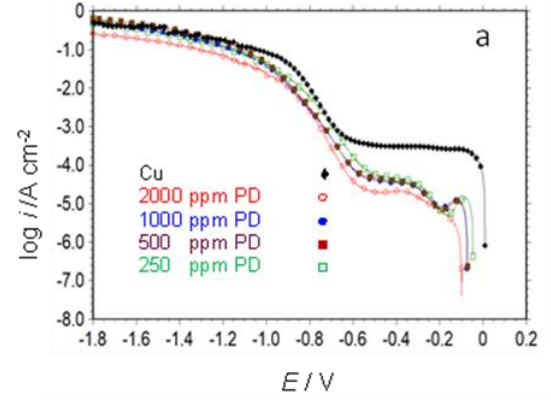
3.2.3. Yarı Logaritmik Akım-Potansiyel Eğrileri

İnhibitör içermeyen ve farklı derişimlerde (2000 – 100 ppm) PDSE içeren 0,5 M H₂SO₄ çözeltilerinde bakırın elektrokimyasal davranışları yarı logaritmik akım potansiyel eğrilerinden faydalanarak belirlenmiştir. Elde edilen eğriler Şekil 4'te, bu eğrilerden hesaplanan korozyon hızı (i_{kor}), korozyon potansiyeli (E_{kor}), korozyon hızı (KH) ve inhibisyon etkinliği (E%) sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Bakırın, inhibitör içermeyen 0,5 M H₂SO₄ çözeltilerinde belirlenen E_{kor} değeri 0,020 V'dur. Aynı ortamda ve aynı koşullarda ortama farklı derişimler de inhibitör eklenmesi ile eğrilerinin karakteristiğinin değişmediği, bununla birlikte E_{kor} değerlerinin daha negatif potansiyellere kaydığı gözlemlenmiştir. E_{kor} değerlerindeki bu kayma, artan inhibitör derişimi ile artarken, değerler -0,098V ile -0,069 V aralığındadır.

Tablo 2'den görüleceği gibi inhibitör içermeyen asidik ortamda bakır için i_{kor} değeri 4,789 $\mu\text{A cm}^{-2}$ 'dir. PDSE inhibitörünün varlığında ise i_{kor} daha düşük değerdedir (0,926 – 3,729 $\mu\text{A cm}^{-2}$). Bu rakamsal verilerden de anlaşılacağı gibi, asidik ortama PDSE inhibitörünün farklı derişimlerde eklenmesi, anodik metal çözünmesi ve katodik bölgede hidrojen oluşum reaksiyonunu azaltmaktadır. Potansiyodinamik ölçümlerden belirlenen etkinlik değerleri % 80,66 - 22,55 aralığında değişmektedir.

Tablo 2. Farklı derişimlerde PDSE içeren ve içermeyen 0,5 M H₂SO₄ çözeltilerde yarı logaritmik akım-potansiyel eğrilerinde elde edilen korozyon parametreleri

	C (ppm)	E_{kor} (V, Ag/AgCl)	i_{kor} ($\mu\text{A cm}^{-2}$)	KH (mm yıl^{-1})	E%
Cu	-	0,020	4,789	196,1	
	100	-0,069	3,709	151,8	22,55
	250	-0,067	3,144	47,34	34,35
	500	-0,070	2,144	32,28	55,23
PDSE	1000	-0,090	1,068	16,08	77,70
	2000	-0,098	0,926	13,94	80,66



Şekil 4. Bakır elektrotun farklı derişimlerde PDSE içeren ve içermeyen 0,5 M H₂SO₄ çözeltilerinde elde edilen katodik (a) ve anodik (b) akım-potansiyel eğrileri

3.2.4. Adsorpsiyon İzotermi ve Yüzey Mekanizması

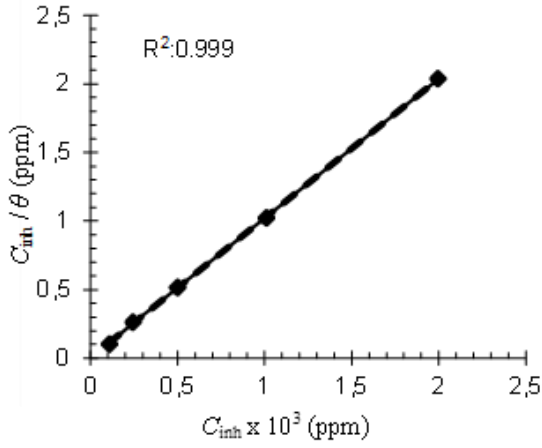
Korozyon çalışmalarında, metal yüzeyi ve inhibitör molekülleri arasındaki etkileşimler adsorpsiyon izotermi yardımıyla aydınlatılabilir [27]. Metal/çözelti ara yüzeyindeki adsorpsiyon mekanizması EIS ve LPR ölçümlerinden hesaplanan yüzey kaplanma kesirleri ile belirlenmiştir. Şekil 5'te görüldüğü gibi, C (derişim)'ye karşı grafiğe geçirilen C/θ (yüzey kaplama kesri) değişiminin doğrusal olması ($R^2 \cong 1$) PDSE'nin asidik çözeltide bakırın yüzeyine adsorpsiyonunun Langmuir adsorpsiyon izotermine uyduğunu göstermektedir. Eşitlik 4'te bu izotermi gösterilmektedir [28].

$$\frac{C_{(inh)}}{\theta} = \frac{1}{K_{(ads)}} + C_{(inh)} \quad (4)$$

Eşitlik 4 yardımı ile izotermi kaymasından K_{ads} değeri $0,984 \times 10^3$ olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan K_{ads} değerinin yüksek olması kullanılan PDSE inhibitörünün asidik ortamda bakır metal yüzeyine güçlü bir şekilde adsorbe olabileceğini göstermektedir [28].

Adsorpsiyon serbest enerjisi (ΔG_{ads}°) ise aşağıda verilen Eşitlik 5 yardımıyla hesaplanmıştır;

$$\Delta G_{ads}^{\circ} = -RT \ln(55,5K_{ads}) \quad (5)$$



Şekil 5. Bakırın inhibitörlü ortamda elde edilen Langmuir adsorpsiyon izotermi

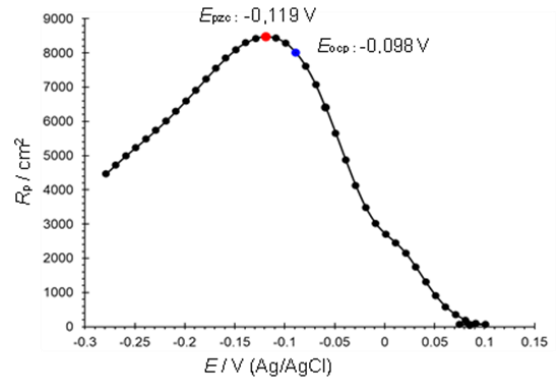
Eşitlik 5'ten, PDSE inhibitörünün 0,5 M H₂SO₄ içerisinde ΔG°_{ads} değeri -27.025 kJ mol⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Negatif ΔG°_{ads} değeri, inhibitörün metal yüzeyine adsorpsiyonunun kendiliğinden olduğunu göstermektedir. ΔG°_{ads} değerinin yüksek olması ise inhibitör molekülleri ve metal yüzeyi arasında güçlü etkileşimler ile açıklanabilir [27].

3.2.5. Sıfır Yük Potansiyeli

E_{pzc} , organik bileşikler ve metaller arasındaki etkileşim türü hakkında önemli bilgiler verir [18]. E_r , Antropov'un rasyonel korozyon potansiyeli olarak tanımlanır ve Eşitlik 6'da verilen formüle göre elde edilir [18],

$$E_r = E_{ocp} - E_{pzc} \quad (6)$$

Eşitlik 6'da E_{ocp} açık devre potansiyeline, E_{pzc} ise sıfır yük potansiyeline karşılık gelmektedir. Şekil 6'da görüldüğü gibi, PDSE'nin asidik ortamdaki PZC eğrisinden E_{pzc} değeri, -0,119 V olarak belirlenmiştir. Bu sonuca göre E_r değeri 0,021 V olarak belirlenmiştir. Bu değer pozitif olması, metalin yüzey yükünün pozitif olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla öncelikle negatif yüklü sülfat iyonları metal yüzeyine adsorplanarak yüzeyi negatif yüklemekte, sonrasında asidik ortamda protonlanmış (pozitif yüklü) inhibitör molekülleri sülfat iyonları üzerinden metal yüzeyine tutunarak koruyucu bir film oluşturmaktadır.



Şekil 6. Bakırın 2000 ppm PDSE içeren 0,5 M H₂SO₄ çözeltisinde elde edilen PZC eğrisi

4. SONUÇ

Bakırın PDSE içeren 0,5 M H₂SO₄ çözeltisindeki korozyon hızı, yüzey mekanizması ve metal/çözelti etkileşimlerini aydınlatmak için yapılan çalışmalardan aşağıda maddeler halinde verilen sonuçlar ortaya çıkarılmıştır;

- 1) PDSE'nin varlığının 0,5 M H₂SO₄ çözeltisinde bakırın korozyonunu yavaşlattığı belirlenmiştir.
- 2) LPR, EIS ve PP ölçümlerinden elde edilen sonuçlardan hesaplanan etkinlik değerinin artan derişimle arttığı belirlenmiştir.
- 3) PDSE inhibitörünün asidik ortamdaki derişiminin artması ile bakırın korozyon potansiyelinin daha negatif potansiyellere kaydırıldığı belirlenmiştir.
- 4) PDSE inhibitörünün asidik ortamda bakır metali yüzeyine adsorpsiyonunun Langmuir adsorpsiyon izotermine uyduğu belirlenmiştir.
- 5) PZC çalışmaları, metalin yüzey yükünün pozitif olduğunu göstermiştir.
- 6) Temas açısı çalışmaları, yüzey yükünün hidrofobik olduğunu göstermiştir.

PDSE'nin, asidik çözeltide metal yüzeyinde koruyucu bir film oluşturarak bakırın korozyonunu önemli ölçüde yavaşlattığı belirlenmiştir. Düşük derişimlerde bile, yüksek etkinlik elde edilebileceğinden PDSE'nin doğal çevre dostu doğal bir atık olması gibi ekonomik faktörde dikkate alındığında PDSE'nin pratik uygulamalarda bakırın asidik çözeltide korozyonunu önlemek amacı ile inhibitör olarak kullanımı uygun olabilir.

Teşekkür

Bu çalışma, Bingöl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (Proje Numarası: GMYO.2021.00.001) tarafından finansal olarak desteklenmiştir. Bingöl Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar ve Projeler Birimine, Bingöl Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarına ve İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümüne teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] Özgün Ö, Erçetin A. Microstructural and mechanical properties of Cr-C reinforced Cu matrix composites produced through powder metallurgy method, *Tr J Nature Sci.* 2017;6(2):1-6.
- [2] Erçetin A, Aslantaş K. Production of WCu electrical contact material via conventional powder metallurgy method: Characterization, mechanical and electrical properties. *Tr J Nature Sci.* 2017;6(1):37-42.
- [3] Şahin AE, Yumuşak çeliğin asidik ortamdaki korozyon davranışına 5-(4-dimetilaminobenziliden)-rodanin molekülünün etkisi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi* 2019;7:803–810.
- [4] Solmaz R, Şahin AE, Geçibesler İH, Kardaş G. Investigation of the inhibition effect of cucurbita moschata pumpkin shell on mild steel corrosion, *Physical Sciences*, 2019;14(2):1–10
- [5] Erbil M. Korozyon (İlkeler- Önlemler), Ankara, 2012.
- [6] Erbil M. Demirin korozyonu üzerine bazı yeni inhibitörlerin etkinliklerinin araştırılması. Ankara Üniversitesi Doçentlik Tezi, Ankara, 117s, 1980.
- [7] Erbil M. Korozyon inhibitörleri ve inhibitör etkinliklerinin saptanması, Segem, Ankara, 14, 1984.
- [8] Üneri S. Korozyon inhibitörlerinin prensipleri ve pratiği. Segem, Ankara, 121, 1984 Üneri S., Korozyon ve Önlenmesi, SEGEM, Ankara 1998.
- [9] Solmaz R, Şahin AE, Döner A, Kardaş G. The investigation of synergistic inhibition effect of rhodanine and iodide ion on the corrosion of copper in sulphuric acid solution. *Corrosion Science* 2011;53:3231–3240.
- [10] Solmaz R, Altunbaş E, Kardaş G. Investigation of adsorption and corrosion inhibition effect of 1,1'-thiocarbonyldiimidazole on mild steel in hydrochloric acid solution. *Prot Met Phys Chem Surfaces.* 2011;47(2):264-271.
- [11] Liu L, Lu S, Wu YQ, Xie JY, Xing J. Corrosion inhibition behavior of four benzimidazole derivatives and benzotriazole on copper surface. *Anti-Corrosion Methods Mater.* 2020;67(6):565-575
- [12] Ekilik V V, Berezhnaya AG, Svyataya MN. Acridine derivatives as inhibitors of copper dissolution. *Russ J Appl Chem.* 2001;74(9):1500-1505.
- [13] Xiang Q, He J. Combining theoretical and experimental researches to insight the anti-corrosion nature of Citrus reticulata leaves extract. *J Mol Liq.* 2021;325.
- [14] Batah A, Anejjar A, Bammou L, Belkhaouda M, Salghi R. Effect of apricot almond oil as green inhibitor for steel corrosion in hydrochloric media. *Portugaliae Electrochimica Acta.* 2020;38:201-214.
- [15] Khaburs'kyi YM, Corrosion Resistance properties of the extracts pf plants raw materials in solutions of hydrochloric acid, *Materials Science*, 2015;51:131-137.
- [16] Ongun Yüce A. Asidik Çözeltilerde yumuşak çeliğin korozyonu üzerine yeşil inhibitör olarak morus nigra pendula yaprak ekstraktının inhibisyon etkisinin incelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Derg.* 2019;34:183-192.
- [17] Zhang X, Li W, Yu G. Evaluation of Idesia polycarpa Maxim fruits extract as a natural green corrosion inhibitor for copper in 0.5 M sulfuric acid solution. *J Mol Liq.* 2018;318: 114080.
- [18] Tan B, Xiang B, Zhang S, et al. Papaya leaves extract as a novel eco-friendly corrosion inhibitor for Cu in H2SO4 medium. *J Colloid Interface Sci.* 2021;582:918-931.
- [19] Rehan AA. Corrosion Control by water-soluble extracts fromleaves of economic plants. *Mat-wiss. u. Werkstofftech.*2003;34:232 – 237.
- [20] Tan B, Xiang B, Zhang S, Qiang Y, L Xu, Chen S, He J. Papaya leaves extract as a novel eco-friendly corrosion inhibitor for Cu in H2SO4 medium. *Journal of Colloid and Interface Science* 2021;582:918–931.
- [21] Şahin AE, Solmaz R, Geçibesler İH, Kardaş G. Adsorption Ability Stability And Corrosion İnhibition Mechanism of Phoenix Dactylifera Extrat on Mild Steel, *Materials Research Express*, 2020;7:1–11.
- [22] Solmaz R, Altunbaş E, Kardas G. Adsorption and corrosion inhibition effect of 2-((5-mercapto-1,3,4-thiadiazol-2-ylimino)methyl) phenol Schiff base on mild steel, *Mater. Chem. Phys.*2011;125:796–801.
- [23] Song SM, Park CE, Yun K, Hwang CS, Oh SY, Park JM. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 1998;12:541-561.
- [24] Zhang J, Li H. 2-(2-chlorophenyl)-1H-benzimidazole as a new corrosion inhibitor for copper in sulfuric acid. *Int. J. Electrochem. Sci.*, 2020;15:5362 – 5372.
- [25] Vengatesh G, Sundaravadivelu M. Combining theoretical and experimental researches to insight the anti-corrosion nature of Citrus reticulata leaves extra. *Journal of Molecular Liquids* 2021;325:115218.
- [26] Shalabia K, El-Gammala OA, Abdallah YM. Adsorption and inhibition effect of tetraaza-tetradentate macrocycle ligand and its Ni (II), Cu (II) complexes on the corrosion of Cu10Ni alloy in 3.5% NaCl solutions. *Colloids and Surfaces A* 2021;609:125653.
- [27] Solmaz R, Altunbaş Şahin E, Döner A, Kardaş G, The Investigation Of synergistic inhibition effect of rhodanine and iodide ion on the corrosion of copper in sulphuric acid solution, *Corrosion Science*, 2011;53:3231–3240.



IoT Based Street Lighting and Computer Aided Control

Turgut ÖZSEVEN^{1*}, Merve Nur SAĞLAM^{2*}

¹Department of Computer Engineering, Tokat Gaziosmanpaşa University, Tokat, Turkey

²Department of Mechatronic Engineering, Tokat Gaziosmanpaşa University, Tokat, Turkey

Turgut ÖZSEVEN ORCID No: 0000-0002-6325-461X

Merve Nur SAĞLAM ORCID No: 0000-0003-0596-1639

*Corresponding author: turgut.ozseven@gop.edu.tr

(Alınış: 17.09.2021, Kabul: 04.10.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Keywords

Internet of Things, Smart City, LED Lighting, Smart Street Lighting, Lora, ThingSpeak

Abstract: Traditional lighting systems have many disadvantages such as energy efficiency, failure tracking and lack of remote control. These disadvantages cause unnecessary energy consumption, extra labor, security threats and lack of follow-up. To overcome these problems, in this study, instead of traditional lighting, an IoT-based smart lighting prototype was developed and computer-assisted control was performed. In order to ensure energy efficiency, the light intensity of the street lamps was adjusted according to the intensity by taking data from the motion sensors. Data such as fault tracking and density obtained from LED armature sensors were transferred to the cloud and controlled independently of the venue. Thus, the data on the cloud can be easily tracked through the ThingSpeak platform. With the visualized ThingSpeak web interface, the electrical power, current drawn, temperature value, ambient light value, location information, motion detection and remote switching of the LED armature can be done independently of the location. This study contributes to the literature on the usability and infrastructure of smart street lighting, both theoretically and practically.

IoT Tabanlı Sokak Aydınlatması ve Bilgisayar Destekli Kontrolü

Anahtar Kelimeler

Nesnelerin İnterneti, Akıllı Şehir, LED Aydınlatma, Akıllı Sokak Aydınlatması, Lora, ThingSpeak

Öz: Geleneksel aydınlatma sistemlerinin enerji verimliliği, arıza takibi ve uzaktan kontrol eksikliği gibi birçok dezavantajı bulunmaktadır. Bu dezavantajlar gereksiz enerji tüketimine, ekstra iş gücüne, güvenlik tehditlerine ve takip eksikliğine neden olmaktadır. Bu sorunların üstesinden gelmek için bu çalışmada geleneksel aydınlatma yerine IoT tabanlı akıllı aydınlatma prototipi geliştirilmiş ve bilgisayar destekli kontrol gerçekleştirilmiştir. Enerji verimliliğini sağlamak için hareket sensörlerinden veri alınarak sokak lambalarının ışık şiddeti yoğunluğa göre ayarlanmıştır. LED armatür sensörlerinden elde edilen arıza takibi ve yoğunluk gibi veriler buluta aktararak mekandan bağımsız olarak kontrol edilmiştir. Böylece bulut üzerindeki veriler ThingSpeak platformu üzerinden kolaylıkla takip edilebilmektedir. Görselleştirilmiş ThingSpeak web arayüzü ile LED armatürün elektrik gücü, çekilen akım, sıcaklık değeri, ortam ışık değeri, konum bilgisi, hareket algılama ve uzaktan anahtarlama, mekandan bağımsız olarak yapılabilmektedir. Yapılan bu çalışma akıllı sokak aydınlatmalarının kullanılabilirliği ve altyapısının oluşturulmasına yönelik gerek teorik gerekse de uygulama olarak literatüre katkı sağlamaktadır.

1. INTRODUCTION

With the development of technology, the planning, infrastructure systems and modern urbanization understanding of cities have begun to change and develop. Network connections, the internet of things, sensors and the first stages of the concept of smart city have started to come to the fore since the 1990s [1]. The concept of smart city is shaped by more innovative and

technological developments day by day due to reasons such as people's demands, global warming, increasing population and increasing needs, and limited resources [2]. According to research by Anthopoulos, it is stated that there are more than 300 smart cities [3]. Cities that have been transformed into smart cities from scratch are Lusail (Qatar), Lavasa (India), Songdo (South Korea), Masdar (United Arab Emirates) [4].

Internet of Things (IoT) is expressed as the decision of the data collected by computers with their own calculation algorithms [5]. In this context, IoT constitutes the system that enables the communication of computers, digital machine systems, and elements expressed as objects to be transmitted over the network without the need for human interaction. In the concept of IoT, the phenomenon characterized as a thing is devices and sensors. In order for an thing to be accessible from anywhere in the world and to be considered an thing, it must contain a unique identity name, communicate with other devices, and also contain a sensor [6]–[8]. The advantages of IoT are space-time independent device tracking, use in places where there is a risk of life safety, database connection and cost savings. The disadvantage is that the data has security and privacy problems [9]. IoT, which provides low power consumption, generally uses Wi-Fi, Bluetooth, RFID, NFC, UWB and LTE technology as communication protocol [10], [11].

Another technology that provides data transmission between long distances is LoRa (Long Range). Long Range Wide Area (LoRaWAN) is a wireless communication technology with low power consumption and wide transmission distance (5 km ~ 15 km) for the realization of LoRa network connections. The transfer of the data received from the LoRas to the server is carried out through the multi-channel gateway. The gateway processes the data by capturing the broadcast radio frequencies, thereby extending the LoRaWAN coverage [12].

Light-emitting diodes (LED) are seen as a very important solution for the future as a light source due to reasons such as climate changes in the world, limited resources, and rapid increase in energy prices. Halogen lamps, fluorescent lamps and high-pressure mercury lamps with high energy consumption and low efficiency are gradually removed from the market and replaced by LED lighting. Unlike existing light sources, LEDs are not lamps, but consist of electronic chips made of special semiconductor material. In the 2000s, the development of LED as an alternative to traditional light sources has accelerated [13]. The color rendering value, which ensures that the colors of the LEDs are perceived as real as possible, is 85 and above, and the objects are illuminated in a realistic way when compared to traditional light sources [14]. Compared to traditional lighting elements, LED lamp lighting is more advantageous in terms of high power and efficiency [15], [16]. LED lighting consumes less energy at the same power value [17]. The disadvantages of LED lighting are the high initial installation costs when used for street lighting. LEDs operating in the range of voltage values do not light when this operating voltage is low, and they are damaged if the operating voltage is high. These voltage adjustments require external current regulators and resistors in series. Considering the effects on environmental pollution, while the light source obtained from the diodes in the LEDs provides harmless lighting to the environment, the creation of a light source with fluorine gas and mercury vapor in fluorescent lighting is harmful for the environment.

Collins et al. [18], provided the dimming of the armature depending on the number of vehicles passing per hour on a road that provides real-time lighting control in England. According to the report obtained at the end of one year, it was revealed that 24% of electrical energy was saved. Even though there is a high installation cost of making street lighting smart with sensors, energy consumption will decrease [19]. In the 'Smart City Roadmap' report, which Deloitte and Vodafone work together, it is aimed to use resources economically and to achieve efficiency in smart city studies. In the smart street lighting application, the saving in electricity consumption in Oslo is expressed as 70% [20]. With the 'GrowSmarter' project within the scope of the Horizon 2020 program, smart city solutions have started to be implemented in 12 different areas such as smart street lighting and smart electricity method with an investment of 24.8 million Euros in the cities of Cologne, Stockholm and Barcelona [4]. According to the comprehensive 'Smart City Market Entry' report for the GrowSmarter project, it has been stated that the sensors placed in certain parts of the city in the smart street lighting system have an important share in energy efficiency and economic returns [21]. In the smart street lighting work of the GrowSmarter project, which was invested with the goal of sustainable urban mobility and low energy zone, pedestrian paths illuminated with LEDs were built. In the study, remote control was provided with motion and light sensitive sensors based on IoT. The sensors, which are active when motion is detected, provide 50% electricity savings through LED lamp lighting [22].

This study aimed to contribute to smart lighting systems in smart city applications. For this purpose, an IoT-based smart lighting prototype has been developed and by making the data received from the sensors meaningful, it can be remotely controlled with a wireless network structure, monitored instantly and data is stored. The motion density, malfunction and electricity consumption status, location information obtained thanks to the sensors were recorded with IoT and remote control was provided with the ThingSpeak [23] web interface. This study contributes to the literature on the usability and infrastructure of smart street lighting, both theoretically and practically.

In the next section of the study, the materials and methods used for the development of the prototype are given. In the third section, the results obtained because of running the prototype are included. In the last section, there is a discussion section in which the outputs obtained, and traditional methods are compared.

2. MATERIAL AND METHODS

In this study, IoT-based smart lighting prototype was developed and computer-assisted remote control was provided. Using a 100W SMD LED panel, temperature, motion, light intensity sensors placed on the lighting and fault status information were transferred to the cloud over long distances via LoRa, a wireless network

technology. Since the high temperature will reduce the life of the LED lighting, the temperature value of the lighting can be read instantly and monitored over the system. Energy efficiency is planned by controlling the lighting with PWM. The created prototype was controlled remotely via the ThingSpeak web interface. The following sections detail the materials and methods used for prototyping and computer aided control.

2.1. Atmega328P Microcontroller

Since Atmega microcontroller has Harvard and Reduced Instruction Set Compute (RISC) architecture, the processing speed is high. This microcontroller, which has low power consumption, contains SRAM, flash, EEPROM in different sizes. It has an operating speed of up to 20MHz. While it draws 1.5mA during active operation, it draws a minimum of 0.1 μ A in sleep mode. It can be programmed with UART, SPI, I2C communication protocols. Atmega328p, which has 28 pin outputs, 23 are input output pins. More than one command can be controlled with an Atmega. It has an operating voltage of 1.8V~ 5.5V [24].

2.2. LoRa

With IoT, wireless sensor network is widely used. LoRaWAN is a free network protocol regulated by the LoRa Alliance company [25]. This network acts as a gateway for LoRa data transmission. LoRa technology is suitable for use over long distances. Transmission speed and energy consumption are relatively lower than other wireless communication chips [26].

LoRa used for the prototype is E32-TTL from Ebyte Company. It provides data transmission over the UART communication protocol in the 433MHz frequency band with an operating voltage range of 2.8V~5.5V DC. This LoRa is preferred because it transmits data over long distances compared to other wireless transmission protocols due to the large distance between each lighting in street lighting.

2.3. Esp8266 (Wi-Fi Module)

ESP Wi-Fi Module is a module that can connect to the internet wirelessly via serial communication. It is often preferred in IoT applications. The ESP8266 can connect to an existing internet network, and it also spreads its own internet network and allows things to connect to this network. UART communication protocol is used with RX/TX pins on this Wi-Fi module with ceramic antenna with an operating voltage of 3V~3.6V. ESP8266, which has low power consumption like LoRa, consumes 20 μ A in sleep mode and 80 μ A during normal use. It has 32 Bit 80MHz processor, 4MB flash, 40KB RAM [27].

2.4. LED Panel

In the prepared prototype, a 100 W LED panel with an operating voltage of 30V~36V, shown in Figure 1, was used. The LED panel consists of 200 SMD LEDs, 20X10. To prevent overheating, the LED panels placed

on the printed circuit boards called aluminum PCBs provide some distribution of the heat on the luminaire.

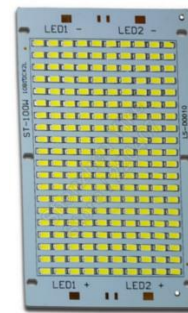


Figure 1. LED panel used in prototype

2.5. MOSFET

In the prototype, P-type mosfet with incremental channel is used for the 32 V voltage applied to the power input of the electronic circuit board. The reason for using the incremental channel P type mosfet is that it is a type of mosfet that does not pass current when it is closed, which is the opposite of the working logic of the reducing channel mosfet. That is, as long as no voltage is supplied from the gate terminal, there is no current flow from the drain and source terminals. Thus, the mosfet does not transmit. For this mosfet to conduct, when the voltage is applied positively, the area where the current will flow expands and thus, current flow is ensured between the drain and the source [28]. Mosfets are used to dim the lighting panels on the circuit because they control the voltage entering the input. In the electronic circuit, 6.6A P-channel mosfet with 100V input voltage with product code IRFR9120NTRPBF is preferred.

2.6. Sensors Used in Prototype

Motion sensors, also known as Pyroelectric Infra-Red (PIR), work with the logic of reflecting signals from the body heat radiation of humans and living things, and signals of different wavelengths hitting the object and reflecting [29]. The HC-SR501 PIR motion detector with an operating voltage of 5V -20V and a power consumption of 65mA was used to determine the dimming levels of the LED panels depending on the motion in the prototype.

For the prototype, ACS712 current sensor was preferred in accordance with the electrical current values. It will be used to control the faults caused by the fault status of the LED panels or the excessive current draw in the system. It acts as a protection in electronic circuits by preventing damage to other electronic elements in high current or voltage values applied to its input. This sensor, which has an operating voltage of 4.5V ~ 5.5V, measures current up to \pm 5A. This sensor has a sensitivity of 185mV and the voltage value measured at idle (0 ampere) is 2.5V [30]. In line with this information, the voltage value measured at no-load is subtracted from the measured value via this current sensor, which gives an analog output. The value of each 185mV obtained corresponds to a value of 1A.

Light Dependent Resistors (LDRs) are frequently used in street lamps, control equipment, night lighting lamps. The LDR sensor is used in the prototype to open and close the LED panel sensitively to daylight, depending on the light intensity.

Real Time Clock (RTC) is used to turn the LED panel on and off at desired times. With RTC, the time zone can be followed instantly and continuously. DS1302 RTC integrated with 2V ~ 5V operating voltage belonging to Maxim company is used. It works over the I2C communication protocol. RTC ICs are used with an external battery so that the time data stored in SRAM is not deleted when the power is cut. An external 32.768KHz crystal should be used to prevent time shifts in the DS1302 IC [31].

Voltage regulators are preferred to adjust the voltage on the electronic circuit board to the operating voltage of the electronic component to be used. Since the voltage supply of the PCBs is realized through the 32V transformer, this voltage must be adjusted on the board. For this reason, regulators that are suitable to be used are LM2576 Adj (adjustable voltage voltage) and AMS1117. While selecting the regulator, the PCB design was carried out considering the amount of current to be passed over it and the auxiliary electronic

components (resistor, capacitor) required for the adjustment of the appropriate voltage. Negative Temperature Coefficient (NTC) thermistor is used to determine the temperature of the LED panel.

Measuring the voltage on the electronic board is based on the voltage divider principle. Monitoring the voltage value applied to the system ensures the correct operation of the electronic system and at the same time, it ensures that possible situations and malfunctions are prevented by controlling the excessive voltage draw over the power supply, and the detection of power cuts. In the prototype, voltage sensing is realized by means of a resistor.

2.7. Design Stages

Smart lighting prototype PCB boards are drawn as 2 layers. The prototype consists of three separate PCBs. These are the main electronic board, the sensor board and the SIM808 GSM electronic board. Figure 2 shows the schematic of the sensor PCB in the KiCad [32] program. There are Atmega328p microcontroller, voltage regulator, current sensor, RTC, LDR and MOSFETs and other electronic elements on this board. Figure 3 shows the footprint and 3D design of the PCB with the sensors.

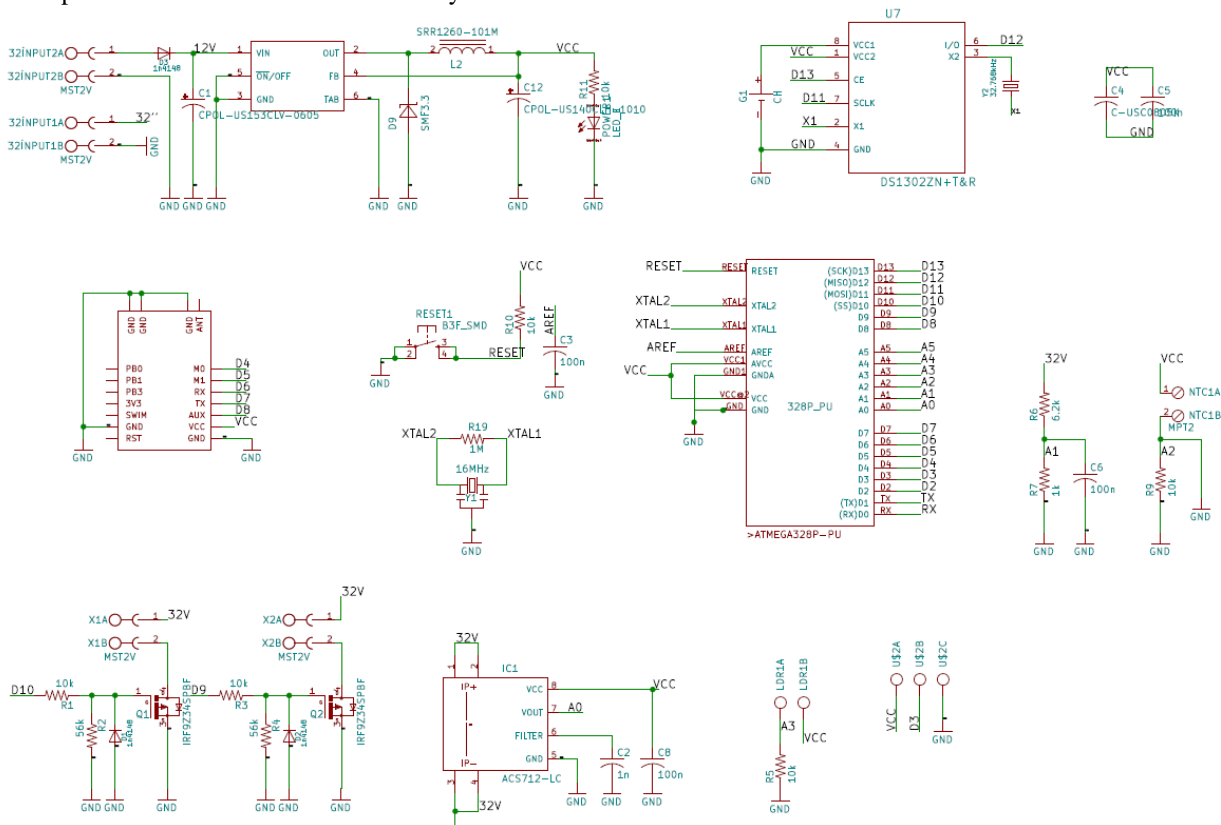


Figure 2. Smart Lighting Sensors and Lora PCB Module Schematic

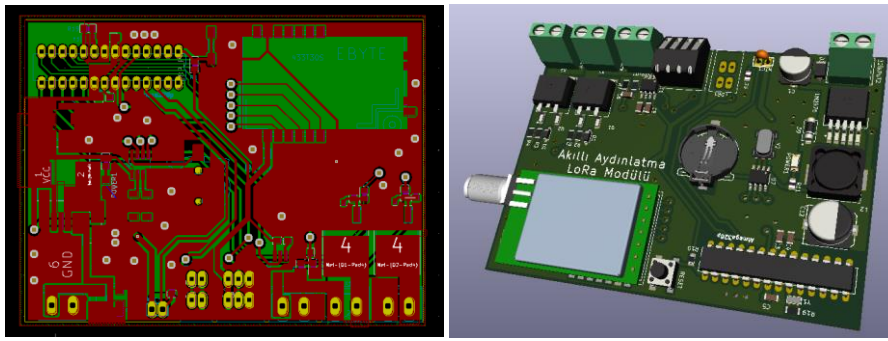


Figure 3. Smart Lighting Sensors and Lora PCB Module Footprint and 3D Design

The Wi-Fi module given in Figure 4 is designed to receive the data from the sensors and transfer them to the server wirelessly. The 32V voltage received from the transformer was used in the necessary voltage adjustments for the LoRa and ESP8266 module. An adjustable LM2576 regulator is used to reduce the voltage from the transformer to the appropriate operating voltage of LoRa. In this regulator, the necessary

mathematical calculations for the voltage to be 4.2V were considered, considering the rules in the information sheet, and the appropriate auxiliary resistance values were determined and included in the system. Figure 5 shows the footprint and 3D design of the wi-fi module. In Figure 6, application images of the prototype are given.

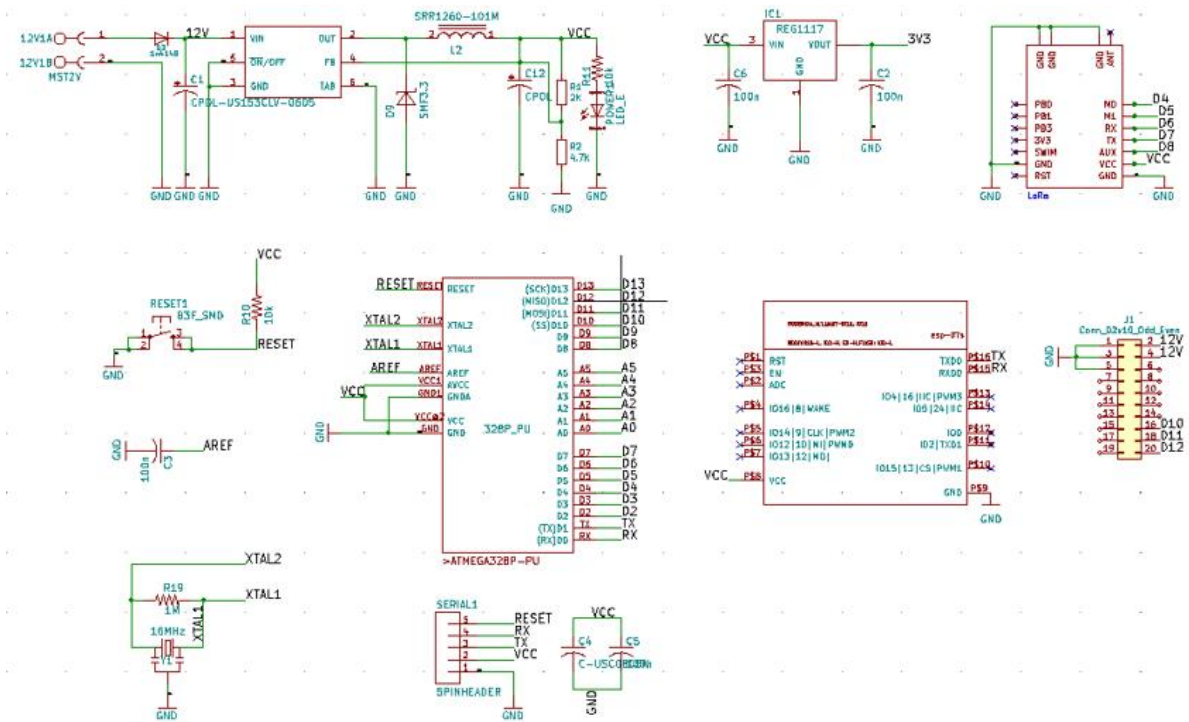


Figure 4. Schematic of Smart Lighting Wi-Fi Module

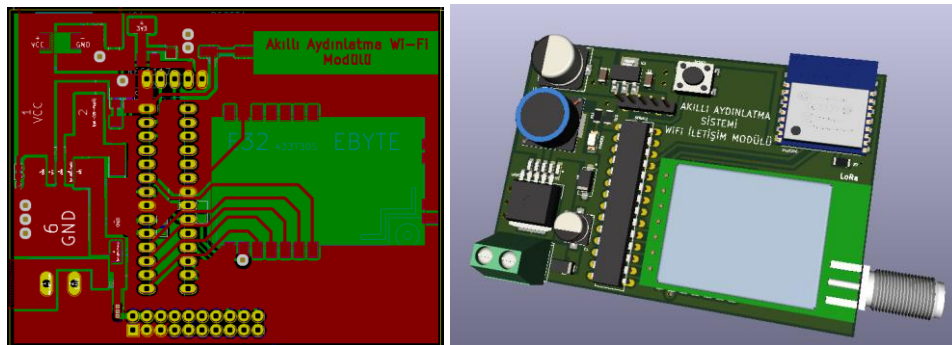


Figure 5. Footprint and 3D Design of Wi-fi Module

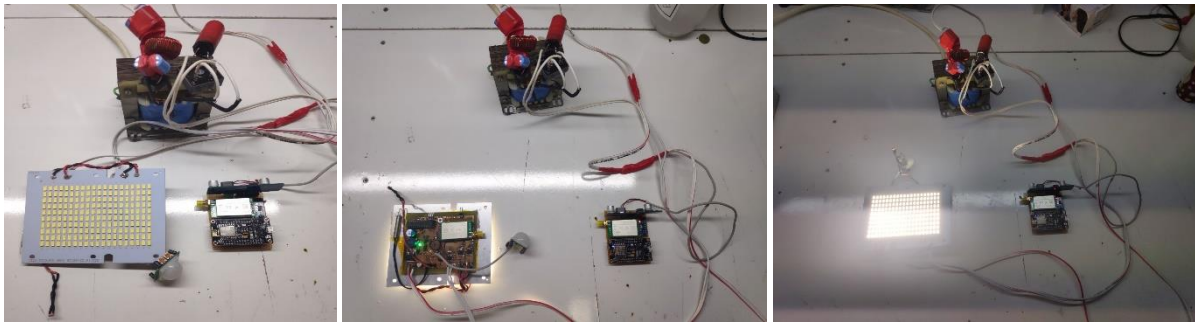


Figure 6. Images of the Smart Lighting Prototype

2.8. Transmission and Control of Data to the Server

Message Queuing Telemetry Transport (MQTT), which stands for telemetry transport, provides machine-to-machine communication and is an important messaging protocol for IoT. In other words, MQTT provides the opportunity to control the data it receives from the things that need to be remotely controlled via the server [33]. The LoRa module, which acts as a transmitter card, transmits the collected data to the wi-fi module. The electronic card is connected to the MQTT server with the ESP8266 internet module on it. Thus, the data received from devices such as computers, phones, tablets, and sensors can be accessed and controlled from anywhere. The necessary codes for programming the ESP8266 wi-fi module and Atmega328 processor were written in the arduino integrated development environment.

After the prototype development stage, it was ensured that the electronic cards communicate with each other and be followed over the server. The data obtained from the sensor networks were recorded in the database via the cloud based ThingSpeak platform and checked online. The reasons why ThingSpeak application is preferred are being able to follow the data in real time and instantaneously, reporting the obtained results, and being able to analyze it through MATLAB graphic designs. The data received from the sensors on the realized smart lighting prototype can be followed instantly on this platform.

By adding API Keys and channel ID to the software on ThingSpeak, each sensor can be matched to a different area and controlled with an appropriate graphical interface design. These different fields are called 'Field'. In each opened channel, data obtained from eight sensors at the same time is visualized. The general view of the values obtained from the sensors assigned to the fields is given in Figure 7.

The data saved in the database can be stored in ThingSpeak free of charge or exported in XML, JSON,

CSV formats, which are different standards where objects are used to share data among themselves.

3. RESULTS AND DISCUSSION

In the smart lighting prototype, which is the subject of the study, LoRa was used as the most suitable wireless network structure due to its advantages such as transmission speed, affordable cost, unlimited message reading capacity, and wide coverage. The developed prototype has been designed as close to reality and can be used easily in all areas.

Among the problems encountered in traditional street lighting, problems such as the lighting that comes on before its time, the lack of sufficient lighting level during the time when the movement is high, the failure of the malfunctioning street lighting not to be noticed from afar have been solved with the developed prototype. With the PIR sensor included in the system, energy is saved by performing full efficiency or dimming depending on the intensity of movement. Another energy-saving area is the use of LED panels, which are formed by combining more than one LED, which creates high luminous flux with minimum energy consumption, instead of traditional lighting. Thus, a brighter illumination level has been achieved at low cost. With the system being made smart, the LDR sensor is activated, and lighting is provided in the time periods when lighting is required depending on the ambient light.

With the IoT, the data collected from the wireless network structures are transferred to the server and can be easily accessed at the desired time interval. The values obtained from the sensors can be controlled with the IoT infrastructure via ThingSpeak, which is a cloud-based web interface. Thus, a smart lighting system in accordance with the smart city concept that can decide on its own has been realized.

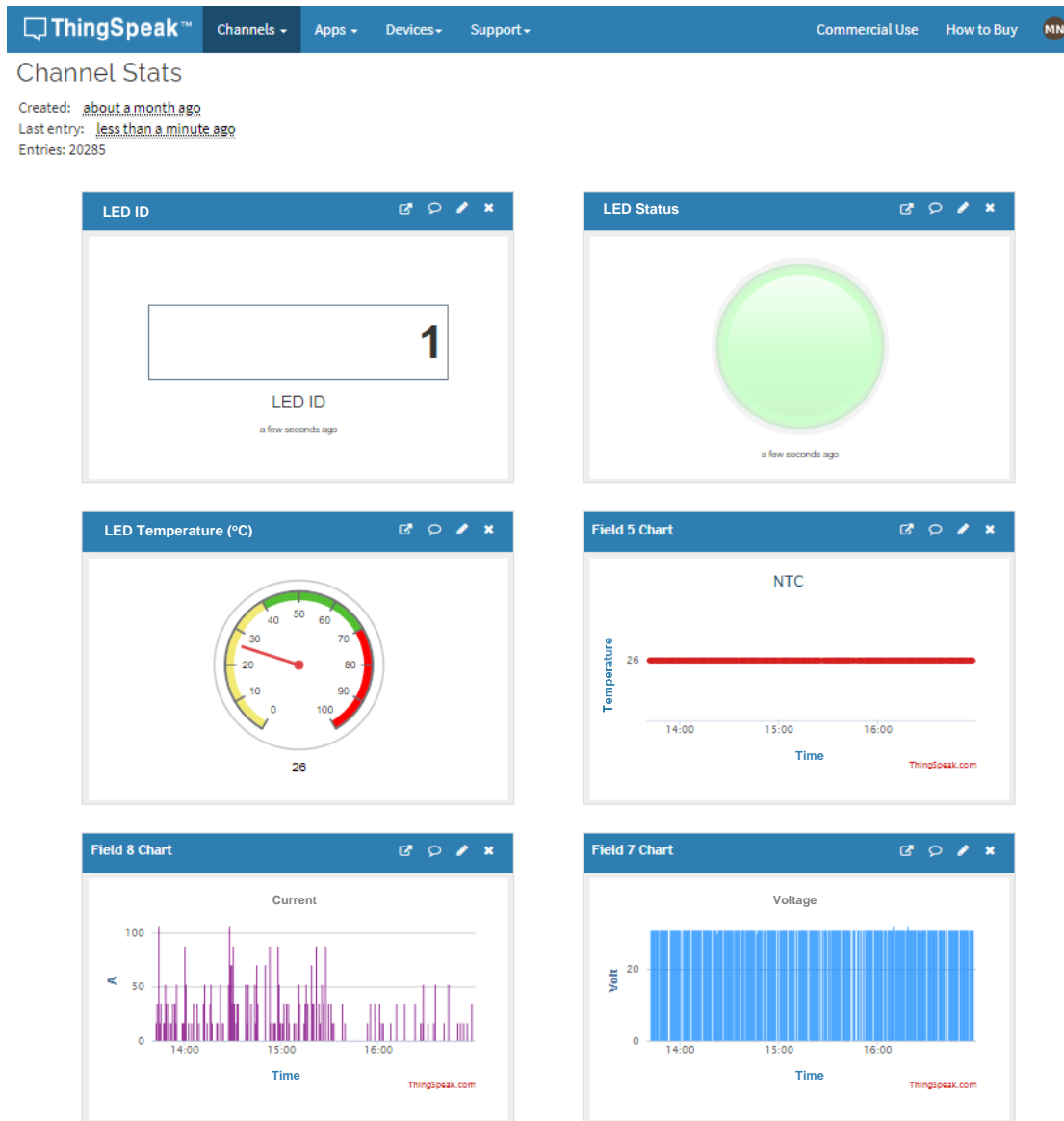


Figure 7. ThingSpeak Interface

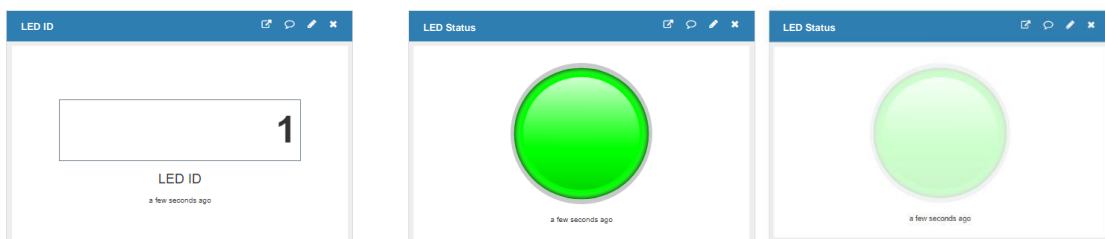


Figure 8. LED ID and Active Status (With and Without Illumination)

The software of the processors on the modules are made with the arduino application written in C and C++ languages. The data coming from the sensors were also checked on the arduino virtual screen and it was determined that there was no data loss in the data transferred to ThingSpeak.

The control of the LED Panel is followed by the ID number assigned to it and the instantaneous flashing control with the visuals given in Figure 8. The LDR sensor activates and illuminates when the operating time of the LED Panel, which is included in the operating logic of the system and is included in the software, is

active and at the same time, in cases where early lighting should be provided due to the darkening of the air.

Overheating of LED panels both damages the LEDs and poses a danger to other electronic components. The temperature value at which the LEDs will fail is 70°C, and when it exceeds this value, the system switches to protection and automatically stops working. Therefore, the instantaneously controlled temperature value changes between 40°C and 42°C at the highest when the LED is active. During the daytime, the temperature values are around 26°C. In Figure 9, the visual of the temperature status of the LED panel is given.

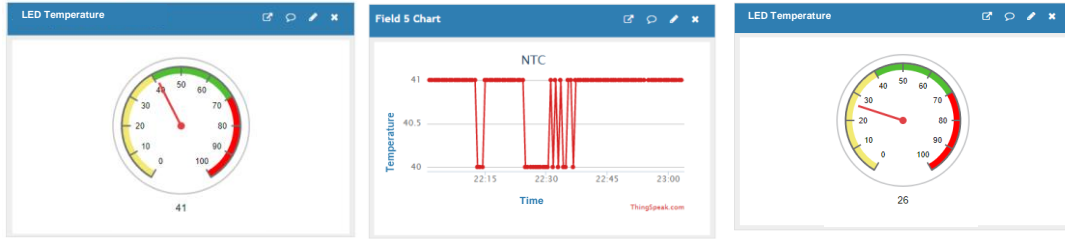


Figure 9. Temperature Status of LED Panel with Lighting On and Off

The instantaneous and weekly measurement results of the temperature values of the LED lighting are given in Figure 10.

The current values given in Figure 11 show the current drawn by the prototype from the electronic circuit. Values controlled instantly or in the desired date range via the ThingSpeak web interface indicate how much current the system draws in which time. ACS712 current sensor measures the current drawn from the system and

protects the system against high current draw in case of failure. The voltage graph given in Figure 12 shows the voltage value drawn by the LED lighting.

Working depending on daylight, the LDR sensor controls the darkening of the air and the early darkening in bad weather conditions. Thus, the system works even in the time when lighting is mandatory before the clock arrives. Images of the LDR status are given in Figure 13.

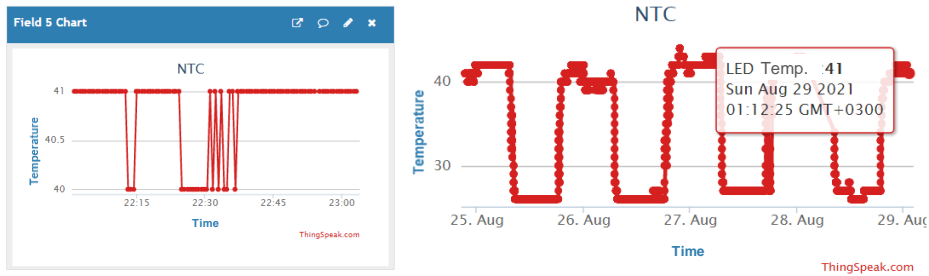


Figure 10. ThingSpeak Instant and Weekly NTC Status

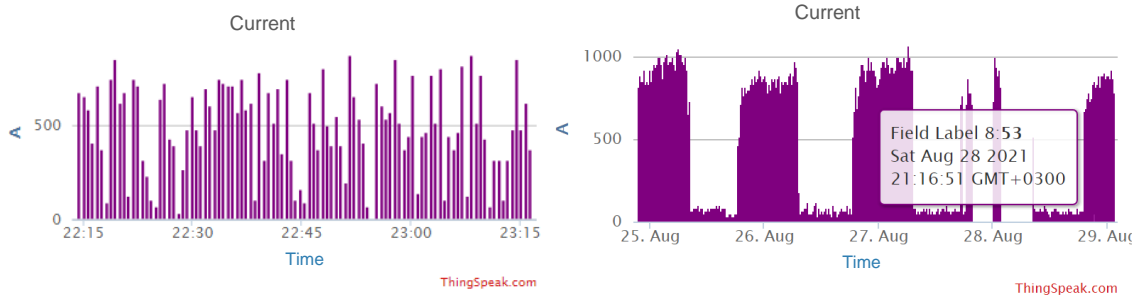


Figure 11. ThingSpeak Instant and Weekly Current Status

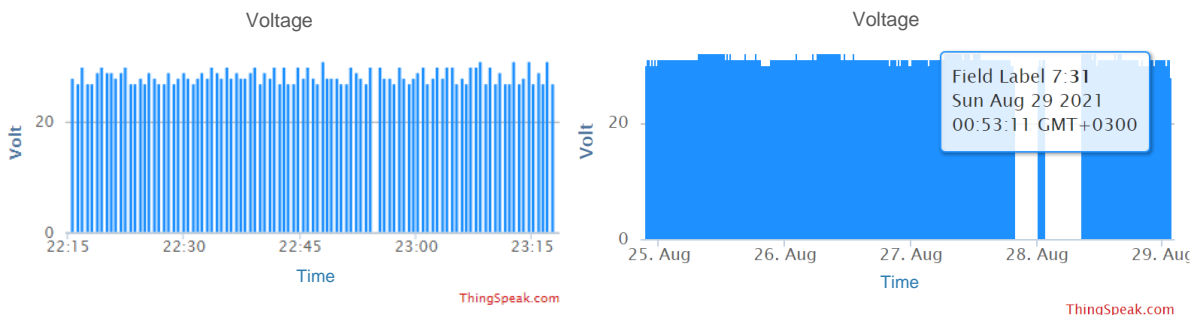


Figure 12. ThingSpeak Voltage Status

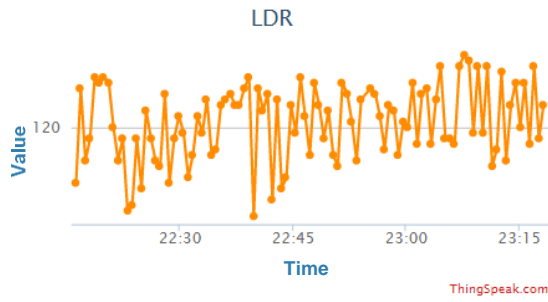


Figure 13. ThingSpeak LDR Status

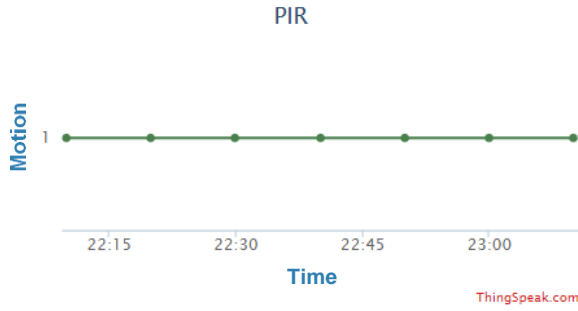


Figure 14. ThingSpeak PIR Status

In the prototype prepared, the LED lighting level changes according to the motion situation. In cases where there is no movement, it is aimed to save energy by providing 50% dimming between 00:00 and 04:00 at night. In this time range, only when motion is detected, LED lighting works with 100% efficiency. Thus, LED lighting, which is intended to be used for street lighting, is included in the system when it detects a vehicle or living thing outside. Images of the motion state are given in Figure 14. Thanks to the location adding feature in the ThingSpeak web interface, the location of the LED lighting has been added to this platform.

4. DISCUSSION

The aim of the study is to obtain a good light source with low energy consumption. The developed LED smart street lighting system has been made self-deciding with sensors and electronic components. The targeted findings for smart lighting have been successfully realized. Electronic hardware and software areas of the prototype were followed instantly and for a long time and no problems were encountered.

With the LoRa wireless communication network, even from very long distances, the data from the sensor is transferred to the cloud base without loss. The use of the ThingSpeak application, which provides the opportunity to access the recorded data either instantly or in the past, has made the smart lighting prototype more useful and understandable.

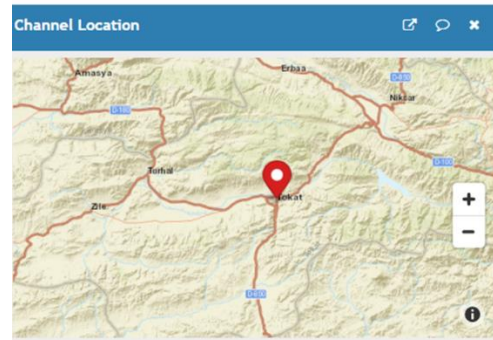
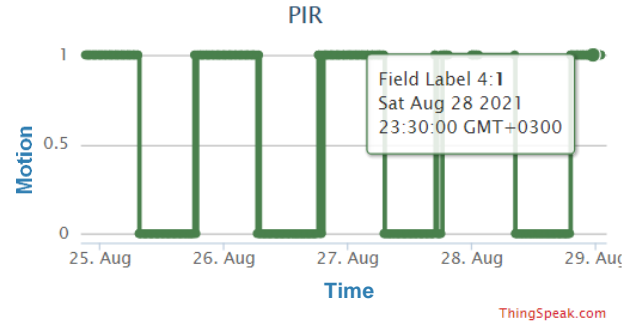
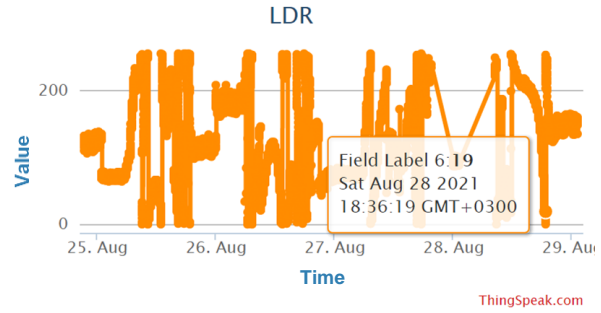


Figure 15. ThingSpeak LED Lighting Location Information

Temperature measurement was made with the NTC sensor placed on the LED lighting panel and it was determined that the temperature values were normal. However, for the smart lighting prototype to be made in long-term usage areas, a separate design can be added to the system to provide cooling, and thus the lifetime of the LEDs can be extended.

REFERENCES

- [1] Örselli E, Akbay C. Teknoloji ve kent yaşamında dönüşüm: akıllı kentler. *International Journal of Management Academy*. 2019;2(1): 228–241.
- [2] Ateş M, Önder D. E. The Concept of ‘Smart City’and Criticism within the Context of its Transforming Meaning. *Megaron*. 2019;14(1): 41.
- [3] Anthopoulos L. G. Understanding smart cities: a tool for smart government or an industrial trick. Springer; 2017.
- [4] Gürsoy O. Smart City Approach and It’s Implementation Feasibility for the Metropolitan Cities in Turkey [dissertation]. Ankara: Hacettepe University; 2019.
- [5] Ashton K. That “internet of things” thing. *RFID journal*. 2009;22(7):97–114.

- [6] Commission F. T. Internet of things: Privacy & security in a connected world. Washington, DC: Federal Trade Commission. 2015.
- [7] Miorandi D, Sicari S, De Pellegrini F, Chlamtac I. Internet of things: Vision, applications and research challenges. *Ad hoc networks*. 2012; 10(7): 1497–1516.
- [8] Sha K, Wei W, Yang T. A, Wang Z, Shi W. On security challenges and open issues in Internet of Things. *Future Generation Computer Systems*. 2018; 83: 326–337.
- [9] Jalali M. S, Kaiser J. P, Siegel M, Madnick S. The internet of things promises new benefits and risks: a systematic analysis of adoption dynamics of IoT products. *IEEE Security & Privacy*. 2019; 17(2): 39–48.
- [10] Al-Fuqaha A, Guizani M, Mohammadi M, Aledhari M, Ayyash M. Internet of things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. *IEEE communications surveys & tutorials*. 2015; 17(4): 2347–2376.
- [11] Ghaffari K, Lagzian M, Kazemi M, Malekzadeh G. A socio-technical analysis of internet of things development: an interplay of technologies, tasks, structures and actors. *Foresight*. 2019.
- [12] Thomas A, Eldhose N. Heterogeneous LPWAN Communication for Electric Vehicle Charging Infrastructure. *IJITEE*. 2019; 9(2): 2060–2067.
- [13] ‘LED: The Light of the Future. [Internet]. licht.de; [cited 2021 Sep. 17]. Available from: <https://fdocuments.in/document/lichtwissen-no-17-led-the-light-of-the-future.html>.
- [14] Aman M. M, Jasmon G. B, Mokhlis H, Bakar A. H. A. Analysis of the performance of domestic lighting lamps. *Energy policy*. 2013; 52: 482–500.
- [15] Hinov N, Tsankov P, Ibrishimov H. Innovative LED lighting. *International Conference on Creative Business for Smart and Sustainable Growth, CREBUS 2019*; p. 1–5.
- [16] Özçelik M. A, Yılmaz M. Comparison of Fluorescent and Normal LED Illumination in terms of Energy Efficiency with Smart LED System Proposed Zone Controlled Room in Daylight. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*. 2019; 6(2): 270–281.
- [17] Akyazı Ö, Şahin E, Kahveci D. C. Smart Street Lamp Design and Application with PV Panel and Grid Integration. *European Journal of Science and Technology*. 2019; Special Issue, pp. 356-360.
- [18] Collins A, Thurrell T, Pink R, Feather J. Dynamic dimming: The future of Motorway lighting?. *Lighting Journal*. 2002;67(5): 25.
- [19] Erkin E, Yurtseven M. B, Güler Ö, Onaygil S. Led Panel Armatürlerin Ofis Aydınlatmasında Retrofit Amaçlı Kullanımının İncelenmesi. VII. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu. 2013. pp. 15–21.
- [20] Deloitte-Vodafone Akıllı Şehir Yol Haritası [Internet]. Deloitte-Vodafone; 2021 [cited 2021 Sep. 17]. Available from: <http://www.vodafone.com.tr/VodafoneBusiness/iot/pdf/akilli-sehir-yol-haritasi>
- [21] Tapia A, Carrasco C, Ricart J. E, Piedra J, Rodríguez M, Franca P. *Smart City Market Introduction*. 2020.
- [22] GrowSmarter Project [Internet]. European Commission; 2017 [cited 2021 Sep. 17]. Available from: <https://cordis.europa.eu/project/id/646456>
- [23] IoT Analytics - ThingSpeak Internet of Things [Internet]. 2021 [cited 2021 Sep. 17]. Available from: <https://thingspeak.com/>
- [24] ATmega328P Datasheet [Internet]. 2021 [cited 2021 Sep. 17]. Available from: http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf
- [25] LoRa Alliance [Internet]. 2021 [cited 2021 Sep. 17]. Available from: <https://lora-alliance.org/>
- [26] Ragnoli M, Barile G, Leoni A, Ferri G, Stornelli V. An autonomous low-power lora-based flood-monitoring system. *Journal of Low Power Electronics and Applications*. 2020; 10(2): p. 15.
- [27] ESP8266-07 [Internet]. 2021 [cited 2021 Sep. 17]. Available from: <https://ozdisan.com/kablosuz-ve-iot-cozumleri/rf-moduller/wifi-modulleri/ESP8266-07>
- [28] Mosfet Nedir? Çeşitleri, Özellikleri [Internet]. 2021 [cited 2021 Sep. 17]. Available from: http://www.robotiksystem.com/mosfet_nedir_mosfet_cestileri.html
- [29] Narayana S, Prasad R. V, Rao V. S, Prabhakar T. V, Kowshik S. S, Iyer M. S. PIR sensors: Characterization and novel localization technique. 14th international conference on information processing in sensor networks. 2015. p. 142–153.
- [30] ACS712 Datasheet [Internet]. 2021 [cited 2021 Sep. 17]. Available from: <https://www.alldatasheet.es/datasheet-pdf/pdf/168326/ALLEGRO/ACS712.html>
- [31] DS1302 Datasheet [Internet]. 2021 [cited 2021 Sep. 17]. Available from: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS1302.pdf>
- [32] KiCad EDA [Internet]. 2021 [cited 2021 Sep. 17]. Available from: <https://www.kicad.org>
- [33] Tang K, Wang Y, Liu H, Sheng Y, Wang X, Wei Z. Design and implementation of push notification system based on the MQTT protocol. *International Conference on Information Science and Computer Applications, ISCA 2013*. pp. 116–119.



Melatonin Enhances the Chemosensitivity of Pancreatic Carcinoma Cells (PANC-1) to Cisplatin and Cetuximab through Modulation of p21, p27, p53, p57, MDM2, and KRAS Genes

Cihan GÜR^{1*}, Seçkin ÖZKANLAR¹

¹ Atatürk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Biyokimya Anabilim Dalı, Erzurum, Türkiye
 Cihan GÜR ORCID No: 0000-0001-6775-7858
 Seçkin ÖZKANLAR ORCID No: 0000-0001-7717-797X

*Corresponding author: cihan.gur@atauni.edu.tr

(Alınış: 20.09.2021, Kabul: 09.11.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Keywords
 Cetuximab,
 Cisplatin,
 Melatonin,
 Oncogenes,
 Pancreatic
 Cancer,
 Tumor
 Suppressor
 Genes

Abstract: In the present study, the effects on cell viability and some oncogenes and tumor suppressor genes were investigated after melatonin, cetuximab, and cisplatin were administered alone or in combination to the pancreatic ductal adenocarcinoma cell line (PANC-1). The cells were left for 48 h incubation after applying drugs on the PANC-1 cells. The metabolic effects of the substances on cell viability at the end of incubation were measured by MTT analysis. The gene expressions of p21, p27, p53, p57, MDM2, and KRAS were determined by RT-PCR. The use of melatonin combined with cisplatin or cetuximab increased p21 and p57 genes and decreased the KRAS gene. Furthermore, melatonin combined with cetuximab increased p27 gene expression and decreased cell viability compared to cetuximab alone. The cell viability was the lowest in cisplatin and cisplatin plus melatonin and/or cetuximab groups. The p53 were highest in the cisplatin groups while cisplatin plus melatonin decreased the p53 gene and its autoregulator MDM2 gene compared to cisplatin alone. In conclusion, melatonin in combination with cisplatin and cetuximab enhances the tumor suppressor genes p21, p27, and p57 along with a modulation of the oncogenic gene KRAS suggesting the potential of melatonin as a therapeutic approach in combination therapy of pancreatic ductal adenocarcinoma.

275

Melatonin, p21, p27, p53, p57, MDM2 ve KRAS Genlerinin Modülasyonu Yoluyla Pankreas Karsinomu Hücrelerinin (PANC-1) Cisplatin ve Cetuximab'a Kemosensitivitesini Artırır

**Anahtar
 Kelimeler**
 Setuksimab,
 Sisplatin,
 Melatonin,
 Onkogenler,
 Pankreas
 Kanseri,
 Tümör
 Baskılayıcı
 Genler

Öz: Bu çalışmada pankreatik duktal adenokarsinoma hücre hattına (PANC-1) melatonin, setuksimab ve sisplatin tek başına ya da kombine olarak uygulandıktan sonra hücre canlılığı ile birlikte bazı onkogenler ve tümör süpresör genler üzerine etkileri araştırıldı. PANC-1 hücrelerine ilaçlar uygulandıktan sonra hücreler 48 saat inkübasyona bırakıldı. İnkübasyon sonunda maddelerin hücre canlılığı üzerindeki metabolik etkileri MTT analizi ile ölçüldü. p21, p27, p53, p57, MDM2 ve KRAS'ın gen ifadeleri RT-PCR ile belirlendi. Sisplatin veya setuksimab ile kombine melatonin kullanımı, p21 ve p57 genlerini arttırdı ve KRAS genini azalttı. Ayrıca, setuksimab ile kombine edilen melatonin, tek başına setuksimab ile karşılaştırıldığında p27 gen ekspresyonunu arttırdı ve hücre canlılığını azalttı. Hücre canlılığı, sisplatin ve sisplatin artı melatonin ve/veya setuksimab gruplarında en düşüktü. p53, sisplatin gruplarında en yüksek iken, sisplatin artı melatonin, tek başına sisplatinine kıyasla p53 genini ve onun otoregülatör MDM2 genini azalttı. Sonuç olarak, sisplatin ve setuksimab ile kombinasyon halinde melatonin, tümör baskılayıcı genler p21, p27 ve p57 ile birlikte onkogenik gen KRAS'ın bir modülasyonunu artırır, bu da melatoninin pankreas duktal adenokarsinomunun kombinasyon tedavisinde terapötik bir yaklaşım olarak potansiyelini ortaya koyar.

1. INTRODUCTION

The incidence, prevalence, and mortality of pancreatic cancer increased during the last 25 years accounting for

1.8% of all cancer types causing 4.6% of all cancer deaths with different demographic characteristics around the world [1]. Pancreatic ductal adenocarcinoma (PDAC) is the most aggressive and widely encountered type of all pancreatic tumors with an extremely poor

prognosis and very low five-year survival rate [2]. The treatment is limited to chemotherapy for the majority of patients while the rich desmoplastic stroma of PDAC constitutes a physical barrier for anticancer therapy [3]. New information on genes and cellular progressions in pancreatic cancer provides the possibility for investigators to develop targeted/stromal therapies, immunotherapies, and combination chemotherapy [4] along with a better understanding of transcription dependence and DNA repair [5]. For example, a modified combination chemotherapy was found to be effective in the case of PDAC patients undergoing hemodialysis [6]. In a recent clinical trial, combination therapy over single-agent chemotherapy prolonged the overall survival in 239 elderly patients with metastatic PDAC [7]. Therefore, combination chemotherapy is one of the promising therapies to improve the volume and prognosis of this fatal malignancy.

Cisplatin, a potent inducer of cell death in cancer cells, is among the most effective and widely used chemotherapeutic [8]. Cisplatin is known to inhibit DNA repair by forming cross-links in DNA and moving cells in the apoptotic pathway [9]. Although cisplatin has significant cytotoxic effects against pancreatic cancer cells, the underlying mechanisms are still not fully understood. However, it has been reported that the anti-cancer effect of cisplatin may be related to p53 activation [10]. The cisplatin and gemcitabine combination therapy significantly prolonged survival over monotherapy in metastatic pancreatic cancer [11]. Cetuximab is an immunoglobulin G1 chimeric mouse-human monoclonal antibody and has a high affinity for the epidermal growth factor receptor (EGFR) [12]. Many proapoptotic pathways are activated in the cell when it binds to EGFR [13].

Melatonin hormone synthesized from tryptophan and secreted from the pineal gland is a powerful free radical scavenger with antioxidant and anti-tumor properties in pancreatic cancer [14]. The anti-cancer mechanism of melatonin occurs through anti-oxidant activation against stress, inhibition of proliferation, and induction of apoptosis [15]. The use of melatonin caused apoptosis in the hepatocarcinoma HepG2 cell line without showing any significant side effects [16]. Melatonin enhanced the chemosensitivity of gemcitabine through the modulation of the apoptotic pathway in PANC-1 cells [17]. However, the effects of the combined use of melatonin have partly been studied through tumor suppressor or oncogenic genes in pancreatic cancer cells. In this study, it was therefore aimed to investigate the effects of cisplatin, cetuximab, and melatonin alone or in combination on tumor suppressor genes of p21, p27, p53, and p57, and oncogenic genes of MDM2 and KRAS expressions in PANC-1 cell line.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Chemicals

Cisplatin was obtained from Koçak Farma (50 mg/100 ml, Turkey) and cetuximab from Merck (2 mg/ml,

Germany). Melatonin, ethanol, fetal bovine serum (FBS), dimethylsulfoxide (DMSO), L-glutamine, phosphate buffer saline (PBS) 3-[4,5-dimethylthiazol-2-yl]-2,5-diphenyltetrazolium bromide (MTT) analysis kits were purchased from Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA). The mRNA isolation kit, cDNA synthesis kit, ACTB, p21, p27, p53, p57, MDM2 and KRAS primers were purchased from Qiagen (USA). Dulbecco's Modified Eagle Medium (DMEM) was obtained from Bio-AMF-1 (Israel) and Penicillin + Streptomycin from Gibco (USA).

2.2. Cells

The PANC-1 cell line was obtained from Atatürk University Faculty of Medicine, Department of Pharmacology and Toxicology in passage 6. Atatürk University Faculty of Medicine, Department of Pharmacology and Toxicology had obtained these cells from the American Type Culture Collection (ATCC® CRL-1469™). Cells were stored at -196 °C in liquid nitrogen. The properties of the cells are presented in Table 1.

Table 1. Cell Properties

Category	Properties
Organism	Human
Gender	Male
Age	56
Tissue	Pancreas duct
Surface adhesion	Adhesive cells
Product Format	Frozen

2.3. Cell Culture

Cells were reproduced in Dulbecco's Modified Eagle Medium (DMEM, Life Technologies, USA) containing 10% FBS, 100 U/ml penicillin and 100 µg/ml streptomycin in an incubator set at 37 °C with 5% carbon dioxide (CO₂) and 95% humidity within 25 cm² flasks under sterile conditions.

2.4. Cell Viability Assay

The MTT (3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide) assay was used for the estimation of the metabolic activity of living cells to determine cytotoxicity. 5000 cells in 100 µl culture medium were inoculated into each well of the 96-well plate one day before the analysis. Then the plates were left to incubate for 24 h in an incubator with 5% CO₂ and 37 °C. At the end of the 24 h incubation of the cells, cisplatin, cetuximab and melatonin prepared in certain concentrations were applied into the medium in the wells by sterile automatic pipettes. One of the groups was separated as a cell control group. The groups were divided into Melatonin (MEL), Cisplatin (CIS), Cetuximab (CET), MEL-CIS, MEL-CET, CIS-CET and MEL-CIS-CET. After the application of the substances, the cells were left to incubate for 48 h in the incubator with 5% CO₂ and 37 °C. The MTT analysis was started at the end of the incubation periods. The medium was incubated for 4 h after adding thiazolyl tetrazolium bromide solution to the cell content. DMSO was added

onto the medium-cell-thiazolyl tetrazolium bromide solution mixture and left to incubate again for 20 minutes. After the incubation, the plates were read at 570 nm in an ELISA device.

In order to calculate the cell viability percentage, the absorbance values obtained from the MTT analysis in which melatonin, cisplatin, cetuximab and their combinations were divided by the absorbance value of the control group and multiplied by 100 as shown below.

$$\% \text{ Cell Viability} = (\text{Drug Administration Absorbance Value}) / (\text{Control Group Absorbance Value}) \times 100$$

The effective doses were calculated as 10 nM for melatonin [Figure 1A], 100 nM for cetuximab (Figure 1B) and 50 μ M for cisplatin (Figure 1C).

2.5. Total RNA Isolation and cDNA Synthesis

Total RNA isolation from cells obtained from flasks with different combinations of drug applications was performed using the methods specified by the manufacturer of a commercial kit (RNeasy Mini Kit, Qiagen). For cDNA synthesis from the obtained total RNA, it was performed with the QuantiTect Reverse Transcription Kit according to the manufacturer's instructions. Primers readily available from Qiagen were used in the Real-Time PCR analysis. RefSeq and catalogue numbers of primers are given in Table 2. Relative folds of expressions were assessed with the $2^{-\Delta\Delta CT}$ method.

Table 2. RefSeq and catalogue numbers of primers

Gene	RefSeq Numbers	Catalogue Numbers
p53	NM_000546	QT00060235
MDM2	NM_002392	QT00056378
p21	NM_000389	QT00062090
p27	NM_004064	QT00998445
p57	NM_000076	QT00018018
KRAS	NM_004985	QT00083622
ACTB	NM_001101	QT00095431

2.6. Statistical Analyses

Statistical analysis was performed between the groups by One-Way ANOVA with Duncan's post hoc test after determining a homogeneous distribution. A value of $p < 0.05$ was considered statistically significant.

3. RESULTS

3.1. Cell Viability

The cell viability rates were the lowest in CIS, MEL-CIS, MEL-CET, CIS-CET, and MEL-CIS-CET groups as compared to the Control group which was accepted as 100% alive ($P < 0.05$) after 48 h of incubation. The decrease in cell viabilities in these groups was in a similar manner without having any difference among each other. A statistical decrease was also observed in cell viability of the MEL group compared to the Control group while the rate was higher than the other groups

($P < 0.05$). The CET group was lower than MEL and Control group and higher than the CIS and combination groups ($P < 0.05$). Additionally, the cell viability of MEL-CET groups was statistically lower than the CET group ($P < 0.05$). The percentage viability rates of the MTT analyses are presented in Figure 1D.

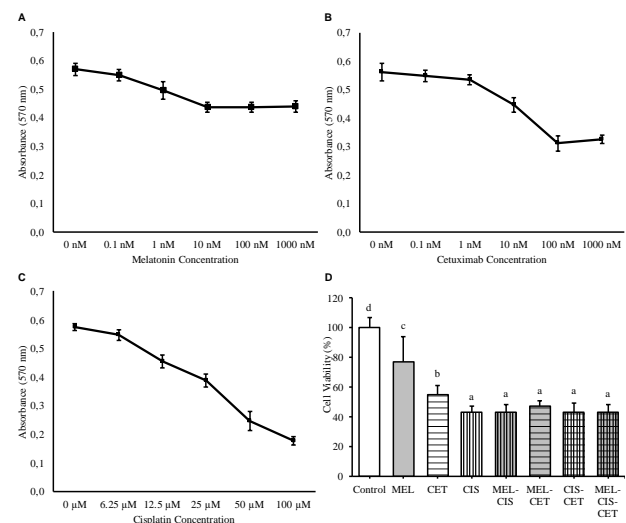


Figure 1. The absorbances of melatonin (A), cetuximab (B) and cisplatin (C) in MTT analysis (3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide). The plates were read at 570 nm in an ELISA device. Cell viability percentages of PANC-1 cells in groups after 48 h incubation (D). Different letters represent statistical difference at the significance of $p < 0.05$ at least; same letters do not represent a statistical difference ($p > 0.05$) among groups. The bars represent mean \pm SD.

3.2. p53, MDM2, p21, p27, p57 and KRAS Gene Expression Levels

The group with the highest p53 mRNA transcript level was the CIS group ($P < 0.05$). The highest expression levels after the CIS group were in MEL-CIS-CET, CIS-CET, and MEL-CIS groups ($P < 0.05$), respectively, and there was no difference between the p53 expressions of CIS-CET and MEL-CIS groups. The p53 gene expression levels decreased in MEL-CIS and MEL-CET compared to CIS and CET groups, respectively ($P < 0.05$). There were increases in MEL and CET groups, but these increases were found to be less than the other groups. The lowest p53 gene expression levels were found in the MEL-CET group. The p53 gene expression levels in the groups are presented in Figure 2A.

The MDM2 expression levels in all groups were higher than in the Control group ($P < 0.05$). The highest increase in MDM2 level was found in the CIS group compared to the Control and the other groups ($P < 0.05$). It was determined that the highest increase after the CIS group was in the MEL-CIS, CIS-CET, and MEL-CIS-CET groups, respectively. The increases in MEL, CET, and MEL-CET groups were lower than the remaining groups while the levels were still higher than the Control group. The MDM2 gene expression levels in the groups are presented in Figure 2B.

The highest expression levels according to the p21 gene expression levels were in the MEL-CIS, CIS, CIS-CET, and MEL-CIS-CET groups ($P < 0.05$). There was no

difference between CIS and MEL-CIS-CET groups and between CIS-CET and MEL-CIS-CET groups. The increases in MEL, CET and MEL-CET groups were lower than the remaining groups while the levels were still higher than the Control group. The p21 gene expression levels in the groups are presented in Figure 2C.

There were decreases in the p27 gene expression level in all groups compared to the control group ($P < 0.05$) except for the MEL-CET group. There was also a significant increase in p27 gene expression in the MEL-CET group compared to the CET group ($P < 0.05$). The greatest decrease among the groups occurred in the MEL-CIS-CET group. The p27 gene expression levels in the groups are presented in Figure 2D.

The increases in p57 gene expressions were significantly higher in combination groups of MEL-CIS, CIS-CET,

MEL-CIS-CET and MEL-CET than single drug groups of MEL, CET, and CIS ($P < 0.05$). The levels in CET and CIS groups were also higher than the Control group ($P < 0.05$) while the level in the MEL group was not different from the Control group. The p57 gene expression levels in the groups are presented in Figure 2E.

Significant increases in the KRAS gene expression were observed in CIS, MEL-CIS, and MEL-CIS-CET groups compared to the Control group ($P < 0.05$). However, the KRAS gene expression decreased in MEL and MEL-CET groups in the same manner as compared to the Control group ($P < 0.05$). There was no difference between the CIS-CET group and the Control group. The KRAS gene expression levels in the groups are presented in Figure 2F.

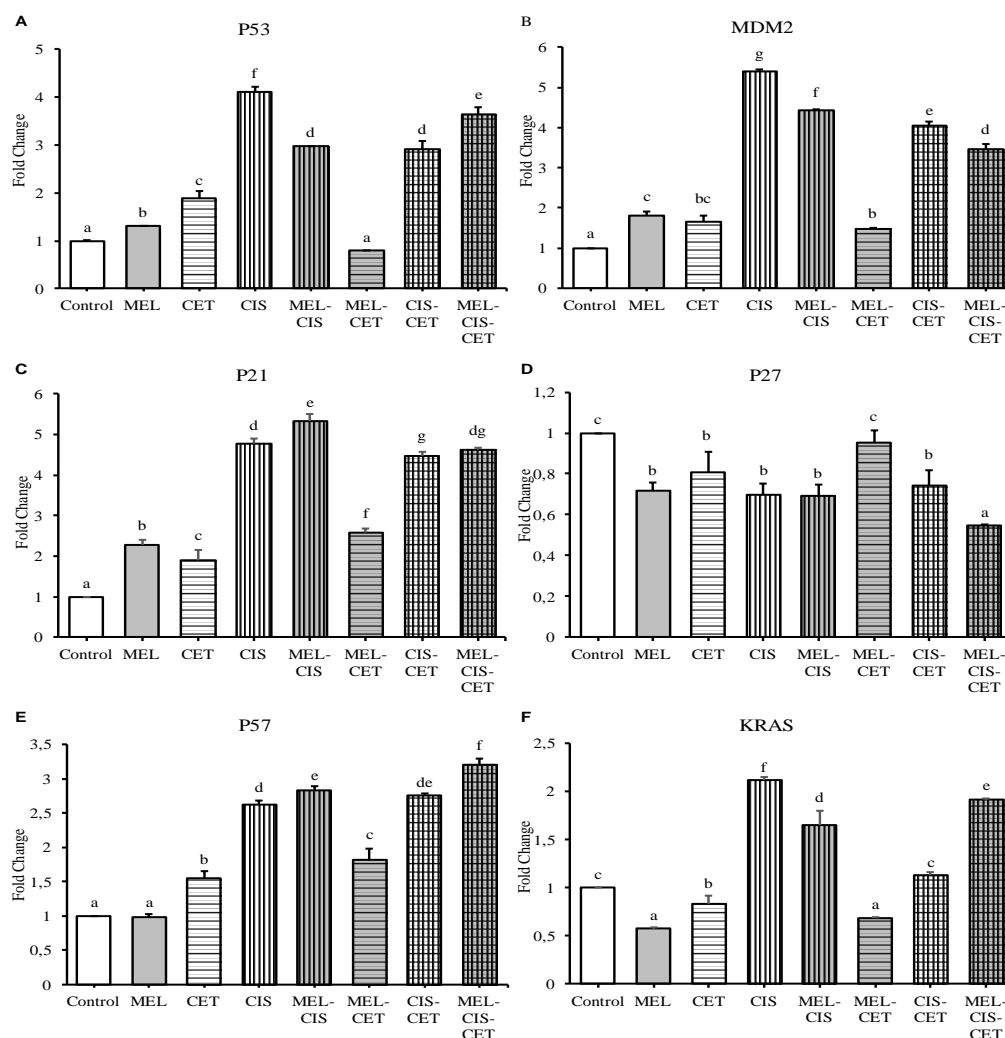


Figure 2. Gene expression levels of p53 (A), MDM2 (B), p21 (C), p27 (D), p57 (E) and KRAS (F) of PANC-1 cell lines in all groups at the end of 48 h of incubation. Different letters represent statistical difference at the significance of $p < 0.05$ at least; same letters do not represent a statistical difference ($p > 0.05$) among groups. The bars represent mean \pm SD

4. DISCUSSION

In this study, we showed the synergistic effects of melatonin combined with cisplatin and cetuximab treatments on tumor suppressor genes and oncogenes in

the PANC-1 cell lines of PDAC carcinogenesis. Pancreatic cancer has a poor prognosis and is still among the most fatal malignancies despite all efforts to develop effective therapy [18]. The main challenge in the treatment of pancreatic cancer is the recurrence

within 1-2 years and/or the development of hepatic metastases. Surgical procedures do not substantially improve the survival rate alone in pancreatic cancer treatment [19]. The majority of patients are dying from drug-resistant or metastatic disease accounting for less than 10% five-year survival rate. Current preclinical and clinical efforts are focused on the development of effective combination therapy for pancreatic cancer [5].

Drug resistance including cisplatin is a challenge in pancreatic cancer treatment [11, 20]. The synergistic and antagonistic interactions of drugs in combination should enhance the extent of apoptosis and reduce toxicity. We found that melatonin decreased PANC-1 cell viability and melatonin combinations with cisplatin and cetuximab were more prominent in the cell viabilities. Cetuximab treatment reduced the cell viability in HepG2 cells by up to 50% in hepatocellular carcinoma cell lines treated with cetuximab alone or in combination with NSC 74859 [21]. Co-administration of melatonin in combination with chemotherapeutic drugs including cisplatin is a powerful synergistic agent through the intracellular reactive oxygen species in AR42J tumor cells derived from a rat exocrine pancreas [22]. Furthermore, melatonin improves the anticancer activity of sorafenib through the melatonin receptor and PDGFR- β /STAT3 signaling pathway in PDAC [23] and enhances the chemosensitivity to gemcitabine through the modulation of the apoptotic pathway in PANC-1 cells [17]. Our findings suggest that cisplatin in combination with melatonin and/or cetuximab is as effective to reduce the cell viability as cisplatin alone. Surprisingly, the cetuximab in combination with melatonin decreased the cell viability more than cetuximab alone. Cetuximab inhibits epidermal growth factor receptors, and cisplatin causes severe damage to DNA leading to apoptosis of cells and reducing cell viability while melatonin may have protective effects against drug-induced cytotoxicity.

The main role of the tumor suppressor gene p53 in cancer is to keep the cell cycle in the G1/S phase [24]. However, inactivation of the p53 gene is common in pancreatic carcinoma and is found in approximately 50-70% of pancreatic cancer cases [25]. In the present study, melatonin treatment alone activated p53 expression compared to the control group and p53 activity was highest in the cisplatin treatment groups. T4 suppressed mRNA expressions of pro-apoptotic genes p53 and RRM2B might be significantly increased with the combination of Nano-Diamino-Tetrac and cetuximab [26]. The administration of melatonin to human gastric cancer cells reduces MDM2, phospho-MDM2, AKT, and phospho-AKT proteins and consequently increases p53 expression indicating the oncogenic effects of melatonin [27]. When melatonin was applied to MDA-MB-231, the line of breast cancer cells, an increase was observed in p53 protein expression [28]. We determined that the p53 expression was the highest in PANC-1 cells indicating the effectiveness of cisplatin. However, when melatonin was administered together with cisplatin, it was observed that p53 expression decreased. Due to the

antioxidant properties of melatonin, it is thought that the DNA damage caused by cisplatin is reduced and accordingly it causes a decrease in p53 expression.

Approximately 50% of the mutation in the p53 gene has been reported in the various genetic changes in pancreatic cancer. In the remaining 50%, MDM2 inhibits the function by causing the ubiquitination and proteasomal-dependent degradation of p53 although the p53 gene continues to function normally [29]. Treatments based on regulating the function of p53 by blocking MDM2 using small molecule inhibitors have been found to be effective in inducing apoptosis and stopping growth by activating the wild-type p53 pathway [30]. We found that the highest MDM2 expression was in the group treated with cisplatin alone at the end of 48 h of incubation. Although there was an increase in the group treated with melatonin alone compared to the control group, this was less than the cisplatin group. Additionally, the administration of melatonin to MCF-7 cells was reported to suppress MDM2 expression [31]. The p53/MDM2 ratio increases significantly when applied vitamin D3 with melatonin to MCF-7 cells [32]. It was determined that the expressions of MDM2 and p53 gene levels increased in correlation with each other in the groups suggesting that MDM2 gene is expressed to autoregulate the p53 gene in PANC-1 cells.

The p21 gene is a cell-cycle inhibitor controlled by the p53 gene and independent pathways of the p53 gene [33]. We showed that the p21 expression is higher in combination with melatonin than cisplatin or cetuximab alone. The combinations of docetaxel and cisplatin-loaded liquid crystalline nanoparticles with folic acid enhanced the apoptotic markers of Bax, p21, and c-caspase 3 resulted in anti-cancer effects to metastatic breast cancer [34]. Furthermore, the combination of hydroxytyrosol and cetuximab significantly increases the p21 gene expression in colon cancer cells [35]. Administration of melatonin alone to breast cancer cells MCF-7 decreased p21 and p53 levels compared to the control group while the combination of melatonin with arsenic trioxide increased p21 and p53 levels compared to arsenic trioxide alone [36]. Consistent with previous reports, our findings show that cisplatin administration with melatonin combination increases p21 expression level and causes PANC-1 cells to be involved in the G1/S phase, thereby causing a decrease in cell viability. The decrease in p27 expression has been correlated with high tumor grade and advanced stage in pancreatic cancer [37]. The p53 gene targets its downstream gene, p21, to block the cell cycle. When the p53/p21 signaling pathway is activated, the cell cycle is arrested in G0/G1 phase [38]. We found that P27 expression levels decreased in all groups except for cetuximab combined with melatonin, whereas there was no difference compared to the control group. In a previous study, the use of cisplatin and bithionol alone increased both p27 and p21 expressions while cisplatin combined with bithionol decreased these levels in the cisplatin-sensitive cell lines [A2780 and IGROV-1] and increased in the cisplatin-resistant cell lines [A2780-CDDP and

IGROV1-CDDP] [39]. We determined that cisplatin, cetuximab, and melatonin increased the p21 expression levels and decreased the p27 expression levels in the PANC-1 cell lines.

The p57 gene is suggested to be a tumor suppressor gene that acts as downregulation of cell proliferation. The P57-mediated autophagy promotes the efficacy of EGFR [epidermal growth factor receptor] inhibitors. Upregulation of p57 decreases the level of autophagy and enhances the decrease in cell viability in hepatocellular carcinoma [40]. In addition, p57 expression makes cancer cells more sensitive to cisplatin. Silencing of the p57 gene has been reported to suppress cisplatin-induced apoptosis in several cell lines [41]. We found significant increases in the p57 expression levels in melatonin combined with cisplatin and cetuximab compared to single drug groups. The increase in p57 expression makes PANC-1 cells more susceptible to both cetuximab and cisplatin, causing autophagy and apoptosis and leading to a decrease in cell viability by inhibiting the cell cycle in the G1/S phase.

Activating mutations of the KRAS gene are found in most of the PDAC cases and occur during the early stages of malignant transformation to promote tumorigenesis [42]. Activation of KRAS signaling causes cell growth and differentiation. Potent regulators of KRAS oncogene have been targeted to provide a therapeutic strategy for the treatment of pancreatic cancer. The KRAS signaling pathway is pivotal for PDAC development. The mutations cause persistent KRAS activation, loss of differentiation, accelerated proliferation, and prolonged survival. In a recent study, downregulation of KRAS pathway expression has been used for a putative biomarker for prediction of drug activity and for stimulation of anticancer effects in various PDAC models [43]. Furthermore, we found that melatonin combined with cisplatin and cetuximab decreased KRAS gene expression compared to the single-use of cisplatin or cetuximab in the PANC-1 cells. These data suggest that Melatonin may prevent differentiation and/or accelerated proliferation by reducing KRAS expression and by inhibiting the cell cycle of cancer cells through suppressing cyclin D. The KRAS expression, as a putative biomarker, is correlated with p57 and p21 gene expressions.

5. CONCLUSION

In conclusion, the alive cell densities in cell viability percentage were the lowest in cisplatin and cisplatin plus melatonin and/or cetuximab groups. The tumor suppressor gene p53 was highest in the cisplatin groups while cisplatin plus melatonin decreased the p53 gene and its autoregulator MDM2 gene compared to cisplatin alone. It was further determined that melatonin administration to PANC-1 cells did not cause negative effect on the efficacy of cisplatin; besides, the combination of melatonin with cisplatin and cetuximab increased the expression of tumor suppressor genes p21, p27, and p57. Surprisingly, melatonin in combination

decreased the oncogenic gene KRAS suggesting the potential of melatonin as a therapeutic approach in combination therapy of pancreatic ductal cell carcinoma. Further in vivo and in vitro molecular studies of the application of melatonin combined with chemotherapeutics including cisplatin and cetuximab are needed.

Acknowledgement

This study was supported by Ataturk University, Foundation of Scientific Researches Projects [Project number: PRJ2014/154].

REFERENCES

- [1] Lippi G, Mattiuzzi C. The global burden of pancreatic cancer. *Arch Med Sci.* 2020;16(4):820-4.
- [2] Kong F, Liu X, Zhou Y, Hou X, He J, Li Q, et al. Downregulation of METTL14 increases apoptosis and autophagy induced by cisplatin in pancreatic cancer cells. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology.* 2020;122:105731.
- [3] Han H, Hou Y, Chen X, Zhang P, Kang M, Jin Q, et al. Metformin-Induced Stromal Depletion to Enhance the Penetration of Gemcitabine-Loaded Magnetic Nanoparticles for Pancreatic Cancer Targeted Therapy. *Journal of the American Chemical Society.* 2020;142(10):4944-54.
- [4] Chandana S, Babiker HM, Mahadevan D. Therapeutic trends in pancreatic ductal adenocarcinoma (PDAC). *Expert Opin Investig Drugs.* 2019;28(2):161-77.
- [5] Miller AL, Garcia PL, Yoon KJ. Developing effective combination therapy for pancreatic cancer: An overview. *Pharmacol Res.* 2020;155:104740.
- [6] Kaneko T, Sugimori K, Tozuka Y, Fukushima T, Okada K, Oka H, et al. Combination chemotherapy with gemcitabine and nab-paclitaxel for a metastatic pancreatic ductal adenocarcinoma patient undergoing hemodialysis. *Clin J Gastroenterol.* 2019;12(5):484-9.
- [7] Xie H, Liu J, Ogden JR, Yin J, Jatoi A, Hubbard JM, et al. Survival Benefit of Combination Chemotherapy in Elderly Patients With Metastatic Pancreatic Ductal Adenocarcinoma. *Am J Clin Oncol.* 2020;43(8):586-90.
- [8] Chen B, Xu M, Zhang H, Wang J-x, Zheng P, Gong L, et al. Cisplatin-induced non-apoptotic death of pancreatic cancer cells requires mitochondrial cyclophilin-D-p53 signaling. *Biochemical and biophysical research communications.* 2013;437(4):526-31.
- [9] Ergun Y, Ozdemir NY, Guner EK, Esin E, Sendur MA, Koksoy EB, et al. Comparison of gemcitabine monotherapy with gemcitabine and cisplatin combination in metastatic pancreatic cancer: a retrospective analysis. *J BUON.* 2018;23:116-21.
- [10] Bragado P, Armesilla A, Silva A, Porras A. Apoptosis by cisplatin requires p53 mediated p38 α

- MAPK activation through ROS generation. *Apoptosis*. 2007;12(9):1733-42.
- [11] Yin F, Zhang Q, Dong Z, Hu J, Ma Z. LncRNA HOTTIP Participates in Cisplatin Resistance of Tumor Cells by Regulating miR-137 Expression in Pancreatic Cancer. *OncoTargets and therapy*. 2020;13:2689.
- [12] Jimeno A, Rubio-Viqueira B, Amador ML, Oppenheimer D, Bouraoud N, Kulesza P, et al. Epidermal growth factor receptor dynamics influences response to epidermal growth factor receptor targeted agents. *Cancer research*. 2005;65(8):3003-10.
- [13] Cheng Y-d, Yang H, Chen G-q, Zhang Z-c. Molecularly targeted drugs for metastatic colorectal cancer. *Drug design, development and therapy*. 2013;7:1315.
- [14] Ruiz-Rabelo J, Vázquez R, Arjona Á, Perea D, Montilla P, Túnez I, et al. Improvement of capecitabine antitumoral activity by melatonin in pancreatic cancer. *Pancreas*. 2011;40(3):410-4.
- [15] Li W, Wu J, Li Z, Zhou Z, Zheng C, Lin L, et al. Melatonin induces cell apoptosis in Mia PaCa-2 cells via the suppression of nuclear factor- κ B and activation of ERK and JNK: A novel therapeutic implication for pancreatic cancer. *Oncology reports*. 2016;36(5):2861-7.
- [16] Martín-Renedo J, Mauriz JL, Jorquera F, Ruiz-Andrés O, González P, González-Gallego J. Melatonin induces cell cycle arrest and apoptosis in hepatocarcinoma HepG2 cell line. *Journal of pineal research*. 2008;45(4):532-40.
- [17] Leja-Szpak A, Nawrot-Porabka K, Goralska M, Jastrzebska M, Link-Lenczowski P, Bonior J, et al. Melatonin and its metabolite N1-acetyl-N2-formyl-5-methoxykynuramine (afmk) enhance chemosensitivity to gemcitabine in pancreatic carcinoma cells (PANC-1). *Pharmacol Rep*. 2018;70(6):1079-88.
- [18] Kamisawa T, Wood LD, Itoi T, Takaori K. Pancreatic cancer. *The Lancet*. 2016;388(10039):73-85.
- [19] Neoptolemos J, Dunn J, Stocken D, Almond J, Link K, Beger H, et al. Adjuvant chemoradiotherapy and chemotherapy in resectable pancreatic cancer: a randomised controlled trial. *The Lancet*. 2001;358(9293):1576-85.
- [20] Mezencev R, Matyunina LV, Wagner GT, McDonald JF. Acquired resistance of pancreatic cancer cells to cisplatin is multifactorial with cell context-dependent involvement of resistance genes. *Cancer Gene Ther*. 2016;23(12):446-53.
- [21] Chen W, Shen X, Xia X, Xu G, Ma T, Bai X, et al. NSC 74859-mediated inhibition of STAT 3 enhances the anti-proliferative activity of cetuximab in hepatocellular carcinoma. *Liver International*. 2012;32(1):70-7.
- [22] Uguz AC, Cig B, Espino J, Bejarano I, Naziroglu M, Rodríguez AB, et al. Melatonin potentiates chemotherapy-induced cytotoxicity and apoptosis in rat pancreatic tumor cells. *Journal of pineal research*. 2012;53(1):91-8.
- [23] Fang Z, Jung KH, Yan HH, Kim SJ, Rumman M, Park JH, et al. Melatonin Synergizes with Sorafenib to Suppress Pancreatic Cancer via Melatonin Receptor and PDGFR-beta/STAT3 Pathway. *Cell Physiol Biochem*. 2018;47(5):1751-68.
- [24] Geske F, Nelson AC, Lieberman R, Strange R, Sun T, Gerschenson L. DNA repair is activated in early stages of p53-induced apoptosis. *Cell Death & Differentiation*. 2000;7(4):393-401.
- [25] Slebos RJ, Hoppin JA, Tolbert PE, Holly EA, Brock JW, Zhang RH, et al. K-ras and p53 in pancreatic cancer: association with medical history, histopathology, and environmental exposures in a population-based study. *Cancer Epidemiology and Prevention Biomarkers*. 2000;9(11):1223-32.
- [26] Lee Y-S, Chin Y-T, Yang Y-CS, Wei P-L, Wu H-C, Shih A, et al. The combination of tetraiodothyroacetic acid and cetuximab inhibits cell proliferation in colorectal cancers with different K-ras status. *Steroids*. 2016;111:63-70.
- [27] Song J, Ma S-J, Luo J-H, Zhang H, Wang R-X, Liu H, et al. Melatonin induces the apoptosis and inhibits the proliferation of human gastric cancer cells via blockade of the AKT/MDM2 pathway. *Oncology reports*. 2018;39(4):1975-83.
- [28] Gelaleti GB, Borin TF, Maschio-Signorini LB, Moschetta MG, Jardim-Perassi BV, Calvino GB, et al. Efficacy of melatonin, IL-25 and siIL-17B in tumorigenesis-associated properties of breast cancer cell lines. *Life sciences*. 2017;183:98-109.
- [29] Chi S-W, Lee S-H, Kim D-H, Ahn M-J, Kim J-S, Woo J-Y, et al. Structural details on mdm2-p53 interaction. *Journal of Biological Chemistry*. 2005;280(46):38795-802.
- [30] Azmi AS, Aboukameel A, Banerjee S, Wang Z, Mohammad M, Wu J, et al. MDM2 inhibitor MI-319 in combination with cisplatin is an effective treatment for pancreatic cancer independent of p53 function. *European Journal of Cancer*. 2010;46(6):1122-31.
- [31] Proietti S, Cucina A, Dobrowolny G, D'Anselmi F, Dinicola S, Masiello MG, et al. Melatonin down-regulates MDM 2 gene expression and enhances p53 acetylation in MCF-7 cells. *Journal of pineal research*. 2014;57(1):120-9.
- [32] Proietti S, Cucina A, D'Anselmi F, Dinicola S, Pasqualato A, Lisi E, et al. Melatonin and vitamin D3 synergistically down-regulate Akt and MDM2 leading to TGF β -1-dependent growth inhibition of breast cancer cells. *Journal of pineal research*. 2011;50(2):150-8.
- [33] El-Deiry WS. p21 [WAF1] mediates cell-cycle inhibition, relevant to cancer suppression and therapy. *Cancer research*. 2016;76(18):5189-91.
- [34] Thapa RK, Choi JY, Gupta B, Ramasamy T, Poudel BK, Ku SK, et al. Liquid crystalline nanoparticles encapsulating cisplatin and docetaxel combination for targeted therapy of breast cancer. *Biomaterials science*. 2016;4(9):1340-50.
- [35] Terzuoli E, Nannelli G, Frosini M, Giachetti A, Ziche M, Donnini S. Inhibition of cell cycle

- progression by the hydroxytyrosol–cetuximab combination yields enhanced chemotherapeutic efficacy in colon cancer cells. *Oncotarget*. 2017;8(47):83207.
- [36] Nooshinfar E, Bashash D, Safaroghli-Azar A, Bayati S, Rezaei-Tavirani M, Ghaffari SH, et al. Melatonin promotes ATO-induced apoptosis in MCF-7 cells: Proposing novel therapeutic potential for breast cancer. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2016;83:456-65.
- [37] Juuti A, Nordling S, Louhimo J, Lundin J, Von Boguslawski K, Haglund C. Loss of p27 expression is associated with poor prognosis in stage I–II pancreatic cancer. *Oncology*. 2003;65(4):371-7.
- [38] Zhu F, Dai SN, Xu DL, Hou CQ, Liu TT, Chen QY, et al. EFNB2 facilitates cell proliferation, migration, and invasion in pancreatic ductal adenocarcinoma via the p53/p21 pathway and EMT. *Biomed Pharmacother*. 2020;125:109972.
- [39] Ayyagari VN, Hsieh T-hJ, Diaz-Sylvester PL, Brard L. Evaluation of the cytotoxicity of the Bithionol-cisplatin combination in a panel of human ovarian cancer cell lines. *BMC cancer*. 2017;17(1):49.
- [40] Li WY, Li Q, Jing L, Wu T, Han LL, Wang Y, et al. P57-mediated autophagy promotes the efficacy of EGFR inhibitors in hepatocellular carcinoma. *Liver International*. 2019;39(1):147-57.
- [41] Guo H, Tian T, Nan K, Wang W. p57: A multifunctional protein in cancer. *International journal of oncology*. 2010;36(6):1321-9.
- [42] Lanfredini S, Thapa A, O'Neill E. RAS in pancreatic cancer. *Biochem Soc Trans*. 2019;47(4):961-72.
- [43] Oliverius M, Flasarova D, Mohelnikova-Duchonova B, Ehrlichova M, Hlavac V, Kocik M, et al. KRAS pathway expression changes in pancreatic cancer models by conventional and experimental taxanes. *Mutagenesis*. 2019;34(5-6):403-11.



The Cost of Diaphragm Wall Construction by the Well Method on Cohesive and Non-Cohesive Soils

Gamze BİLGEN^{1*}, Eray AFŞAR²

¹ Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Alaplı MYO, İnşaat Bölümü, Zonguldak, Türkiye

² Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Zonguldak, Türkiye

Gamze BİLGEN ORCID No: 0000-0002-2840-7369

Eray AFŞAR ORCID No: 0000-0002-7874-6326

*Corresponding author: gamzebilgen@beun.edu.tr

(Alınış: 27.10.2021, Kabul: 16.11.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Keywords

Diaphragm wall,
Well method,
Earthquake risk

Abstract: In this study, the effects of the cohesiveness of the soil in the area where the foundation will be built, and the earthquake risk of the region were examined on the construction costs of the diaphragm wall by the well method. Within the scope of the study, not only the soil in the region is cohesive or non-cohesive, but also the relative density of 0%, 50% or 100%, are discussed. In addition, different earthquake risk conditions such as low, medium or high risk of the region were taken into consideration. Thus, cost analyses were carried out in 27 regions with different conditions for the region where the diaphragm wall construction by the well method will be constructed. In the cost calculations, the Turkish Building Earthquake Code principles and the 2021-unit prices of the Ministry of Environment and Urbanization were used. For the diaphragm wall dimensions and quantity calculations, the IstCAD 2021 software program was used, and analyses were performed for each condition. It was aimed to determine under which conditions the well foundation construction would be more economical by comparing the obtained results with the studies in the literature. The study data advocates that earthquake risk makes significant changes in the costs.

Kohezyonlu ve Kohezyonsuz Zeminlerde Kuyu Yöntemi ile İnşa Edilen Diyafram Duvar Maliyeti

Anahtar Kelimeler

Diyafram duvar,
Kuyu yöntemi,
Deprem riski

Öz: Bu çalışmada kuyu yöntemi ile yapılan diyafram duvar maliyetlerinde, temelin inşa edileceği bölgede bulunan zeminin kohezyonlu olup olmamasının ve bölgenin deprem riskinin etkileri incelenmiştir. Çalışma kapsamında geoteknik açıdan, bölgedeki zeminin kohezyonlu veya kohezyonsuz olmasının yanı sıra rölatif sıklığın %0, %50 veya %100 olması gibi etmenler de ele alınmıştır. Ek olarak, bölgenin deprem riskinin düşük, orta veya yüksek olması şeklinde farklı risk koşulları göz önünde tutulmuştur. Böylece, farklı koşullara sahip 27 adet bölge için kuyu yöntemi ile diyafram duvar yapım maliyeti analizleri gerçekleştirilmiştir. Maliyet hesaplarının gerçekleştirilmesinde, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği esasları ve Çevre Şehircilik Bakanlığı 2021 birim fiyatları kullanılmıştır. Diyafram duvarın boyutları ve metraj hesaplamaları için IstCAD 2021 yazılım programı kullanılmış ve her bir koşul için analizler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, literatürde bulunan çalışmalar ile kıyaslanarak, diyafram duvar yapımının hangi koşullar için daha ekonomik olacağı belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma verileri, deprem riskinin maliyetlerde önemli değişiklikler yaptığını göstermektedir.

1. INTRODUCTION

Foundations are the structural elements responsible for transferring the structural loads to the ground, and there is an important relationship between foundation type, soil class and structure dimensions [1, 2, 3]. It has been

determined by numerical analysis in previous research that the type of foundation and the relative displacement rates which, especially in the upper floors of the building, occur differently in different soil classes [4]. On the other hand, it is stated that excessive costly choices are made in order to stay in the safe zone during the foundation design stages of the construction [5]. For

these reasons, the determination of the geotechnical properties of the soils in the region to be worked will be effective in the economic as well as the safety of the foundation design to be made.

The rapid population growth in the urban areas, the increase in the number of buildings and the rapid decrease of the empty parcels in city centres cause an increase in the cost of land, while limiting the building volumes in accordance with the building by laws [6, 7]. For these reasons, it is necessary to use smaller areas more efficiently in the design of buildings [8]. In other words, it is necessary to design higher structures in narrower spaces. However, this requirement causes a different problem, which is the depth of excavation. Deep excavations are required in order to bear the stresses of multi-storey structures built in narrow areas on the soil safely. The presence of other structures around narrow areas where deep excavations are required creates a very difficult process in terms of the engineering, the labour and the cost. In terms of the engineering, there is a risk of stability that may occur due to excavation, which may cause damage or even collapse of the surrounding buildings. Since the labour and equipment needs increase, the cost will increase, as well.

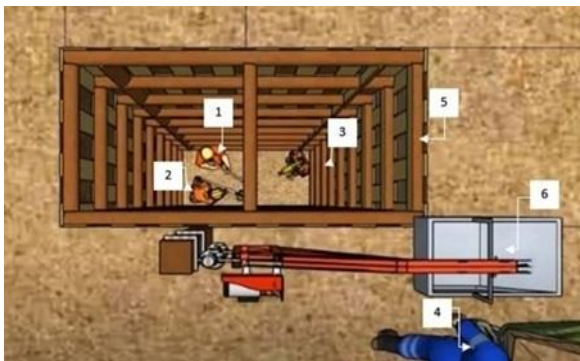


Figure 1. The well foundation excavation system [9]

Diaphragm wall by the well method could be considered as the most economical solution for these problems [10]. The diaphragm walls are mainly used for retaining walls. Standard methods of constructing retaining walls require temporary formwork and supports. Whereas, using diaphragm wall construction eliminates the need for formwork and temporary support and also allows above ground construction to proceed along with basement construction. Furthermore, in diaphragm wall designs by the well method, the geotechnical properties of the soil that will bear the structural load, the lateral pressures behind the wall and the earthquake risk of the area where the foundation is built are the most important factors that play a role in the dimensioning of the wall. Well foundations, which are a type of deep foundation, are built by trenching by manpower. For this reason, diaphragm wall by the well method offers a solution for narrow areas where excavation machines are not able to work [11].

Diaphragm walls constructed by the well method are generally prepared with average of 4 people in each well. Figure 1 shows a representative example of excavation

made by the well method. While 3 of workers marked as 1, 2 and 3 trench the well, the other marked as 4 removes the excavation by an elevator carrying device marked as 6. The excavation is carried out simultaneously with the support system (the reinforcement) made using wood or steel material. After the excavation is completed, reinforcement placement on diaphragm walls is carried out by manpower, as in excavation works. Thus, the first stage (panel) of the wall, which is being built by the well method marked as 5 in Figure 1 and marked as 8 in Figure 2 (a), is completed.

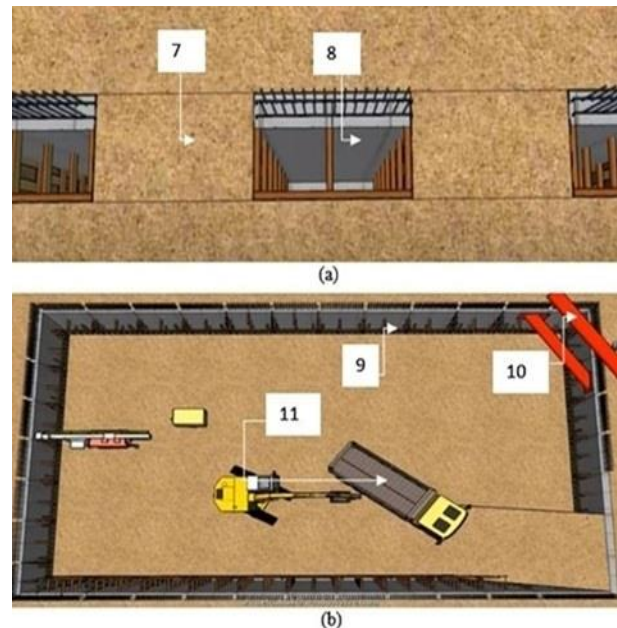


Figure 2. (a) Construction of diaphragm wall by the well method b) Completed version of the diaphragm wall [9]

The dimensions of each panel are 2 meters by 3 meters. The wells are trenched discontinuously as seen in Figure 2 (a). In other words, a diaphragm wall is a reinforced concrete structure constructed in-situ panel by panel. The in-between parts marked as 7 are then excavated and combined with the first wells marked as 8. The first wells trenched are called main wells. Reinforcement placement, mold making and cast concrete operations are carried out in the main wells. Then the same procedures are carried out in the adjacent wells. In this stage of application, the side reinforcement sprouts left in the main well are combined with the adjacent wells' reinforcement. Thus, horizontal continuity is ensured in the walls. It is shown the wall that was assembled into a whole after being prepared in panels and marked as 9 in Figure 2(b). Finally, diaphragm walls are obtained by the well method. The anchorage and steel systems which is marked 10 in Figure 2(b), could be set up to support the further excavation works. Hence, the foundation excavation of building could be started in the area between the walls by a truck which is marked as 11 in Figure 2 (b) [9]. The constructed walls can be used as the load-bearing walls of the building, as well as in the insulation of the building through detail corrections. For these reasons, diaphragm walls constructed by the well method can be considered as the most suitable method for deep foundation construction in narrow spaces [12, 13]. It can be considered as a suitable system for the

stability of the soil and the safety of the surrounding structures. This method helps to maintain the balance even when the groundwater level is close to the surface and makes it possible to go down to the desired excavation depth [14].

In this study, some analyses were made on the cost of the diaphragm wall construction by the well method in areas with different earthquake risk and on soils with different geotechnical properties. In the study, attention was paid to the selection of cohesive soils. The cost analyses in the literature and performed on non-cohesive soils [8] were taken as reference. Thus, the relationship between the earthquake risk and the cost of the well method in cohesive and non-cohesive soils has been tried to be revealed.

2. MATERIALS AND METHOD

In the study, 27 different conditions were studied in terms of the earthquake risks and the geotechnical properties. Details on the geotechnical properties of soils are presented in Table 1, Table 2 and Table 3. The selected soil samples were chosen to represent both cohesive soils and non-cohesive soils. Therefore, low-plasticity clay soil (CL) for representing cohesive soil and clayey sand (SC) for representing non-cohesive soil were selected according to the unified soil classification system (USCS). In the sampling, a well graded gravel (GW) soil, which data were obtained from the literature, also was used [8]. Thus, it was studied on a total of three different soil classes. 9 different situations of soils in these three different classes are considered. The relative density (Dr) was chosen such as 100% (high density), 50% (moderately density) and 0% (low density) for non-cohesive soils. Three different degrees of compaction were used for cohesive soils: non-compacted, moderately compacted and well-compacted.

Table 1. Geotechnical parameters used for the region with low earthquake risk (Karaman)

No	E.R.	Ss	USCS	*Dr /Density	c (tm ⁻²)	φ (°)	δ (°)	g _{sat} (tm ⁻³)	w (%)
1	Low	0.233	CL	0	0.68	0.00	0.00	1.43	1.0
2	Low	0.233	CL	50	0.72	0.00	0.00	1.73	1.0
3	Low	0.233	CL	100	3.34	0.00	0.00	1.99	1.0
4	Low	0.233	SC	0	0.68	11.18	7.45	1.43	1.0
5	Low	0.233	SC	50	0.72	26.61	17.74	1.73	1.0
6	Low	0.233	SC	100	3.34	27.56	18.37	1.99	1.0
7	Low	0.233	GW	0	0	28.00	18.67	1.85	1.0
8	Low	0.233	GW	50	0	36.50	24.33	2.18	1.0
9	Low	0.233	GW	100	0	45.00	30.00	2.34	1.0

*Dr for non-cohesive soils, Density for cohesive soils. E.R: Earthquake risk; Ss: Average values of the specified provinces; USCS: Unified soil classification system; Dr: Relative density, φ: Internal friction angle; δ: Wall-to-soil friction angle; γ_{sat}: Saturated density; w: Water content.

The earthquake risks of the areas where the foundation will be constructed are also considered in the analysis. In the 2018 earthquake regulations, the term "earthquake risk" is used instead of the term "earthquake zone". In addition, as per the regulation, earthquake risks are determined separately on a parcel basis, not on a regional or district basis. In this study, three different districts

were selected as representative in order to include areas with the high earthquake risk, medium earthquake risk and low earthquake risk in the calculations.

These districts are Duzce, Zonguldak and Karaman. Duzce district was used for representing the high earthquake risk, Zonguldak district was used for representing medium earthquake risk and Karaman district was used for representing low earthquake risk in the analysis. Thus, a total of 27 different conditions are determined by combining earthquake risks and geotechnical properties. The principles of the Turkish Building Earthquake Code (TBDY-2018) [15] were taken into account in the analysis. In line with these principles, the IstCAD-2021 software program was used, and analysis related to the diaphragm wall by the well method were carried out.

Table 2. Geotechnical parameters used for the region with medium earthquake risk (Zonguldak)

No	E.R.	Ss	USCS	*Dr /Density	c (tm ⁻²)	φ (°)	δ (°)	g _{sat} (tm ⁻³)	w (%)
10	Med	0.528	CL	0	0.68	0	0	1.43	1.0
11	Med	0.528	CL	50	0.72	0	0	1.73	1.0
12	Med	0.528	CL	100	3.34	0	0	1.99	1.0
13	Med	0.528	SC	0	0.68	11.18	7.45	1.43	1.0
14	Med	0.528	SC	50	0.72	26.61	17.7	1.73	1.0
15	Med	0.528	SC	100	3.34	27.56	18.4	1.99	1.0
16	Med	0.528	GW	0	0	28	18.7	1.85	1.0
17	Med	0.528	GW	50	0	36.5	24.3	2.18	1.0
18	Med	0.528	GW	100	0	45	30	2.34	1.0

*Dr for non-cohesive soils, Density for cohesive soils. E.R: Earthquake risk; Med: Medium; Ss: Average values of the specified provinces; USCS: Unified soil classification system; Dr: Relative density, φ: Internal friction angle; δ: Wall-to-soil friction angle; γ_{sat}: Saturated density; w: Water content.

The earthquake parameters of the selected districts in the analyses were calculated using the coefficients given by the Turkey Earthquake Hazard Maps, which entered into force on 22nd / 01/ 2018. Since these coefficients are on the basis of parcels, the average value for each district was used.

Table 3. Geotechnical parameters used for the region with the high earthquake risk (Duzce)

No	E.R.	Ss	USCS	*Dr /Density	c (tm ⁻²)	φ (°)	δ (°)	γ _{sat} (tm ⁻³)	w (%)
10	High	1.342	CL	0	0.68	0	0	1.43	1.0
11	High	1.342	CL	50	0.72	0	0	1.73	1.0
12	High	1.342	CL	100	3.34	0	0	1.99	1.0
13	High	1.342	SC	0	0.68	11.18	7.45	1.43	1.0
14	High	1.342	SC	50	0.72	26.61	17.7	1.73	1.0
15	High	1.342	SC	100	3.34	27.56	18.4	1.99	1.0
16	High	1.342	GW	0	0	28	18.7	1.85	1.0
17	High	1.342	GW	50	0	36.5	24.3	2.18	1.0
18	High	1.342	GW	100	0	45	30	2.34	1.0

*Dr for non-cohesive soils, Density for cohesive soils. E.R: Earthquake risk; Ss: Average values of the specified provinces; USCS: Unified soil classification system; Dr: Relative density, φ: Internal friction angle; δ: Wall-to-soil friction angle; γ_{sat}: Saturated density; w: Water content.

Calculations are based on ZC as the local soil class. Thus, the "Short period map spectral acceleration coefficient" (Ss) was determined such as 1.342 for the high earthquake risk (Duzce); 0.528 for medium

earthquake risk (Zonguldak); and 0.233 for low earthquake risk (Karaman). Likewise, the “Local soil effect coefficient” (FS) was determined such as 1.20 for Duzce; 1.29 for Zonguldak; and 1.3 for Karaman. Finally, the “Design spectral acceleration coefficient” (SDS) was calculated such as 1.61 for Duzce are: 1.61; 0.68 for Zonguldak and 0.30 for Karaman.

The earthquake parameters to be used in the calculations and the geotechnical properties of the soils in the foundation area were processed by using the well foundation module of the IstCAD-2021 software program. The analysis were carried out according to the TBDY-2018 principles. In the first stage of the calculations, the well dimensions were determined by using the model shown in Figure 3. Then, soil bearing capacity, shear strength control, rollover control and collapse analysis were calculated with IstCAD-2021. In addition, reinforced concrete calculations were carried out in according with “TS 500”. The friction angle between the wall and the soil (δ) was calculated by $2/3\phi$ approximation. The class of concrete and the steel class were chosen as C30 and S420 (ribbed reinforcement) respectively. Quantity (materials) calculations were calculated according to the determined dimensions of the wall. The cost analysis was calculated according to the “Unit Prices of the Ministry of Environment and Urbanization for 2021” (UP-MEU/2021).

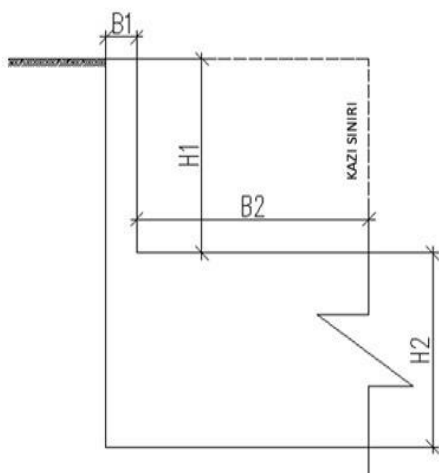


Figure 3. The section used in the calculations

3. RESULTS AND DISCUSSION

The examinations and calculations listed in the material and method section were carried out separately for each condition. The dimensions of the diaphragm wall in the model were coded as follow: The height of the wall as H1, the thickness of the wall as B1, the length of the wall footing as B2, and the thickness of well footing as H2, as seen in Figure 3. The footing is the extended, protruding section of the walls and reinforced concrete columns that rests on the soil. H1 was chosen as 3.00 m and the other dimensions such as B1, B2 and H2 were determined according to the geotechnical properties of the soil behind the wall as presented in Table 4.

The cost analysis were carried out according to the TBDY-2018 principles by means of the IstCAD 2021 software program for 27 different conditions. Besides, UP-MEU/2021 were taken as a reference in the analysis. The shear force and moment values for reinforced concrete were calculated by using the obtained data from Table 4. Then, the concrete, the reinforcement, the formwork and the excavation quantities were calculated according to shear force and moment values. The quantity (materials) of the diaphragm wall by the well method were determined according to the earthquake risk and soil properties of the region are presented in Table 5.

Table 4. Foundation section dimensions according to geotechnical properties and earthquake risk

Earthquake Risk.	Ss	*Dr /Density	USCS	B1 (cm)	H1 (cm)	B2 (cm)	H2 (cm)
High (Duzce)	1.342	0	CL	100	300	1600	500
		50		100	300	1130	500
		100		30	300	30	200
Medium (Zonguldak)	0.528	0	CL	60	300	190	200
		50		40	300	160	200
		100		20	300	30	200
Low (Karaman)	0.233	0	CL	60	300	195	200
		50		45	300	150	200
		100		20	300	30	200
High (Duzce)	1.342	0	GW	100	300	2150	650
		50		70	300	490	220
		100		45	300	215	200
Medium (Zonguldak)	0.528	0	GW	45	300	175	200
		50		30	300	135	200
		100		25	300	65	200
Low (Karaman)	0.233	0	GW	45	300	150	200
		50		40	300	100	200
		100		20	300	300	200
High (Duzce)	1.342	0	SC	100	300	1250	500
		50		100	300	900	500
		100		30	300	220	200
Medium (Zonguldak)	0.528	0	SC	20	300	65	200
		50		20	300	50	200
		100		20	300	40	200
Low (Karaman)	0.233	0	SC	20	300	40	200
		50		20	300	35	200
		100		20	300	30	200

*Dr for non-cohesive soils, Density for cohesive soils

The cost estimation was calculated by using the UP-MEU/2021 and the quantities determined. The results are presented in Table 6. The materials and labour were included but shipping costs are not included in the cost estimation.

The effect of the soil properties and the earthquake risk on the total costs of the diaphragm wall by well method is presented in Figure 4, Figure 5 and Figure 6. Figure 4 shows the total cost amounts according to the low-risk earthquake zone and soil class, besides the details of the total cost such as excavation, formwork, concrete, thick and thin reinforcement. According to the Figure 4, the minimum total cost is 26.66 thousand ₺ for the low-risk earthquake zone. This cost is the same for five different soil conditions such as non-compacted CL, moderately compacted CL, well-compacted CL, loose GW, moderately density SC. It is 39.62 thousand ₺ for loose SC, 47.98 thousand ₺ for high-density SC and moderately density GW. The maximum cost belong to

the wall built on the high-density GW soils as 60.26 thousand ₺. There is a 2.3 times difference between the lowest cost and the highest cost. The most important factor in this increase is concrete and reinforcement costs.

Table 5. The quantity of the diaphragm wall according to the earthquake risk and soil properties of the region

E. R.	Ss	*Dr / Density	USCS	R (thin) (kg)	R (thick) (kg)	C (m ³)	F (m ²)	T (m ³)
High (Duzce)	1.342	0	CL	2926	57126	1245	406	1920
		50		2491	31897	893	359	1356
		100		482	687	18	152	23
Medium (Zonguldak)	0.528	0	CL	784	2038	84	161	143
		50		586	1443	65	183	120
		100		482	687	18	152	23
Low (Karaman)	0.233	0	CL	786	2050	86	161	146
		50		606	1428	65	159	113
		100		482	687	18	152	23
High (Duzce)	1.342	0	GW	4431	107366	2141	571	3064
		50		2111	5678	193	182	382
		100		693	1883	85	161	161
Medium (Zonguldak)	0.528	0	GW	627	1597	73	160	131
		50		932	659	54	157	101
		100		733	533	31	154	49
Low (Karaman)	0.233	0	GW	606	1428	65	159	113
		50		896	705	48	156	75
		100		482	687	18	152	23
High (Duzce)	1.342	0	SC	2491	39260	983	371	1500
		50		6458	17886	720	336	1080
		100		1099	1187	80	161	165
Medium (Zonguldak)	0.528	0	SC	597	687	29	154	49
		50		517	687	24	153	38
		100		494	687	21	153	30
Low	0.233	0	SC	495	687	21	157	30

(Karaman)	50	488	687	20	153	26
	100	482	687	18	152	23

E.R: Earthquake risk; R: Reinforcement; C: Concrete; F: Formwork; T: Trench

Figure 5 shows the total cost amounts according to the medium -risk earthquake zone and soil class, besides the details of the total cost such as excavation, formwork, concrete, thick and thin reinforcement. According to the Figure 5, the minimum total cost is 26.66 thousand ₺ for the medium -risk earthquake zone. This cost belong to the wall built on the moderately density SC soil. The order of cost increase is as follows in thousand ₺: loose GW as 27.71, moderately density GW as 28.84, loose SC as 30.88, non-compacted CL as 31,43, moderately compacted CL as 41.25, well-compacted SC as 49.92, well-compacted GW as 51.78. and CL. The maximum cost belong to the wall built on the high-density well-compacted CL soils as 59.67 thousand ₺. There is a 2.3 times difference between the lowest cost and the highest cost. The most important factor in this increase is concrete and reinforcement costs just as the low-earthquake risk zone.

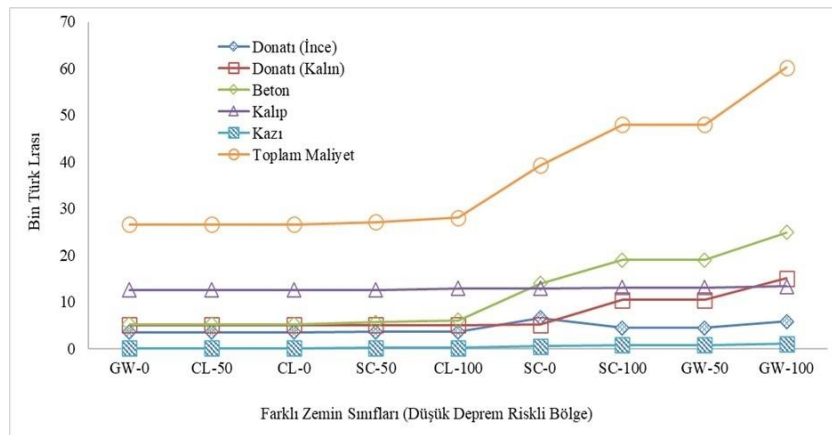


Figure 4. Variation of diaphragm wall by the well method costs according to the different geotechnical parameters in low-risk zones.

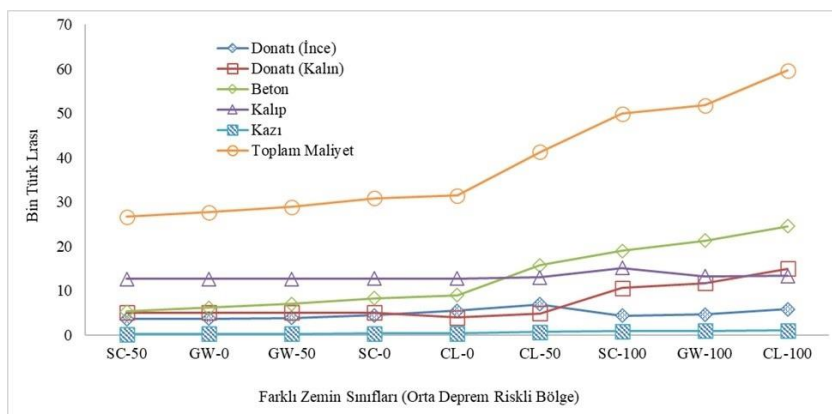


Figure 5. Variation of diaphragm wall by the well method costs according to the different geotechnical parameters in medium-risk earthquake zones.

The total costs of the diaphragm walls to be built in the high-risk earthquake zone and the costs of excavation, formwork, concrete, thick and thin reinforcement that play a role in it are seen in Figure 6. It is seen that the lowest cost is 26.66 thousand ₺ and belong to high-

density GW in the high-risk earthquake zone. The ordered cost list from the minimum to maximum is as follows in thousand ₺: well compacted GW, non-compacted CL as 54.54, loose GW as 58.22, moderately compacted CL as 131.57, loose SC as 425,09, high

density SC as 552,9, medium compacted GW as 635.4, well compacted CL as 825.50. The maximum cost is 1516.50 and belong to the wall built on moderately compacted SC soil. There is a difference around 57 times between the highest and lowest costs of the diaphragm

walls to be built in the high-risk earthquake zone. The most important factor in this increase is concrete and reinforcement costs.

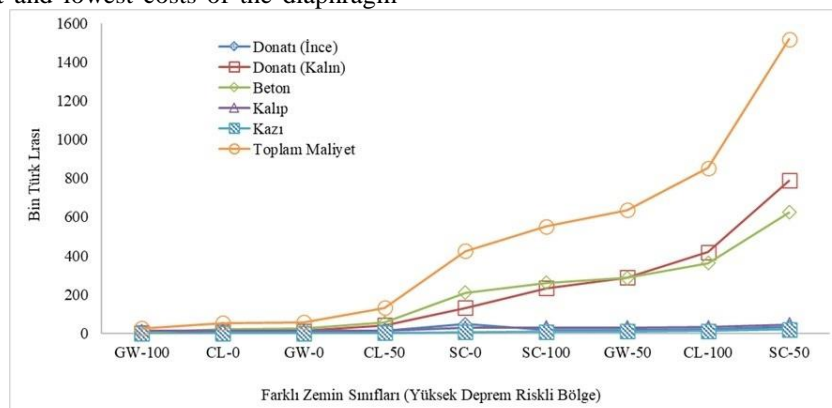


Figure 6. Variation of diaphragm wall by the well method costs according to the different geotechnical parameters in high-risk earthquake zones.

Table 6. Wall costs determined as a result of the analysis

Unit prices and cost analysis			Unit Prices for 2021					Total Cost
			Reinforcement (thin) (ton/£)	Reinforcement (thick) (ton/£)	Concrete (m ³ /£)	Formwork (m ² /£)	Excavation (m ³ /£)	
			7,415.1	7,354.1	291.9	82.8	7.1	
			Total Cost (£)					
Earthquake Risk	*Dr/ Density	USCS	Reinforcement (thin)	Reinforcement (thick)	Concrete	Formwork	Trench	
High (Duzce)	0	CL	3577	5052	5255	12616	160	26659
	50		18470	234573	260556	29718	9614	552931
	100		21695	420109	363465	33609	13613	852491
Medium (Zonguldak)	0	CL	3577	5052	5255	12616	160	26659
	50		4348	10611	18976	15132	851	49919
	100		5812	14985	24523	13344	1010	59674
Low (Karaman)	0	CL	3577	5052	5255	12616	160	26659
	50		4491	10500	19049	13137	798	47975
	100		5826	15073	24961	13361	1037	60257
High (Duzce)	0	SC	8146	8726	23209	13286	1170	54537
	50		47887	131536	210197	27814	7657	425091
	100		18470	288725	286831	30711	10635	635372
Medium (Zonguldak)	0	SC	3661	5052	6131	12649	213	27705
	50		3835	5052	7007	12682	266	28841
	100		4426	5052	8320	12732	346	30875
Low (Karaman)	0	SC	3577	5052	5255	12616	160	26659
	50		3619	5052	5693	12632	186	27182
	100		3671	5052	6131	12980	213	28046
High (Duzce)	0	GW	32856	789581	625117	47226	21722	1516501
	50		15654	41759	56403	15046	2710	131572
	100		5142	13845	24742	13352	1143	58225
Medium (Zonguldak)	0	GW	4651	11744	21239	13220	931	51784
	50		6910	4849	15765	13013	718	41255
	100		5435	3917	8977	12756	346	31432
Low (Karaman)	0	GW	4491	10500	19049	13137	798	47975
	50		6641	5187	14013	12947	532	39319
	100		3577	5052	5255	12616	160	26659

*Dr for non-cohesive soils, Density for cohesive soils.

4. CONCLUSION

In this study, the effects of the factors such as soil class in the area and earthquake risk on the cost of the diaphragm wall by well method are discussed. The IstCAD 2021 software program, the Turkish Building Earthquake Regulation Principles (TBDY-2018) and the UP-MEU/2021 were used for the analysis made.

The data obtained shows that diaphragm walls can be applied economically in low and medium risk

earthquake zones. The geotechnical properties of the soil behind the wall do not create a significant change on the cost neither low nor medium risk earthquake zones. However, the geotechnical properties of the soil effect the costs considerably in regions with the high-earthquake risk. The costs in this region is vary in a wide range from 26 thousand Turkish £ to 1 million 500 thousand £, depending on the geotechnical properties. The concrete and the reinforcement costs play the biggest role in this affect.

The total costs of CL and SC soils analysed are in a range of 26 thousand and 60 thousand for medium and low-risk earthquake zones in all soil condition such as low, moderately or high density. CL and SC soils in loose condition in the high-risk area also have a cost in the same ranges. However, the cost is up to 850 thousand ₺ in the high earthquake risk zones on well-compacted conditions for SC and CL. Therefore, diaphragm wall application is far from economical on well-compacted clayey soils in the high earthquake risk areas.

The total cost of the diaphragm wall construction is in the range of 26 thousand and 51 thousand ₺ for medium and low risk earthquake zones on GW soils. However, it is up to 1.5 million ₺ in the high earthquake risk areas. Therefore, diaphragm wall application is far from economical on non-cohesive soils in the high earthquake risk areas.

According to the results obtained, the diaphragm wall application by the well method is able to be considered appropriate and economical to be applied in low and medium risk areas, regardless of soil conditions. However, this method is not appropriate and economical for the high earthquake risk zone. It is hoped that the data obtained in this study will contribute to the literature and encourage similar studies to the clarification of the subject.

5. REFERENCES

- [1] Coduto DP, Geotechnical engineering: principles and practice. 2nd Edition, Pearson Education, California; 1999.
- [2] Gör M, Aksoy SH, İnal E. Kazıklı temellerde yüzey sürtünme açısının hesabı için yeni bir abak önerisi. 3rd International Soil-Structure Interaction Symposium 18-20 October. İzmir: Turkey; 2017. p. 101-107.
- [3] Aksoy SH, Özpolat A, Gör M. Effect of excavation on settlements and bearing capacity of a foundation. Special Issue: XVI DECGE 2018 Proceedings of the 16th Danube-European conference on geotechnical engineering. 2018;2(2-3):561-566.
- [4] Karabörk T. Yapı-toprak etkileşimi dikkate alınarak betonarme yapıların doğrusal olmayan 3 boyutlu dinamik analizi. Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi. 2009;5(1):25-36.
- [5] Arslan Ö, Keskin İ, Ateş A. İnşası tamamlanmış binaların ekomiklik ve güvenlik durumları göz önünde bulundurularak farklı temel türleri ile yeniden çözümünün karşılaştırmalı analizi. 2nd Int. Symp. Nat. Hazards Disaster Manag. Sakarya: Turkey; 2018. p. 572-581.
- [6] Canpolat FA. Kentsel değişimin coğrafi boyutları: Elazığ örneği. Al Farabi Uluslararası Sos. Bilim. Derg. 2019;3(1):70-105.
- [7] Özaydın E, Baz İ. Yeşil bina konseptinin kentsel dönüşüm uygulamalarında ele alınması. Teknol. ve Uygulamalı Bilim. Derg. 2021;3(2):203-216.
- [8] Afşar E, Bilgen G. Kuyu temel maliyetinin deprem riskine göre değişimi. Tasarım Mimarlık ve Mühendislik Dergisi. 2021;1(3):181-188.
- [9] Çubuk A. Diyafram duvar yapım yöntemi ve temel çukuru kazısı. Available from: <https://www.youtube.com/watch?v=sJp5vpvn3M>
- [10] Bayram S, Öcal ME, Laptalı Oral E, Atış CD. Comparison of unit price method and unit area cost method for construction cost estimation. J. Polytech. Derg. 2016;19(2):175-183.
- [11] Holtz R, Kovacs W, Sheahan T. Geoteknik mühendisliğine giriş. 2015.
- [12] Özbey İ, Gör MA. Study on well foundations: well foundation analysis for attached buildings. IV. International icon-tech symposium on innovative surveys in positive sciences. Adana: Turkey; 2021. p. 248-261.
- [13] Aksoy HS, Gör M, İnal E. Determination of friction angles between soil and steel-FRP piles. Turkish Journal of Science and Technology. 2018;13(1):19-23.
- [14] Herrmann H, Bucksch H. Soil mechanics and foundation engineering. 2014.
- [15] TBDY-2018. Türkiye bina deprem yönetmeliği :2018. Available from: https://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/89227ad223d3b7a_ek.pdf



Probing Compressed Slepton Production at Future Large Hadron Collider

Ali ÇELİK^{1*}, Fatma Betül GÜZELOĞLU²

¹ Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Burdur, Türkiye

² Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Burdur, Türkiye

Ali ÇELİK ORCID No: 0000-0001-8218-6512

Fatma Betül GÜZELOĞLU ORCID No: 0000-0002-0633-340X

*Corresponding author: ali.celik@cern.ch

(Alınış: 04.11.2021, Kabul: 20.11.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Keywords

SUSY,
LHC,
33 TeV

Abstract: Various supersymmetry searches are carried out at the Large Hadron Collider (LHC) at CERN. While some searches have focused on the color sector, others focused on electroweak production of charginos-neutralinos and sleptons. Since no sign of supersymmetry has yet to be found, limits are set on the masses of the supersymmetric particles. In this phenomenological study, we probe direct slepton signal production in compressed mass spectra scenario at the potential future proton-proton collider operating at a center of mass energy of 33 TeV. We show that slepton signal with masses up to 270 GeV can be discovered at the future hadron collider with the data corresponding to 100 fb^{-1} integrated luminosity when $\Delta M = 5 \text{ GeV}$.

Büyük Hadron Çarpıştırıcısında Slepton Sinyalinin Küçük Kütle Farkı Durumunda İncelenmesi

290

Anahtar

Kelimeler

SÜSİ,
BHÇ,
33 TeV

Öz: CERN'deki Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'ndaki (BHÇ) deneylerden toplanan verilerle süpersimetri izi aranmaktadır. Araştırmalardan bazıları renkli süpersimetrik parçacıklara odaklanırken, bazıları ise chargino-nötrino veya sleptonların elektrozayıf üretimine odaklanmışlardır. Şu ana kadar yapılan deneysel araştırmalarda süpersimetrik parçacık izine rastlanılmadığından, bu parçacıkların kütleleri üzerine sınırlamalar getirilmiştir. Bu fenomenolojik çalışmada, 33 TeV'lik Kütle Merkezi (K.M.) enerjisinde proton-proton çarpıştırıcısında slepton sinyali incelenmiş ve 100 fb^{-1} ışıklılığa karşılık gelen verilerle, en hafif süpersimetrik parçacık ile slepton arasındaki kütle farkının çok küçük olduğu durumda ($\Delta M = 5 \text{ GeV}$), 270 GeV'ye kadar kütleyle sahip slepton sinyalinin keşfedilebileceği gösterilmiştir.

1. INTRODUCTION

Standard Model (SM) of particle physics is one of the best theories that humankind has achieved so far. However, it is not considered a complete theory for a few reasons, some of which are that it is unable to answer the Higgs hierarchy problem and the existence of the dark matter whose presence is proved by the works [1–3]. However, the supersymmetric extension of the standard model (SUSY), predicting a superpartner for every corresponding particle in the SM, has the ability to solve the hierarchy problem in Higgs mass, and unify three interactions into a single one in addition to having a dark matter candidate.

Studies for searching supersymmetric particles are being carried out by CMS and ATLAS collaborations at the

LHC. Both experiments put limits on the masses of strongly produced colored supersymmetric particles, and their masses are excluded below 2 TeV [4–12]. However, limits on the electroweakly produced charginos-neutralinos and sleptons are less constrained as these particles suffer from smaller production cross section in a hadron collider.

Directly produced sleptons are searched for by CMS and ATLAS experiments at both 8 and 13 TeV [13–17] in the final states with di-leptons and the lightest supersymmetric particle (LSP). Since LSP leaves no trace in the detector, it contributes to missing energy (E_T^{miss}) an important discriminator between SUSY signal and backgrounds in SUSY searches. Slepton signal production was also probed in phenomenology works in final states with E_T^{miss} , di-lepton and an initial state

radiation (ISR jet) at 14 TeV collision energy, assuming the mass difference between slepton and LSP are $\Delta M \leq 20$ GeV and $\Delta M \leq 60$ GeV [18,19]. Ref. [18] was able to reach 5σ discovery for left-handed sleptons of ≈ 150 GeV with an integrated luminosity of 100 fb^{-1} . Using the search strategy of Ref. [19], it is shown that 4.7σ with 300 fb^{-1} data could be obtained for $m_{\tilde{\mu}} = 110$ GeV in the case of $\Delta M = 60$ GeV. In another study on slepton production via vector boson fusion topology, $3 - 6\sigma$ is obtained for slepton mass range 115-135 GeV and mass splittings of 5-15 GeV [20].

We probe slepton pair production from the proton-proton (pp) collisions (depicted in Figure 1) at 33 TeV at a potential future hadron collider called HE-LHC. Results are presented in the context of the R-parity conserving minimal supersymmetric extension of the SM (MSSM) [21,22]. We assume that neutralino ($\tilde{\chi}_1^0$) is LSP and purely Bino. In order to obtain correct relic density [23] LSP is assumed to be almost mass degenerate with slepton.

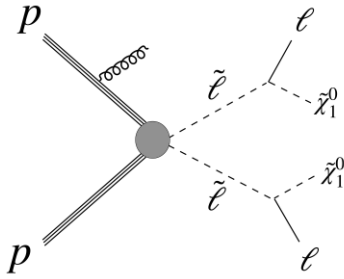


Figure 1. Slepton pair production along with an ISR jet coming from one of the incident partons.

2. ANALYSIS STRATEGY

The signal we probe in this analysis is the production of a pair of left/right-handed selectrons (\tilde{e}) or smuon ($\tilde{\mu}$) pair, which are produced from Z^* or γ^* exchange from quark anti-quark/gluon-quark pair, along with a single additional jet emitted from one of the incident partons. Left and right-handed selectrons and smuons are assumed to be mass degenerate. When the slepton pair is produced, both sleptons decays to LSP and the same flavor leptons, which are expected to be soft products in the case where the mass difference between slepton and LSP is small, called compressed mass spectra scenario. In the compressed scenario, we face the difficulty of reconstruction of leptons as they are most likely to be soft, and consequently, they are indistinguishable from the SM process $\bar{q}q \rightarrow \gamma^*/Z^* \rightarrow \bar{l}l$. In order to overcome the low acceptance due to reconstruction of the soft leptons, we require a highly energetic ISR jet, which will recoil against the sleptons and create a boost in transverse momentum (p_T) of pair produced sleptons as well as in their decay products of same flavor opposite sign (SFOS) leptons and $\tilde{\chi}_1^0$ pair. Hence, our signal is characterized by the existence of one hard jet, significant amount of missing energy, coming from LSPs, and SFOS lepton pair in the final state.

The major Standard Model backgrounds that have a similar topology as our signal are $t\bar{t}$, $VV + jet$ and $Z + jets$. Signals and all the SM backgrounds are generated with MadGraph_aMC@NLO version 2.6.7 [24] then pushed into Pythia 6 [25] for parton showering and hadronization, which is followed by detector simulation with Delphes 3 [26] using default delphes card prepared for HE-LHC [27]. While single vector backgrounds are simulated up to four partons, all other backgrounds and signal samples are generated up to two partons. Due to computational difficulties, some of the samples with higher production cross sections and higher jet multiplicity, such as $t\bar{t}$ and $Z + jets$ are generated ≈ 20 and 30 million respectively. MLM scheme [28] is performed to avoid double counting. Parameter cards used in Madgraph for signal generation are produced with the SUSY spectrum generator called SUSY-HIT [29].

Results presented here are for the signal mass point of $m_{\tilde{l}} = 235$ GeV with $\Delta M = 5$ GeV; however, we scanned heavier slepton masses of $m_{\tilde{l}} = 245, 250, 260$ and 270 GeV for the cases of $\Delta M = 3, 5$ GeV. Event selection criteria that are global to all mass splittings are shown below. Residual cross sections after applying each cut for both SM backgrounds and the signal are shown in Table 1.

1. Veto on tagged hadronically decaying τ
2. We require two SFOS leptons with $p_T > 7$ GeV and $|\eta| < 2.4$
3. Veto events with tagged b-jet with $p_T > 30$ and $|\eta| < 2.4$ GeV to reduce any contribution from $t\bar{t}$ background
4. Require only one hard jet with $p_T > 180$ GeV and reject any events with additional jets having $p_T > 30$ GeV.
5. Require $E_T^{miss} > 180$ GeV. Along with high jet p_T requirement, this requirement will reduce significant amount of the remaining $t\bar{t}$ as well as Z background.
6. Z-veto (i.e., rejects events with $81 \text{ GeV} < M_{ll} < 101 \text{ GeV}$)
7. $\cos\theta_{1,l_2}^* < 0.5$ applied. It is introduced in Ref. [30], applied in Ref. [31], and is effective to distinguish spin-0 parent particles from spin-1, which also yields the same final products as in slepton decay.
8. Upper cut on scalar sum of the p_T of both leptons ($p_{T_{l_1}} + p_{T_{l_2}} < 50$ GeV for $\Delta M = 5$ GeV, $p_{T_{l_1}} + p_{T_{l_2}} < 35$ for $\Delta M = 3$ GeV)
9. As the requirement of a highly energetic jet creates a boost in slepton or, in other words in LSPs, decay products of sleptons, E_T^{miss} and jet will be back-to-back in compressed scenario. Thus, $\Delta\Phi(\text{Jet}, E_T^{miss}) > 0.95$ requirement will be beneficial to reduce backgrounds while keeping a large amount of the signal.
10. Along with E_T^{miss} , both leptons will recoil against ISR jet. Thus, a lower cut of 0.65 on ϕ difference between jet and vector sum of 1st and 2nd leptons'

momentum ($\Delta\Phi(\text{Jet}, l_{1,2}) > 0.65$) will help to eliminate backgrounds as well.

11. Upper cut on mass difference between kinematic variable, stransverse mass m_{T2} [32,33] and trial mass, for given LSP mass. m_{T2} is used to estimate the minimum mass of the mother particle (slepton) from the kinematics of the visible and invisible

decay products. In order to calculate the variable, we make use of the bisection code provided by the authors of reference [34]. Masses of each mother and daughter particles are assumed to be equal. The code requires transverse momentum of visible particles, missing transverse momentum, and masses of LSP's as input.

Table 1. Residual cross section (fb) for backgrounds and signal sample after applying each cut given 1-11.

Selections	$t\bar{t} + \text{jets}$	$ZZ + \text{jets}$	$WZ + \text{jets}$	$WW + \text{jets}$	$Z + \text{jets}$	S_{230}^{235}
Initial	3919650.00	40154.80	149999.00	308871.00	137857000.00	129.72
τ Veto	3562280.00	38706.20	143452.00	296032.00	136270000.00	128.74
2OSSF	44919.70	1571.05	2767.32	2527.33	2462960.00	10.58
b-jet Veto	13190.2	1423.38	2670.50	2497.93	2453960.00	10.46
Jet $p_T > 180$ GeV	65.14	8.89	20.69	43.63	3382.10	0.34
MET > 180 GeV	21.35	1.75	2.25	14.68	47.50	0.33
$81 < M_{ll} < 101$	18.43	0.07	0.65	13.18	9.50	0.32
$\cos\theta_{l_1, l_2}^* < 0.5$	10.40	0.05	0.41	8.93	9.50	0.26
$p_{T_{l_1}} + p_{T_{l_2}} < 50$	0.55	0.01	0.02	0.93	-	0.23
$\Delta\Phi(\text{Jet}, \text{MET})$	-	0.01	0.01	0.81	-	0.22
$\Delta\Phi(\text{Jet}, l_{1,2})$	-	0.01	0.01	0.53	-	0.19
$m_{T2} - \mu < 5$	-	-	-	0.06	-	0.18

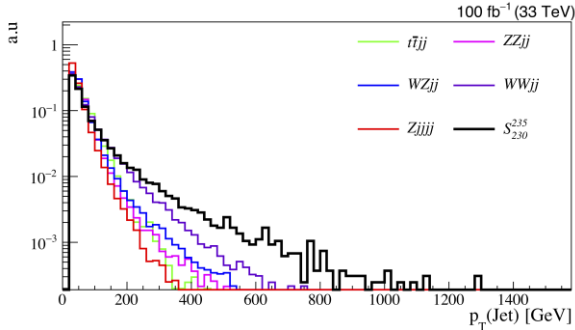


Figure 2. Leading jet p_T distribution, normalized to unity. Events shown in the plot have passed cuts 1-3.

Figure 2 shows leading jet transverse momentum from both SM backgrounds and signal event, a 235 GeV \tilde{l} decaying to a 230 GeV LSP, after applying the first three event selection criteria. To get a transverse boost that will make the signal stand out against backgrounds, we require a lower cut of 180 GeV on jet p_T . For the mass point (235,230) GeV, jet p_T cut removes more than 99.8% of the backgrounds and increases the signal to background ratio by a factor of ≈ 23 .

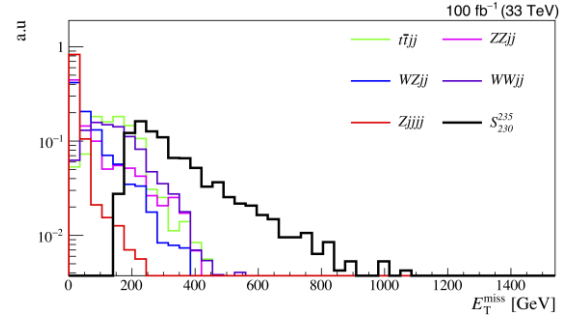


Figure 3. MET distribution, normalized to unity. Events surviving cuts 1-4 are plotted. As seen from the distribution, because of a highly energetic ISR jet requirement, events from signals are mostly populated beyond 180 GeV.

Requiring a highly energetic ISR jet will produce a large, anti-collimated missing transverse momentum as well. Hence, in addition to the 180 GeV cut on jet p_T , we also require a lower cut of 180 GeV on E_T^{miss} . As seen from Figure 3 and expected most of the signal events are located beyond 180 GeV. A cut of 180 GeV on missing energy increases signal significance (S/\sqrt{B}) by a factor of 6 and signal to background ratio by a factor of ≈ 39 . The transverse momentum of leptons is a measure of the mass difference between slepton and LSP and thus might be a useful variable to reduce the SM backgrounds. Therefore, we imposed an upper cut for the scalar sum of the leptons' transverse momentum. It is shown in Figure 4, the sum of the leptons' p_T for the signal sample separated from SM backgrounds around 80 GeV. However, with an upper cut of 50 GeV, the highest signal significance is obtained.

As $\approx 90\%$ of signal samples and 5% of SM backgrounds survive, signal significance and data to MC ratio increased by a factor of ≈ 3.9 and ~ 17 , respectively.

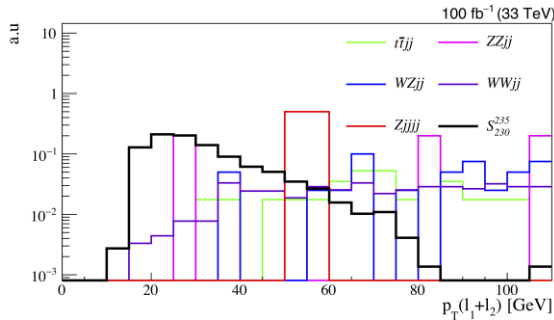


Figure 4. The scalar sum of the transverse momentum of leptons for both signal and background samples. Distribution normalized to unity. Events shown in the plot have passed cuts 1-7. As seen from the distribution, almost no events from signal survive beyond 80 GeV, although backgrounds are the most populated ones. An upper cut of 50 GeV gives the highest significance.

Although upper cut on the scalar sum of leptons' p_T helps reduce SM backgrounds, a direct measure of mass difference variable, $m_{T2} - \mu$ is better at separating the backgrounds from the signal. Figure 5 and Figure 6 show $m_{T2} - \mu$ distributions before and after applying an upper cut of 5 GeV on the $m_{T2} - \mu$ variable. As seen from Figure 5, signal events are located mostly below 5 GeV, whereas SM backgrounds populated beyond 5 GeV. Therefore, applying an upper cut of 5 GeV (for $\Delta M = 3$ GeV cases, backgrounds and signals are mostly separated with an upper cut of 3 GeV) dramatically increases the signal background ratio from 0.35 to ≈ 3.0 and lets the signal significance reach close to 7.4σ .

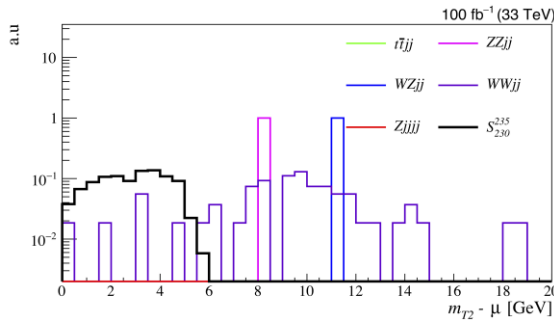


Figure 5. $m_{T2} - \mu$ distribution for backgrounds and signal sample after passing the cuts 1-10. As expected, backgrounds are mostly distributed beyond 5 GeV for the case of $\Delta M = 5$ GeV

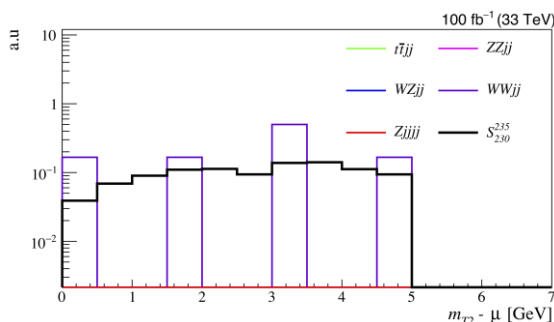


Figure 6. $m_{T2} - \mu$ distribution showing both signal and background events after passing all the cuts 1-11.

3. CONCLUSION

Pair production of slepton signal at potential future pp collider colliding protons heads-on at $\sqrt{s} = 33$ TeV is probed. The signal events include mass degenerate right/left-handed selectrons and smuons. Branching ratio for the process $\tilde{l} \rightarrow l \tilde{\chi}_1^0$ is fixed to 100%. To optimize the kinematic parameters, separating signals from backgrounds, we checked signal significance and signal to background ratio at every single step. With the optimum parameters, we found that, $m_l \approx 235$ GeV can be reached at the future collider with close to 7.4σ discovery in the case where mass difference is 5 GeV (see Figure 7). These selection criteria remain effective for larger masses of choice up to 270 GeV for $\Delta M = 5$ GeV.

Although we assumed 100 fb^{-1} integrated luminosity, a better significance could be obtained with higher luminosity.

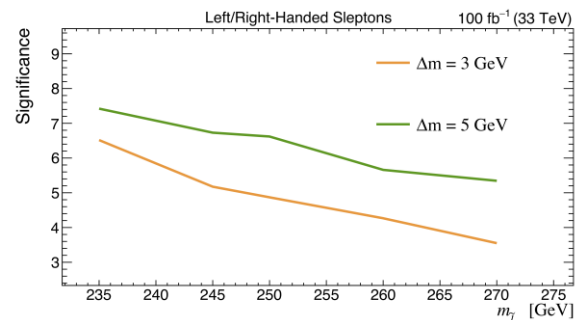


Figure 7. Slepton mass as a function of significance (S/\sqrt{B}) for $\Delta M = 3$ and 5 GeV.

Acknowledgement

This study was supported by Mehmet Akif Ersoy University Scientific Research Projects Unit. Project Number:0669-YL-20. Computing resources used in this work were provided by the National Center for High Performance Computing of Turkey (UHem) under grant number 1008362020.

REFERENCES

- [1] Ade P. A. R, Aghanim N, Armitage-Caplan C, Arnaud M, Ashdown M, Atrio-Barandele F, et al. Planck2013 results. XVI. Cosmological parameters. *Astron Astrophys* 2014;571:A16.
- [2] Begeman K, Broeils A, Sanders R. Extended rotation curves of spiral galaxies: Dark haloes and modified dynamics. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 1991;249:523–37.
- [3] Massey R, Kitching T, Richard J. The dark matter of gravitational lensing. *Reports on Progress in Physics* 2010;73:086901.
- [4] CMS Collaboration. Search for supersymmetry in proton-proton collisions at 13 TeV using identified top quarks. *Physical Review D* 2018;97:012007.
- [5] CMS Collaboration. Search for supersymmetry in multijet events with missing transverse momentum

- in proton-proton collisions at 13 TeV. *Physical Review D* 2017;96:032003.
- [6] ATLAS Collaboration. Search for supersymmetry in final states with two same-sign or three leptons and jets using 36 fb^{-1} of $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$ pp collision data with the ATLAS detector. *JHEP* 2017;09:084.
- [7] ATLAS Collaboration. Search for supersymmetry in final states with missing transverse momentum and multiple b-jets in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$ with the ATLAS detector. *JHEP* 2018;06:107.
- [8] ATLAS Collaboration. Search for squarks and gluinos in final states with jets and missing transverse momentum using 36 fb^{-1} of $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$ pp collision data with the ATLAS detector. *Phys Rev D* 2018;97:112001.
- [9] CMS Collaboration. Search for Physics Beyond the Standard Model in Events with High-Momentum Higgs Bosons and Missing Transverse Momentum in Proton-Proton Collisions at 13 TeV. *Phys Rev Lett* 2018;120:241801.
- [10] CMS Collaboration. Search for new phenomena with the M_{T2} variable in the all-hadronic final state produced in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$. *Eur Phys J C* 2017;77:710.
- [11] ATLAS Collaboration. Search for new phenomena with large jet multiplicities and missing transverse momentum using large-radius jets and flavour-tagging at ATLAS in 13 TeV pp collisions. *JHEP* 2017;12:034.
- [12] CMS Collaboration. Search for natural and split supersymmetry in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$ in final states with jets and missing transverse momentum. *Journal of High Energy Physics* 2018;2018:1–52.
- [13] CMS Collaboration. Searches for electroweak production of charginos, neutralinos, and sleptons decaying to leptons and W, Z, and Higgs bosons in pp collisions at 8 TeV. *Eur Phys J C Part Fields* 2014;74:3036.
- [14] ATLAS Collaboration. Search for direct production of charginos, neutralinos and sleptons in final states with two leptons and missing transverse momentum in pp collisions at $\sqrt{s} = 8 \text{ TeV}$ with the ATLAS detector. *Journal of High Energy Physics* 2014;2014:1–52.
- [15] ATLAS Collaboration. Search for electroweak production of supersymmetric states in scenarios with compressed mass spectra at $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$ with the ATLAS detector. *Phys Rev D* 2018;97:052010.
- [16] ATLAS Collaboration. Search for supersymmetric partners of electrons and muons in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$. *Phys Lett B* 2019;790:140–66.
<https://doi.org/10.1016/j.physletb.2019.01.005>.
- [17] ATLAS Collaboration. Searches for electroweak production of supersymmetric particles with compressed mass spectra in $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$ pp collisions with the ATLAS detector. *Phys Rev D* 2020;101:052005.
- [18] Han Z, Liu Y. M_{T2} to the Rescue – Searching for Sleptons in Compressed Spectra at the LHC. *Phys Rev D* 2015;92:015010.
- [19] Dutta B, Fantahun K, Fernando A, Ghosh T, Kumar J, Sandick P, et al. Probing Squeezed Bino-Slepton Spectra with the Large Hadron Collider. *Phys Rev D* 2017;96:075037.
- [20] Dutta B, Gosh T, Gurrola A, Johns W, Kamon T, Sheldon P, et al. Probing compressed sleptons at the LHC using vector boson fusion processes. *Phys Rev D* 2015;91:055025.
- [21] Fayet P. Supersymmetry and weak, electromagnetic and strong interactions. *Physics Letters B* 1976;64:159–62.
- [22] Fayet P. Spontaneously broken supersymmetric theories of weak, electromagnetic and strong interactions. *Physics Letters B* 1977;69:489–94.
- [23] Griest K, Seckel D. Three exceptions in the calculation of relic abundances. *Physical Review D* 1991;43:3191.
- [24] Alwall J, Herquet M, Maltoni F, Mattelaer O, Stelzer T. MadGraph 5: going beyond. *J High Energy Phys* 2011;2011:1–40.
- [25] Sjöstrand T, Mrenna S, Skands P. PYTHIA 6.4 physics and manual. *Journal of High Energy Physics* 2006;2006:026.
- [26] Selvaggi M. DELPHES 3: A modular framework for fast-simulation of generic collider experiments. *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 523, IOP Publishing; 2014, p. 012033.
- [27] Selvaggi M [Internet]. HE/HL-LHC detector DELPHES card; 2018 [cited 2021 Nov4]. Available from:
https://github.com/delphes/delphes/blob/9a7ea360f6f9f1c8f3f35b9545f62c3a61a82230/cards/delphes_card_HLLHC.tcl
- [28] Mangano ML, others. Matching matrix elements and shower evolution for top-pair production in hadronic collisions. *Journal of High Energy Physics* 2007;2007:013.
- [29] Djouadi A, Muhlleitner M, Spira M. Decays of supersymmetric particles: the program SUSY-HIT (SUSpect-SdecaY-HDECAY-InTerface). *ArXiv Preprint Hep-Ph/0609292* 2006.
- [30] Barr AJ. Measuring slepton spin at the LHC. *Journal of High Energy Physics* 2006;2006:042.
- [31] Edelhäuser L, Matchev KT, Park M. Spin effects in the antler event topology at hadron colliders. *Journal of High Energy Physics* 2012;2012:1–45.
- [32] Lester CG, Summers DJ. Measuring masses of semi-invisibly decaying particle pairs produced at hadron colliders. *Physics Letters B* 1999;463:99–103.
- [33] Barr A, Lester C, Stephens P. A variable for measuring masses at hadron colliders when missing energy is expected; M_{T2} : the truth behind the glamour. *Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics* 2003;29:2343–63.
- [34] Lester CG, Nachman B. Bisection-based asymmetric M_{T2} computation: a higher precision calculator than existing symmetric methods. *J High Energy Phys* 2015;2015:100.



İfosfamid ve Kurkumin Kombinasyonun Küçük Hücreli Dışı Akciğer Kanseri Hücrelerinde Apoptotik Biyobelirteçler ve Hücre Göçü Üzerine Etkileri

Dursun ÖZDEMİR¹, Kemalcan ŞATANA¹, Deniz ÖZDEMİR¹, Mehmet ÇİFTÇİ², Can Ali AĞCA^{1*}

¹ Bingöl Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Bingöl, Türkiye

² Bingöl Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Bingöl, Türkiye

Dursun ÖZDEMİR ORCID No: 0000-0002-1233-7191

Kemalcan ŞATANA ORCID No: 0000-0002-9498-3655

Deniz ÖZDEMİR ORCID No: 0000-0001-7659-742X

Mehmet ÇİFTÇİ ORCID No: 0000-0002-1748-3729

Can Ali AĞCA ORCID No: 0000-0002-0244-3767

*Sorumlu yazar: caagca@bingol.edu.tr

(Alınış: 28.06.2021, Kabul: 20.12.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Anahtar Kelimeler
İfosfamid,
Kurkumin,
A549,
Apoptozis,
Hücre göçü

Öz: Akciğer kanseri, dünyada kansere bağlı en fazla ölüme neden olan kötü huylu ve saldırgan tümörlerden biridir. İfosfamid, akciğer kanserinin de dâhil olduğu birçok kanser tedavisinde kullanılan alkilleyici bir antineoplastik ajandır. Curcuma longa rizomundan elde edilen bir flavonoid olan Kurkumin'in, insan kanserlerinde hücre büyümesinin inhibisyonu, hücre döngüsü durdurulması ve pro-apoptotik etki yoluyla kemoterapötik aktiviteye sahip olduğu gösterilmiştir. Bununla birlikte, ifosfamid ve kurkumin kombinasyonunun, küçük hücreli olmayan akciğer kanseri (NSCLC) üzerindeki etkileri henüz doğrudan ele alınmamıştır. Bu çalışmada akciğer kanseri hücre hattı A549'da, ifosfamid ve kurkumin kombinasyonunun, hücre proliferasyonu, hücre içi ROS birikimi, apoptozis ve hücre göçü üzerine olan etkileri gerçek-zamanlı hücre analizi, DCFDA floresan işaretleme, western blot ve yara iyileşme-hücre göçü testleri ile araştırılmıştır. A549 hücrelerinde İfosfamid-kurkumin kombinasyonu ile tedavi sonrasında, hücre içi ROS birikiminde ve pro-apoptotik Bax proteinin düzeyinde bir artış olduğu belirlendi. Ayrıca kombinasyonun tedavi edilmeyen ve tek ajan ile tedavi edilen hücrelere kıyasla, anti-apoptotik TIGAR protein düzeyinin azalmasında ve çizilen alana hücre göçünün bastırılmasında etkili olduğu belirlendi. Bulgularımız, Kurkumin'in küçük hücreli olmayan akciğer kanseri hücre hattının A549'da İfosfamidin etkinliğini artırdığını göstermektedir.

295

Effects of Ifosfamide and Curcumin Combination on Apoptotic Biomarkers and Cell Migration in Non-Small Cell Lung Cancer Cell

Keywords
Ifosfamide,
Curcumin,
A549,
Apoptosis,
Cell migration

Abstract: Lung cancer is one of the most common malignancies and aggressive tumour, which causes the highest cancer-related death in the world. Ifosfamide is an alkylating antineoplastic agent used in the treatment of cancer including, lung cancer. Curcumin, a flavonoid from the rhizome of Curcuma longa has been shown to chemotherapeutic activity through inhibition of cell growth, cell cycle arrest, and pro-apoptotic activity in human cancer. However, the effects of Ifosfamide and Curcumin combination on non-small cell lung cancer (NSCLC) remain unclear. In this study, the influences of Ifosfamide, cell proliferation, ROS accumulation, apoptosis, migration, and its combined effects with curcumin were investigated in NSCLC cell line A549 by RT-Cell analyse, DCFDA assay, western blot and wound healing-migration assays. A549 cells were treated with the Ifosfamide-Curcumin combination and the results showed that the combination was effective in ROS accumulation, which contributed to inducing apoptosis via increasing pro-apoptotic Bax and decreasing anti-apoptotic TIGAR, and depression of cell migration. The treatment of combination significantly induced apoptosis, together with the downregulation of TIGAR and upregulation of pro-apoptotic Bax protein. Moreover, Curcumin and Ifosfamide combination suppressed cell migration into the scratched area as compared to untreated cells. Our findings suggest that Curcumin enhanced the efficacy of Ifosfamide in human non-small cell lung cancer cell line.

1. GİRİŞ

Son yıllarda gelişmiş ülkelerde akciğer kanserinin görülme sıklığı önemli ölçüde artış göstermiş ve buna bağlı olarak ölümlerin önde gelen nedeni haline dönüşmüştür. Globocan (Global Cancer Observatory) verilerine göre, en çok tanı konulan kanserlerin başında %11 ile akciğer kanseri yer almaktadır. Aynı zamanda, erkekler arasında en sık görülen kanserdir ve kanserden ölümlerin başlıca nedeni olarak gösterilmektedir [1]. Erken teşhis ve tedavilerinde büyük gelişmeler elde edilmiş olmasına rağmen, akciğer kanseri için prognoz hala zayıftır ve beş yılda tahmini hayatta kalma oranı sadece % 15'tir [2]. Bu nedenle, akciğer kanseri hastaları için etkin bir tedavi acil bir ihtiyaçtır. Kanser için tedaviler arasında cerrahi müdahale, radyasyon, kemoterapi, hedefe yönelik tedavi ve immünoterapi yer alırken, kemoterapi en önemli tedavilerden biri olmaya devam etmektedir [3]. Paklitaksel, cisplatin, 5-florourasil, siklofosamid ve doksorubisin gibi kanser tedavisinde çok sayıda kemoterapötik ilaç geliştirilmiş ve kullanılmıştır [4–7]. Ancak kemoterapi'nin monoterapi olarak etkinliği, özellikle ilaç direnci nedeniyle kanser tedavisinde sınırlı kalmaktadır [6], [8]. Bu nedenle, farklı mekanizmalar ile etki gösteren kemoterapötik ilaçların kombinasyonu, kanser tedavisi için yaygın klinik uygulama haline gelmiştir [9–11]. İfosfamid, katı tümörler ve hematolojik maligniteler dâhil olmak üzere farklı tipte malignitelerin tedavisinde yaygın olarak kullanılan alkilleyici antineoplastik bir ajandır [12], [13]. İfosfamid, alkilleyici ajanların kemik iliği ve normal dokular üzerinde yan etkilere neden olmasına rağmen, kombinasyon tedavilerinde kemoterapinin önemli bir parçası olarak kullanılmaya devam etmektedir [14], [15]. İfosfamid, 4-hidroksilasyon yoluyla izofosforamid ve akrolein (Acr) üretir [16]. Acr, siklofosfamid ve ifosfamidin önemli bir metabolitidir ve bu antitümör ilaçların göstermiş olduğu sitotoksitenin en önemli nedeni arasında gösterilmektedir [17]. Ancak Acr ve izofosforamid, indüklenabilir nitrik oksit sentazını aktive ederek nitrik oksit üretimine yol açar ve bu sayede reaktif oksijen türlerinin (ROS) yukarı regülasyonunu sağlayarak hücre ölümüne neden olur. ROS'daki artış proinflatuar sitokin (tümör nekroz faktörü-alfa [TNF- α] ve interlökin-1beta [IL-1 β]) gen ekspresyonunu uyaran aktivatör protein (I) gibi transkripsiyon faktörlerini indükler devamında ise DNA zincirlerini kırarak DNA hasarına neden olduğu bildirilmiştir [16, 18]. Issels ve ark. [19], insan periferik kan lenfositlerinde (PBL) IFO'nun hücre içi glutatyon (GSH) düzeyini azalttığını rapor etmişlerdir. Bir hücre içi tiyol indirgeyici olan GSH, alkilleyici ajanların sitotoksitesine karşı normal ve tümör hücrelerini korumada önemli bir rol oynamaktadır. Aslında GSH, toksik metabolitlere, özellikle Acr'e geri çevrilemez şekilde bağlanarak hücre içi GSH içeriğinin önemli ölçüde tükenmesine yol açmaktadır. Hem doğrudan hem de dolaylı olarak enzim aktivasyonu, DNA ve protein sentezi, oksidatif hasardan korunma, hücrel redoks potansiyelinin sürdürülmesi ve hücre döngüsü gibi birçok biyolojik fonksiyonla ilgili olduğu kanıtlanmıştır [13]. Ayrıca IFO'nun sitotoksik etki göstermesine neden olan Acr'nin p53 bağımlı ve bağımsız programlı hücre

ölümü apoptozisi aktive ettiği bildirilmiştir [17]. Zerdeçalın önemli bir bileşeni olan Kurkumin [1,7-bis(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-hepta-1,6-diene-3,5dione] anti-inflamatuar [20], antioksidan [21] ve antikanser [22] özellikleri de dâhil olmak üzere çeşitli biyolojik etkiler gösterebilen doğal bir fenoldür. Kurkumin, Hint tıbbında iltihaplanma ve ağrı gibi durumlar için bir tedavi seçeneği olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca Amerika Gıda ve ilaç yönetimi (FDA) tarafından kurkumin, genel olarak güvenilir ve zararsız olarak kabul edilen "GRAS" olarak onaylanmıştır [23]. Yakın zamanlı çalışmalarla, kurkuminin terapötik etkilerinin günde 4 ila 8 g arasındaki dozlarda olduğunu rapor edilmiştir [24]. Yapılan *in vivo* ve *in vitro* çalışmalarla, kurkuminin kanser hücrelerinde, hücre proliferasyonunun inhibisyonu, programlı hücre ölümünün (apoptozis ve otofaji) uyarılması, anjiyogenez ve tümör metaztazının inhibisyonunu sağladığı kanıtlanmıştır [25–27]. Chen ve ark. [28], A549 hücre hattında apoptotik biyobelirteçler üzerine yaptıkları çalışmada kurkumin tedavisi sonucunda doza bağlı olarak Bax' da artış gözlemlendiği devamında ise Bcl-2'de anlamlı bir azalış gözlemlenmiştir. Bu sonuçların ardından Bcl-2 seviyelerindeki azalış mitokondriyal zar potansiyelinde bozulmaya sebebiyet verirken sitokrom-c salınımindaki artış programlı hücre ölümü olan apoptozisi aktive ettiği rapor edilmiştir. Kurkuminin, tek başına veya diğer ajanlarla kombinasyon halinde; apoptotik sinyal yolağının da dahil olduğu çoklu sinyal yollarının düzenlenmesi ile anti kanser aktivitesi gösterdiği bildirilmiştir [29–31]. Kurkuminin farklı kanser hücrelerinde mitokondri membran potansiyelini azalttığı ve hücre içi ROS birikimine neden olduğu rapor edilmiştir. Normal hücreler üzerindeki sitotoksitesite, geleneksel kemoterapi ve alternatif yaklaşımlar için hala önemli bir sınırlayıcı olarak karşımıza çıkmaktadır. Kemoterapi etkinliğini artırmak için araştırmacılar antineoplastik ajanları, normal hücreler için toksik ve diğer sekonder komplikasyonlara neden olan başka bir ajan ile birlikte denemektedir. Bu bağlamda, normal hücreler için toksik etki göstermeyen doğal moleküller ajanlar ile kemoterapi ajanlarının kombine edilmesi tedavideki sınırlayıcı etmenleri aşmada önemli bir basamak olarak kullanılabileceği öngörülmektedir.

Bu çalışmamızda; ifosfamid ve kurkumin kombinasyonunun A549 akciğer kanseri hücre hattında; hücre proliferasyonu, hücre içi ROS birikimi, hücre göçü ve apoptozisin mitokondriyal yolağında görevli olan Bax ve TIGAR proteinleri üzerindeki etkisinin açıklığa kavuşturulması amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

İfosfamid, Baxter Oncology GmbH Halle (Almanya) firmasından temin edildi. Kurkumin ve 2',7'-dichlorofluorescein diacetate (DCFDA) Sigma (Almanya) firmasından satın alındı. RPMI-1640 medium, Fetal sıgır serumu (Fetal Bovine Serum; FBS), Penisilin ve Streptomisin karışımı Gibco'dan (Amerika Birleşik Devletleri, ABD) satın alındı. Western blot

çalışmalarında kullanılan TIGAR ve GAPDH, Santa Cruz Biotechnology (ABD), Bax ve Anti-rabbit antikorları Abcam (Birleşik Krallık) ve Anti-mouse antikorü İnvitrogen (ABD) firmasından temin edilmiştir. Kurkumin, 20 mM'lik stok solüsyonu hazırlanmak üzere DMSO içerisinde çözündürüldü. Ardından deneylerde kullanılacak dozlar hesaplanarak, besiyerinde çözündürülerek uygulandı. Hücreler, kontrol grubu olarak %0.1 DMSO ile muamele edildi.

2.2. Hücre Kültürü Koşulları

Küçük hücreli olmayan akciğer kanseri hücre hattı A549, ATCC'den (American type cell culturing) temin edilmiştir. A549 hücrelerinin kültüründe kullanılan besiyerinin temel içeriği RPMI 1640 bazal mediumu, %10 fetal sıgır serumu (FBS) ve %1 penisilin/streptomisin oluşturmuştur. Hücreler, steril ortamda kültüre edilmiş ve karbondioksitli inkübatörde (%5 CO₂ ve 37°C sıcaklık) çoğaltılmıştır.

2.3. Gerçek Zamanlı Hücre Proliferasyonun Değerlendirilmesi

A549 hücre hattında, kurkumin ve ifosfamid tedavilerinin hücre proliferasyonu üzerine olan etkileri xCELLigence Real-Time Cell Analyzer (ACEA, San Diego, CA, ABD) cihazı kullanılarak belirlendi. 8 kuyucuklu RTCA-E hücre kültürü plakalarına her kuyucukta 1 x 10⁴ hücre olacak şekilde hücre ekildi. Üretici firmanın geliştirdiği protokol takip edilerek hücreler 0,1,2,5,5,10,20,40 µM kurkumin ve 0,0,2,0,5,1,5,10,15 mM ifosfamid ile tedavi edildi. Program her 15 dk.'da bir verileri kaydetmek için ayarlandı ve Cell Index (CI) grafiği elde edildi.

2.4. Hücre İçi ROS Birikiminin Görüntülenmesi

A549 hücreleri, 2 x 10⁵ hücre/kuyucuk olacak şekilde 6 kuyucuklu hücre kültür kaplarına ekildi. Sonraki gün ilgili ajanlar ile tedavi edildikten sonra 24 saat süre CO₂ inkübatöründe inkübe edildi. İnkübasyon sonrasında üç kez PBS ile yıkayıp daha sonra 5 µM DCFH-DA ile 30 dakika süreyle karbondioksitli inkübatörde inkübe edildi. Daha sonra hücreler tekrar PBS ile 3 kez yıkandı ve hücrelerin görüntüleri Olympus CKX41 Ters Mikroskop (Olympus, JAPAN) 20X objektif ile kayıtlı edildi.

2.5. Protein İzolasyonu ve Western Blot

Tedavi sonrası kültür kaplarında bulunan hücreler soğuk PBS yıkandıktan sonra kazıyıcı yardımıyla kaldırılıp PBS içerisinde mikrosantrifüj tüplerine aktarıldı. Hücreler 10 dakika 6000 rpm'de santrifüjlendi ve süpernatant aspire edilerek ortamdan uzaklaştırıldı. Ardından pelet, proteaz inhibitörlerinin eklendiği soğuk RIPA liziz tamponu ile süspansiyon edilerek 45 dakika buz üzerinde inkübe edildi. İnkübasyon süresinin ardından 4°C'de 15,000 rpm'de 10 dakika santrifüj edildi. Elde edilen süpernatant başka bir tüpe aktarıldı ve Bradford metodu ile örneklerin total protein konsantrasyonları 595 nm belirlendi. Elektroferez sistemi yardımıyla (Bio-Rad Trans-Blot cell, BioRad, ABD), protein örnekleri ve

marker SDS-PAGE (%10-12) jelinde fraksiyonlarına ayrıldı. Ardından jelde ayrılan proteinler Polyvinilidenedifluoride (PVDF) membrana transfer edildi. Transfer işlemi sonrasında PVDF membran, %5 yağsız süt tozu içerisinde oda sıcaklığında bir saat inkübe edildi. Akabinde, PVDF membran ilgili primer antikor (üretici firmanın önerdiği dilüsyon oranlarında) ile gece boyunca +4°C'de çalkalayıcı üzerinde inkübasyona bırakıldı. İnkübasyonun ardından, membran 1X TBS-T ile 5dk/5 kez yıkandıktan sonra primer antikor ile uyumlu sekonder antikor (üretici firmanın önerdiği dilüsyon oranlarında) ile 60 dk süre ile oda sıcaklığında inkübe edildi. Membran ECL kemilüminesan görüntüleme kiti kullanılarak görüntüler elde edilmiştir. İlgili proteinlere ait bantların yoğunlukları Image-j programı kullanılarak dansitometrik olarak değerlendirilmiştir (Image J; National Institute of Health, Bethesda, MD).

2.6. Hücre Göçü

İfosfamid ve kurkumin kombinasyonunun A549 hücreleri göçü üzerine etkilerini araştırmak amacıyla yara iyileşmesi (wound-healing) deneyi gerçekleştirildi. Hücreler, 6 kuyucuklu hücre kültür kaplarına her bir kuyuda 25 x 10⁴ olacak şekilde ekimi gerçekleştirildi. Hücrelerin yüzeye yapışmasının ardından 200 µl'lik pipet ucu yardımı ile düz bir hat oluşturacak biçimde hücreler kazındı. Kaldırılan hücrelerin yeniden yüzeye yapışmaması için her bir kuyucuk PBS ile iki kez yıkandı. Kurkumin, ifosfamid ve kombinasyonları ile tedavi edildi. Ardından hücrelerin hareketleri izlendi ve her bir kuyucuğun 0. 24. ve 48. saatlerdeki görüntüleri kaydedildi.

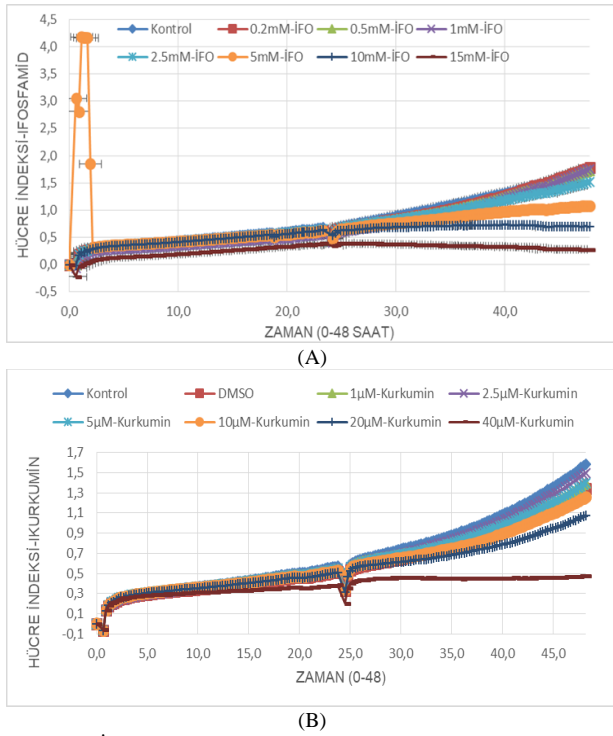
2.7. İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analiz "One-way ANOVA" metodunda çoklu karşılaştırma Post-Hoc Testlerine göre Graph Pad Prism 5.01 programı ile analiz edilmiştir. Analizlerde p <0.05 önemli olarak kabul edilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. A549 Hücre Hattında İfosfamid ve Kurkumin'in Hücre Proliferasyonu Üzerine Etkileri

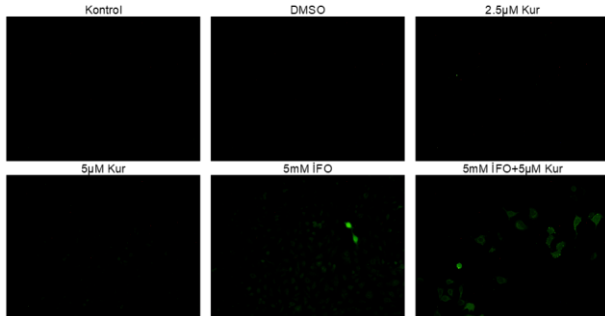
Gerçek zamanlı hücre izleme sistemi ile ifosfamid ve kurkuminin A549 hücre proliferasyonuna olan etkisi doz ve zamana bağlı olarak analiz edildi. Kurkumin (0, 1, 5, 10, 15, 20, 40 µM) ve İfosfamid (0, 1, 5, 10, 15, 20, 40 mM) ile tedavi edilen hücreler, 24 saat boyunca her 15 dk bir ölçüm alınarak analiz edildi. İfosfamid tedavisi ile hücre indeksinde doz bağımlı bir düşüş gözlemlendi. Öte yandan kurkumin uygulamasından sonra 24. Saatte hücre indeksi en yüksek doz olan 40 µM dışındaki dozlarda anlamlı değişim olmadığı belirlendi (Şekil 1. A ve B).



Şekil 1. İfosfamid (A), Kurkumine (B) maruz bırakılan A549 hücrelerinin gerçek-zamanlı hücre analizi.

3.2. İfosfamid ve Kurkumin Kombinasyonunun Hücre İçi ROS Birikimi Üzerine Etkileri

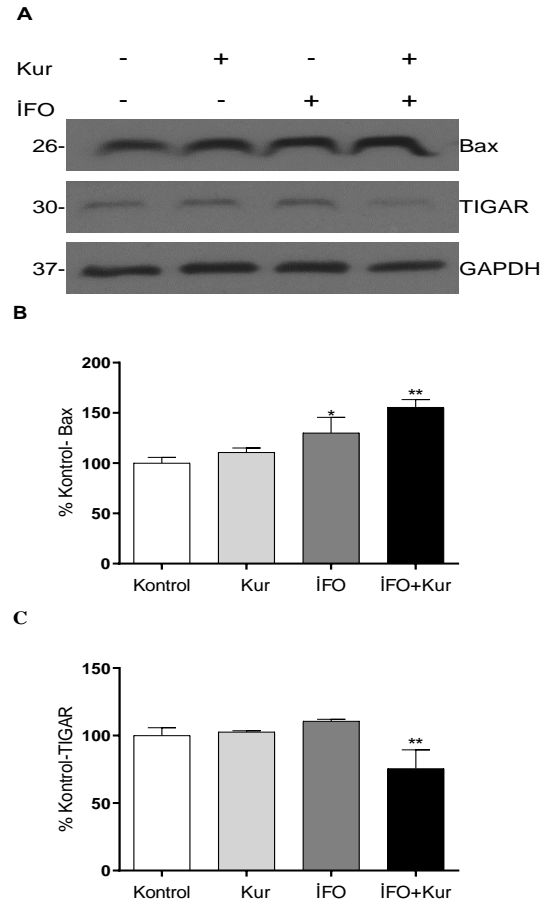
ROS, hücresel metabolik aktivite, hücre döngüsü, programlı hücre ölümü dâhil olmak üzere birçok hücresel aktivite için anahtar düzenleyici bir faktördür. İfosfamid ve kurkumin kombinasyonunun A549 hücre hattında, hücre içi ROS birikimine olan etkisini belirlemek amacıyla floresan DCFDDA probu kullanıldı. Hücreler kurkumin, ifosfamid ve Kombinasyonları ile 24 saatlik tedavi sonrasında floresan ataçmanlı invert mikroskop ile görüntülendi. Hem kurkumin hemde ifosfamid ile tedavi sonrasında floresan sinyalin kontrol grubuna oranla arttığı belirlendi. Ayrıca kombinasyon grubundaki hücrelerde oluşan floresan sinyalin tek ajan ile tedavi edilen gruplarla karşılaştırıldığında kayda değer ölçüde arttığı tespit edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Kombinasyon tedavisinin hücre içi ROS birikimine olan etkisi. Kur, IFO ve IFO/Kur kombinasyonları ile tedavi edilen hücreler DCFDA ile muamele edildikten sonra hücrelerin görüntüleri Ters Mikroskop (20x objektif) ile kayıt edildi.

3.3 İfosfamid ve Kurkumin Kombinasyonunun Pro-apoptotik ve Anti-apoptotik Proteinlerin Ekspresyon Düzeyleri Üzerine Etkisi

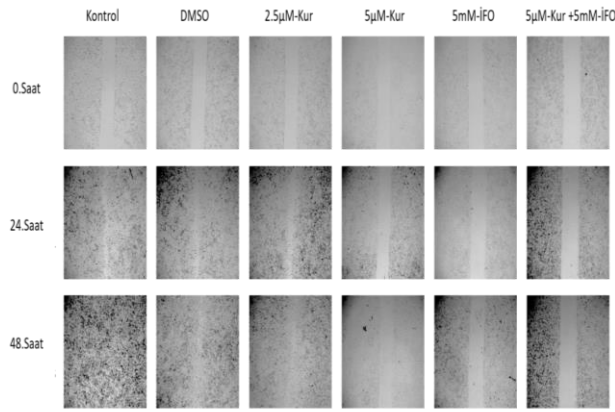
Western blot analizleri sonucunda belirlenen apoptotik proteinine ait ekspresyon düzeyleri Şekil 3'de gösterilmiştir. Pro-apoptotik Bax proteinin ekspresyonunun kontrol grubuna oranla kurkumin grubunda belirgin olarak artış olmadığı gözlemlendi. Öte yandan ifosfamid grubunda ise Bax proteini düzeyinin kontrol grubuna oranla arttığı tespit edildi. Ayrıca kombinasyon grubunda Bax proteinin en yüksek düzeyde olduğu ve istatistiksel olarak kontrol grubundan anlamlı bir şekilde farklı olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). Anti-apoptotik protein TIGAR'ın ekspresyonunun analizlerinde bant yoğunluğunun kontrol grubu ile karşılaştırıldıklarında kurkumin ve ifosfamid gruplarında kayda değer bir farklılığın olmayışı dikkat çekiciydi. Kurkumin ve ifosfamid kombinasyonu ile tedavi edilen grupta ise bu proteinin yoğunluğu kontrol ve tek ajan ile tedavi edilen gruplara göre anlamlı bir düşüş olduğu belirlendi ($p < 0,05$). Kurkumin ve ifosfamid grupları kontrol ile benzer, kombinasyon grubu ise diğer tüm gruplardan farklı idi.



Şekil 3. Kombinasyon tedavisinin Bax ve TIGAR Ekspresyonu Üzerine Etkileri. A) Western blot bantları. (Bax, TIGAR ve GAPDH proteinlerinin ekspresyon düzeyleri western blotlama ile tespit edildi.) B) Bax proteini ekspresyon düzeyleri C)TIGAR proteini ekspresyon düzeyleri. Kontrol olarak GAPDH kullanıldı. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, *P < 0.05, **P < 0.01.

3.4 İfosfamid ve Kurkumin Kombinasyonun Hücre Göçü Üzerine Etkisi

Yara iyileşmesi deneyinde A549 hücreleri ifosfamid, kurkumin ve kombinasyonları ile tedavi edildikten sonra 24 saatlik aralıklarla incelenmiş ve görüntüleri kaydedilmiştir. Düşük doz (2.5 μ M) kurkumin uygulanan hücrelerde 24. saatten itibaren kontrol grubuna benzer şekilde hücreler arası boşluğun kapandığı gözlenmiştir. 5 μ M kurkumin tedavisinde ise 48. saatte kapanmaya başladığı belirlenmiştir. İfosfamid uygulanan hücrelerde ise 0. saatte 1168 μ m olan hücreler arası mesafenin 48. saatte sonunda 1061,20 μ m'ye gerilediği belirlenmiştir. En dikkat çekici sonuç ifosfamid ve kurkumin kombinasyonunun uygulandığı hücrelerde 48. saatteki hücreler arası mesafenin (1298,40 μ m) 24. saatteki mesafeye (1312,10 μ m) çok yakın olması idi.



Şekil 4. Kombinasyon tedavisinin hücre göçü üzerine etkisi. Kur, IFO ve IFO/Kur kombinasyonunun A549 hücrelerinde, hücre göçü üzerindeki inhibitör etkisi, yara iyileştirme testi kullanılarak tespit edildi. Tedavi sonrası, hücrelerin 0. 24. ve 48. saatlerdeki görüntüleri Ters Mikroskop (20x objektif) ile kayıt edildi.

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Mevcut çalışmamızda, ifosfamid ve kurkumin'in A549 hücrelerinde, hücre proliferasyonunu inhibe ettiğini, hücre içi ROS birikimine neden olduğunu ve apoptozisi indüklediğini bulduk. Ayrıca ifosfamid ve kurkumin kombinasyonunun, A549 hücresinde hücre göçünü baskıladığını gösterdik. Bulgularımız, mekanistik olarak, ifosfamid ve kurkumin kombinasyonunun, A549 hücrelerinde TIGAR ekspresyonunu aşağı, Bax ekspresyonunu ise yukarı yönlü regüle ederek uyguladığını gösterdi. Bu sonuçlar, ifosfamid ve kurkumin kombinasyonunun akciğer kanseri tedavisi için etkili olabileceğini ortaya koymuştur.

Son zamanlarda uygulanan kemoterapötik stratejiler, tek bir ajandan daha etkin olduklarına inanılan farklı bileşiklerin kombinasyonunu kullanılması doğru dönüşmektedir. Kombinasyon tedavi stratejileri, kemoterapötik ajanların daha az kullanılmasının yanı sıra tedavi etkinliklerinin artması ve oluşan yan etkilerin azaltılmasında önemli bir faktör olabilir. İfosfamid, kanser tedavisinde yaygın olarak kullanılan ve iyi bilinen bir kemoterapötik ajandır [15]. Bununla birlikte sisplatin, paklitaksel, dosetaksel ve oksaliplatin gibi diğer kemoterapötik ajanlara benzer şekilde kanser hücrelerinde, İfosfamid'in etkinliğini sınırlayan ilaç

direnci ve/veya olumsuz yan etkiler ile karşılaşmak oldukça muhtemel bir sonuçtur. Bu durum, ifosfamid'e karşı oluşabilecek muhtemel direncini tersine çevirmek ve yan etkilerini azaltmak için farklı stratejilerin kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Fitokimyasalar, çeşitli farmakolojik aktiviteleri nedeniyle bu durumda potansiyel adaylardır. Zerdeçal rizomundan izole edilen Kurkumin'in geniş bir farmakolojik aktivite yelpazesine sahip potansiyel bir antitümör fitokimyasal olduğu bildirilmiştir [29]. Kurkumin'in farklı kanser hücrelerinde, hücre döngüsünün durdurulması ve apoptotik hücre ölümünün de dâhil olduğu farklı yollarla etkileyerek potansiyel kemoterapötik aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir [32]. Yakın zamanlı çalışmalarda, Kurkumin'in, ROS bağlı mitokondriyal sinyal yolağı aracılığında küçük hücreli dışı akciğer kanseri A549 ve NCI-H460 hücrelerinde apoptozisi indüklediği rapor edilmiştir [33], [35]. Klinik öncesi çalışmaların sonuçları, kombinasyon tedavilerinin toksisiteyi neden olmadan antikanser etkinliğini artırdığını göstermektedir [36]. Bu nedenle, mevcut çalışmamızda ifosfamid ile kombinasyon halinde kurkumin tedavisinin insan akciğer kanseri A549 hücrelerinde, ROS birikimi, apoptotik biyobelirteçler ve hücre göçü üzerine etkilerini araştırmayı amaçladık. Mitokondri, hücre içi ROS üretiminin başlıca kaynağıdır ve hücre içi ROS düzeyi, kanser süreçlerinde çok önemli roller oynamaktadır. Hücre içi ROS, yüksek düzeyde olduğunda oksidatif stresi ve hücre ölümüne yol açan apoptozisi aktive ettiği, düşük düzeyde ise anjiyogenezin aktivasyonu, tümör hücrelerinin yayılmasını ve metastazını başlattığı bildirilmiştir [37]. Son gelişmeler, kurkuminin ROS üreten, oksidatif strese neden olan ve ardından apoptozu indükleyen hücre içi bir pro-oksidan olduğunu açıkça ortaya koymuştur [27]. Hücre içi antioksidanlar arasında, GSH'nin önemli bir yeri bulunmaktadır. GSH, hücre içinde oksijeni ve diğer serbest radikal türlerini nötralize etmekte önemli bir rol oynar. Chen ve ark. [33] A549 hücreleri üzerinde yaptıkları çalışmalarında kurkumin ve NAC/GSH'ı birlikte uyguladıklarında kurkumin kaynaklı ROS oluşumu üzerinde koruyucu etki gösterdiğini rapor etmişlerdir. Aynı zamanda kullanılan bu anti-oksidanın, mitokondri membran potansiyeli kaybını azalttığını ve kurkumin ile tedavi edilen hücrelerde hücre apoptozunu önlediğini bildirmişlerdir. Issels ve ark. [20], ifosfamidin sitotoksik etkisini, hücre içi GSH düzeyini önemli ölçüde azalmasına yol açarak sağladığını göstermişlerdir. Yapılan bu çalışmalar hem ifosfamid hem de kurkuminin birlikte kullanımının hücre içi ROS birikimine neden olabileceğini düşünmemize neden olmuştur. Bu nedenle çalışmamızda, ilk olarak, iki pro-oksidan ile yapılacak kombine tedavinin hücre içi ROS birikimi üzerinde bir etkiye sahip olup olmadığını belirlemeyi amaçladık. Bulgularımız, ifosfamid ve kurkuminin birlikte tedavisinin A549 hücre hattında, hücre içi ROS birikiminde önemli bir artışa neden olduğunu göstermiştir. Hücre içi ROS birikimi, ifosfamid ve kurkuminin kombinasyonunun ROS aracılı apoptotik yolağı aktive edip-edemeyeceği sorusunu sormamıza neden olmuştur. Yakın zamanlı çalışmalar, kurkuminin, etoposide ve sisplatin gibi anti-kanser ilaçların aktivitesini apoptozu indüklemek ve hücre

proliferasyonunu inhibe etmek vasıtası ile arttırdığını göstermiştir [38], [39]. Programlanmış bir hücre ölümü olan apoptozis, mitokondri membranının bozulmasının ardından Sitokrom-C'nin sitoplazmaya geçmesi ve kaspaz 3'ün aktive edildiği içsel (intrinsik) ve FAS reseptörünün uyarılması ile başlayan dışsal (ekstrinsik) yollarından oluşmaktadır [40]. Apoptozisin regülasyonunun bozulması, tümör gelişiminde çok önemlidir ve Bcl-2 protein ailesi bu süreçte önemli rol oynamaktadırlar [41]. Bcl-2 ailesi, anti-apoptotik (Bcl-2, Bcl-xL, TIGAR) ve pro-apoptotik faktörlerden (Bax) oluşmakta ve mitokondriyal yolu etkileyerek hücrelerin apoptotik hücre ölümünü düzenlemektedirler [42]. Bcl-2 ailesini düzenleyen ana protein olan p53, akciğer kanseri hücrelerinde hem mitokondriyal hemde dışsal yolda önemli rollere sahip olduğu bilinmektedir. Sitoplazmik p53'ün, mitokondri yüzeyine transloke olduktan sonra Bcl-2 ailesi proteinlerine doğrudan bağlanarak, mitokondrinin geçirgenliğini değiştirdiği, pro ve anti-apoptotik proteinleri düzenlediği bildirilmiştir [43]. İfosfamid'in bir metaboliti olan Acr'ye maruz bırakılan akciğer kanseri hücrelerinde p53- bağımlı ve bağımsız apoptozisin indüklendiği rapor edilmiştir [18]. Öte yandan, kurkuminin ROS'a bağımlı-mitokondriyal sinyal yoluyla A549 hücrelerinde apoptozisi indüklediği bildirilmiştir [32], [38]. Bu durum, kurkuminin neden olduğu ROS indüksiyonunun ifosfamid'in sitotoksitesini ve apoptozisi artırma olasılığını ortaya çıkarmaktadır. TP53 kaynaklı glikoliz ve apoptozis düzenleyicisi olan TIGAR proteini, transkripsiyon faktörü olan p53'ün hedef geninin ürünüdür. Yapılan çalışmalarda, TIGAR'ın hücre içi NADPH'nin artırması, ROS'un hücre içi ortamdan temizlenmesi ve oksidatif stres aracılı apoptozisin inhibisyonunda görev aldığı bildirilmiştir [44], [45]. Bu çalışmada elde edilen Western Blot sonuçlarına göre, kurkumin ya da ifosfamid ile tedavi edilen hücrelerde TIGAR proteinin ekspresyonunda kayda değer bir değişimin olmadığı tespit edilmiştir. Kurkumin ve ifosfamid'in kombine olarak uygulandığı grupta ise, Bax proteinin aksine TIGAR proteinin düzeyinde dramatik bir azalma olduğu gösterilmiştir. Ayrıca kombinasyon tedavisinin pro-apoptotik Bax üzerinde güçlü bir ekspresyon artırıcı etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Hücre içi ROS birikiminin yanı sıra önemli bir ROS düzenleyici ve anti-apoptotik protein TIGAR'ın düzeyindeki anlamlı azalış, kurkumin ve ifosfamid kombinasyonunun ROS-aracılı apoptozis ile A549 hücrelerinde ifosfamid'in antineoplastik etkisini arttırdığını ortaya koymaktadır. Tümör invazyonu ve metastazı, matriksin bozulması, hücre göçü, proliferasyonu ve anjiyogenezini içeren oldukça karmaşık ve çok aşamalı bir süreçtir [46]. Chen ve ark. [47], kurkuminin akciğer kanseri hücrelerinde hücre invazyonu ve göçünü inhibe ettiğini rapor etmişlerdir. Yapılan bir başka çalışmada, kurkuminin, küçük hücreli dışı akciğer kanseri hücrelerindeki metastazı, adiponektin/NF- κ B/MMP yollarını vasıtası ile inhibe ettiğini bildirmişlerdir [48]. Bu çalışmanın temel bulgularından biride, literatürle uyumlu bir biçimde, kurkuminin A549 hücre hattının hücre göçünü inhibe etmesidir. İfosfamid'in kurkumin ile kombinasyonunun hücre göçünü tek ajan ile tedavi edilen gruplardan daha fazla inhibe etmesi dikkat çekici bir diğer bulgudur. Bu

durum, ifosfamid ve kurkuminin kombinasyonunun anti-metastaz etkilerinin, kısmen, tek ajan tedavisinden daha fazla inhibe edebileceğini göstermektedir. Bu çalışmanın bulguları, ifosfamid ve kurkumin kombinasyonu ile tedavi edilen A549 hücrelerinde ifosfamid ve kurkumin tekli olarak kullanımlarına kıyasla, hücre içi ROS birikiminin arttığını, apoptotik hücre ölümünü indüklediğini ve hücre göçünün önemli ölçüde azalttığını göstermiştir. Sonuçlar, kurkumin ilavesinin ifosfamid'in etkinliğini arttırdığını ve daha ileri in vitro çalışmalarla, insan akciğer kanserine karşı tedavi seçenekleri geliştirmek için moleküler yolların hedeflemesi gerektiğini göstermektedir. Ayrıca ifosfamid ve kurkumin kombinasyonunun in vivo çalışmalar ile sorgulanması ve anti-kanser işlevini gösterip göstermediğinin belirlenmesi gerekmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından (Proje No: 1919B012000962) desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Bray F, Ferlay J, Soerjomataram I, Siegel RL, Torre LA, Jemal A. Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin.* 2018;68(6):394-424.
- [2] Siegel RL, Miller KD, Jemal A. Cancer statistics, 2017. *CA Cancer J Clin.* 2017;67(1):7-30.
- [3] Pirker R. Chemotherapy remains a cornerstone in the treatment of nonsmall cell lung cancer. *Current opinion in oncology.* 2020;32(1):63-7.
- [4] Belani CP. Paclitaxel/carboplatin in the treatment of non-small-cell lung cancer. *ONCOLOGY-WILLISTON PARK THEN HUNTINGTON-.* 1998; 12: 74-9.
- [5] Emadi A, Jones RJ, Brodsky RA. Cyclophosphamide and cancer: golden anniversary. *Nature reviews Clinical oncology.* 2009 Nov;6(11):638.
- [6] Agca CA, Kırıcı M, Nedzvetsky VS, Gundogdu R, Tykomyrov AA. The Effect of TIGAR Knockdown on Apoptotic and Epithelial-Mesenchymal Markers Expression in Doxorubicin-Resistant Non-Small Cell Lung Cancer A549 Cell Lines. *Chemistry & Biodiversity.* 2020;17(9): 1-14.
- [7] Dilruba S, Kalayda GV. Platinum-based drugs: past, present and future. *Cancer chemotherapy and pharmacology.* 2016;77(6):1103-24.
- [8] Liu RM, Xu P, Chen Q, Feng SL, Xie Y. A multiple-targets alkaloid nuciferine overcomes paclitaxel-induced drug resistance in vitro and in vivo. *Phytomedicine.* 2020;79: 1-12.
- [9] Huang RY, Pei L, Liu Q, Chen S, Dou H, Shu G, Yuan ZX, Lin J, Peng G, Zhang W, Fu H. Isobologram analysis: a comprehensive review of methodology and current research. *Frontiers in pharmacology.* 2019 29;10: 1222.
- [10] Martín AJM, Alfonso PG, Rupérez AB, Jiménez MM. Nab-paclitaxel plus gemcitabine as first-line palliative chemotherapy in a patient with metastatic

- pancreatic cancer with Eastern Cooperative Oncology Group performance status of 2. *Oncol Lett.* 2016;12(1):727–30.
- [11] Ebara S, Kobayashi Y, Sasaki K, Araki M, Sugimoto M, Wada K, et al. A case of metastatic urachal cancer including a neuroendocrine component treated with gemcitabine, cisplatin and paclitaxel combination chemotherapy. *Acta Med Okayama.* 2016;70(3):223–7.
- [12] Wagner T. Ifosfamide clinical pharmacokinetics. *Clinical pharmacokinetics.* 1994 Jun;26(6):439–56.
- [13] Binotto G, Trentin L, Semenzato G. Ifosfamide and cyclophosphamide: effects on immunosurveillance. *Oncology.* 2003;65(2):17–20.
- [14] Aziz K, Newsheen S, Pantelias G, Iliakis G, Gorgoulis VG, Georgakilas AG. Targeting DNA damage and repair: embracing the pharmacological era for successful cancer therapy. *Pharmacology & therapeutics.* 2012 Mar;133(3):334–50.
- [15] Jacot W, Pujol JL, Chakra M, Molinier O, Bozonnet MC, Gervais R, et al. Epirubicin and ifosfamide in relapsed or refractory small cell lung cancer patients. *Lung Cancer.* 2012;75(2):213–6.
- [16] Furlanut M, Franceschi L. Pharmacology of ifosfamide. *Oncology.* 2003;65(2):2–6.
- [17] Wang HT, Chen TY, Weng CW, Yang CH, Tang M. Acrolein preferentially damages nucleolus eliciting ribosomal stress and apoptosis in human cancer cells. *Oncotarget.* 2016;7(49):80450–64.
- [18] Lee L-K, Chen P-M, Tzeng C-H, Liu J-H, Yen C-C. Ifosfamide-Induced Fanconi's Syndrome. *J Cancer Res Pract.* 2014;1(1):46–9.
- [19] Issels RD, Meier TH, Müller E, Multhoff G, Wilmanns W. Ifosfamide induced stress response in human lymphocytes. *Mol Aspects Med.* 1993;14(3):281–6.
- [20] Meng B, Li J, Cao H. Antioxidant and Antiinflammatory Activities of Curcumin on Diabetes Mellitus and its Complications. *Curr Pharm Des.* 2013;19(11):2101–13.
- [21] Trujillo J, Chirino YI, Molina-Jijón E, Andérica-Romero AC, Tapia E, Pedraza-Chaverrí J. Renoprotective effect of the antioxidant curcumin: Recent findings. *Redox biology.* 2013;1(1):448–56.
- [22] Agrawal DK, Mishra PK. Curcumin and its analogues: potential anticancer agents. *Medicinal research reviews.* 2010;30(5):818–60.
- [23] Salehi M, Movahedpour A, Tayarani A, Shabaninejad Z, Pourhanifeh MH, Mortezapour E, et al. Therapeutic potentials of curcumin in the treatment of non-small-cell lung carcinoma. *Phyther Res.* 2020;34(10):2557–76.
- [24] Hewlings S, Kalman D. Curcumin: A Review of Its Effects on Human Health. *Foods.* 2017;6(10):92.
- [25] Chen L, Zhan C-Z, Wang T, You H, Yao R. Curcumin Inhibits the Proliferation, Migration, Invasion, and Apoptosis of Diffuse Large B-Cell Lymphoma Cell Line by Regulating MiR-21/VHL Axis. *Yonsei Med J.* 2020;61(1):20.
- [26] Sak K. Radiosensitizing potential of curcumin in different cancer models. *Nutrition and cancer.* 2020;72(8):1276–89.
- [27] Zhu Y, Bu S. Curcumin induces autophagy, apoptosis, and cell cycle arrest in human pancreatic cancer cells. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine.* 2017; 4: 1–13.
- [28] Chen QY, Lu GH, Wu YQ, Zheng Y, Xu K, Wu LJ, et al. Curcumin induces mitochondria pathway mediated cell apoptosis in A549 lung adenocarcinoma cells. *Oncol Rep.* 2010;23(5):1285–92.
- [29] Devassy JG, Nwachukwu ID, Jones PJH. Curcumin and cancer: Barriers to obtaining a health claim. *Nutr Rev.* 2015;73(3):155–65.
- [30] Hu A, Huang J-J, Zhang J-F, Dai W-J, Li R-L, Lu Z-Y, et al. Curcumin induces G2/M cell cycle arrest and apoptosis of head and neck squamous cell carcinoma in vitro and in vivo through ATM/Chk2/p53-dependent pathway. *Oncotarget.* 2017;8(31):50747–60.
- [31] Guan F, Ding Y, Zhang Y, Zhou Y, Li M, Wang C. Curcumin suppresses proliferation and migration of MDA-MB-231 breast cancer cells through autophagy-dependent Akt degradation. *PLoS One.* 2016;11(1):1–18.
- [32] Tan BL, Norhaizan ME. Curcumin combination chemotherapy: The implication and efficacy in cancer. *Molecules.* 2019;24(14):1–21.
- [33] Chen Q, Wang Y, Xu K, Lu G, Ying Z, Wu L, et al. Curcumin induces apoptosis in human lung adenocarcinoma A549 cells through a reactive oxygen species-dependent mitochondrial signaling pathway. *Oncol Rep.* 2010;23(2):397–403.
- [34] Yanagawa H, Haku T, Takeuchi E, Suzuki Y, Nokihara H, Sone S. Intrapleural therapy with MDP-Lys (L18), a synthetic derivative of muramyl dipeptide, against malignant pleurisy associated with lung cancer. *Lung Cancer.* 2000;27(2):67–73.
- [35] Wu SH, Hang LW, Yang JS, Chen HY, Lin HY, Chiang JH, et al. Curcumin induces apoptosis in human non-small cell lung cancer NCI-H460 cells through ER stress and caspase cascade- and mitochondria-dependent pathways. *Anticancer Res.* 2010;30(6):2125–33.
- [36] Yue Q, Gao G, Zou G, Yu H, Zheng X. Natural products as adjunctive treatment for pancreatic cancer: recent trends and advancements. *BioMed research international.* 2017 23;4: 1–13.
- [37] Aggarwal V, Tuli HS, Varol A, Thakral F, Yerer MB, Sak K, et al. Role of reactive oxygen species in cancer progression: molecular mechanisms and recent advancements. *Biomolecules.* 2019;9(11):735.
- [38] Chanvorachote P, Pongrakhananon V, Wannachaiyasit S, Luanpitpong S, Rojanasakul Y, Nimmannit U. Curcumin sensitizes lung cancer cells to cisplatin-induced apoptosis through superoxide anion-mediated Bcl-2 degradation. *Cancer Invest.* 2009;27(6):624–35.
- [39] Papiież MA, Krzyściak W, Szade K, Bukowska-Straková K, Kozakowska M, Hajduk K, et al. Curcumin enhances the cytogenotoxic effect of etoposide in leukemia cells through induction of reactive oxygen species. *Drug Des Devel Ther.* 2016; 10: 557–70.

- [40] Jayakiran M. Apoptosis-Biochemistry: A Mini Review. *J Clin Exp Pathol.* 2015;05(01):1–4.
- [41] Tiwari P, Khan MJ. Molecular and computational studies on apoptotic pathway regulator, Bcl-2 gene from breast cancer cell line MCF-7. *Indian J Pharm Sci.* 2016;78(1):87–93.
- [42] Nakazawa M, Matsubara H, Matsushita Y, Watanabe M, Vo N, Yoshida H, et al. The human Bcl-2 family member Bcl-rambo localizes to mitochondria and induces apoptosis and morphological aberrations in drosophila. *PLoS One.* 2016; 11(6) 1-23.
- [43] Liu G, Pei F, Yang F, Li L, Amin AD, Liu S, et al. Role of autophagy and apoptosis in non-small-cell lung cancer. *International journal of molecular sciences.* 2017;18(2):367.
- [44] Bensaad K, Cheung EC, Vousden KH. Modulation of intracellular ROS levels by TIGAR controls autophagy. *EMBO J.* 2009;28(19):3015–26.
- [45] Bensaad K, Tsuruta A, Selak MA, Vidal MNC, Nakano K, Bartrons R, et al. TIGAR, a p53-Inducible Regulator of Glycolysis and Apoptosis. *Cell.* 2006;126(1):107–20.
- [46] Wan Mohd Tajuddin WNB, Lajis NH, Abas F, Othman I, Naidu R. Mechanistic Understanding of Curcumin's Therapeutic Effects in Lung Cancer. *Nutrients.* 2019;11(12):2989.
- [47] Chen Q yong, Zheng Y, Jiao D min, Chen F yuan, Hu H zhen, Wu Y quan, et al. Curcumin inhibits lung cancer cell migration and invasion through Rac1-dependent signaling pathway. *J Nutr Biochem.* 2014;25(2):177–85.
- [48] Tsai JR, Liu PL, Chen YH, Chou SH, Cheng YJ, Hwang JJ, et al. Curcumin inhibits non-Small cell lung cancer cells metastasis through the adiponectin/nf- κ b/mmps signaling pathway. *PLoS One.* 2015 Dec 1;10(12).



Propolisin Koronavirüslere Karşı Potansiyel Etkileri

Enes KAYA¹, Ebubekir İZOL¹, Metin GÜRÇAY^{2*}, Halil ŞİMŞEK³

¹ Bingöl Üniversitesi, Arı ve Doğal Ürünler Ar-Ge ve Ür-Ge Uygulama ve Araştırma Merkezi, Bingöl, Türkiye

² Bingöl Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Klinik Öncesi Bilimler Bölümü, Bingöl, Türkiye

³ Bingöl Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Bingöl, Türkiye

Enes KAYA ORCID No : 0000-0003-3973-168X

Ebubekir İZOL ORCID No: 0000-0003-0788-4999

Metin GÜRÇAY ORCID No : 0000-0001-9160-7454

Halil ŞİMŞEK ORCID No : 0000-0002-9637-1265

*Sorumlu yazar: mgurcay@bingol.edu.tr

(Alınış: 06.01.2021, Kabul: 12.10.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Anahtar Kelimeler
Koronavirüs,
propolis,
İmmüno
modülasyon.

Öz: İnsanlık tarihi boyunca birçok hastalık virüs kaynaklı olarak meydana gelmektedir. Araştırmacılar virüslere karşı aşı çalışması yapmakta ve koruyucu materyal olarak bu aşılarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Virüs, dinamiği gereği farklı tür konaklarda zaman zaman mutasyona uğramaları sonucu yeni varyantlar ortaya çıkmaktadır. Bu varyantlar enfekte ettiği bireyin hazırlıksız olan bağışıklık sistemini atlatarak insan hayatını tehdit eder duruma gelebilmektedir. Neyse ki bu virüslere karşı, vücudumuzda kendini yenileyebilme özelliği olan ve kusursuz çalışan bir immün sistem vardır ki sadece bilinenle sınırlı kalmayan, yeni oluşan varyant virüsün genetik yapısına karşı da bağışıklık üretebilmektedir. Viral enfeksiyonlara karşı savunmada, antivirallerin sınırlı etkileri, aşı üretiminin enfekte olanlara sağlanmasının zaman alması, bağışıklık sistemini güçlendirici uygulamaları ön plana çıkartmaktadır. Bu bağlamda bağışıklık sistemimiz, propolis gibi doğal, fonksiyonel ürünler ile desteklenir ve uyarılırsa virüslere karşı daha etkili bir savaş verebilecektir. Propolis, Dünyayı saran SARS CoV-2 salgınına karşı immün sistemde yaptığı modülasyonlarla, PAK-1 bloker etkisi, erken ve daha yüksek bağışıklığın uyarılması, antikor titrelerinin yükseltilmesi, bağışıklık koruma süresinin uzatılması gibi immünmodülatör etkilere sahip olması ile virüslerle mücadelede dikkat çekici bir ürün olduğunu göstermektedir. Bu noktadan hareketle bu derleme makalesinde bağışıklık sistemini harekete geçiren ve bağışıklık sisteminin çalışmasını kolaylaştıran bir arı ürünü olarak bilinen propolisin kullanımında koronavirüslere karşı etkilerinin neler olabileceğini tartıştık.

Potential Effects of Propolis Against Coronaviruses

Keywords
Coronavirus,
Propolis,
Immuno
modulation.

Abstract: Throughout human history, many diseases are caused by viruses. Researchers are working on vaccines against viruses and these vaccines are widely used as protective material. Due to virus dynamics, new variants emerge as a result of mutations in different types of hosts from time to time. These variants can threaten human life by bypassing the unprepared immune system of the infected individual. Fortunately, our body has an immune system that can renew itself and works flawlessly against these viruses. The newly formed variant, which is not limited to the known, can also generate immunity against the genetic structure of the virus. In defense against viral infections, the limited effects of antivirals, the time-consuming need for vaccine production to be provided to the infected, and applications that strengthen the immune system come to the fore. In this context, if our immune system is supported and stimulated with natural, functional products such as propolis, it will be able to fight viruses more effectively. Propolis shows that it is a remarkable product in the fight against viruses with its modulations in the immune system against the SARS CoV-2 epidemic that swept the world, its PAK-1 blocker effect, early and higher immunity stimulation, increased antibody titers, and immunomodulatory effects such as prolonging the duration of immune protection. From this point of view, in this review article, we discussed the effects of propolis, known as a bee product that activates the immune system and facilitates the functioning of the immune system, against coronaviruses.

1. GİRİŞ

Öne Çıkanlar

- Bu derleme, Koronavirüsler (CoV'lar), Propolis ve özellikleri, Propolis'in immünomodülasyon ve etkileri, SARS CoV-2 ve propolis'in PAK-1 bloker etkisi, koronavirüs ve yeni tip koronavirüs (SARS-CoV-2) enfeksiyonlarına karşı vücut savunma sisteminin etkilerini açıklamaktadır.
- Propolisin antiviral özelliğinin yanında immün sistemde meydana getirdiği modülasyonlar ve propolisin koronavirüs ve SARS-CoV-2 enfeksiyonlarında enfeksiyonun prognozu yönündeki etkilerini yorumlamaktadır.

2. KORONAVİRÜSLER

Koronavirüslerden, yeni tip koronavirüs, (Severe Acute Respiratory Syndrome-2, SARS-CoV-2) salgını dünya çapında insan sağlığını ciddi tehdit etmiştir [1]. Coronaviridae ailesi (CoV), memelileri ve kuşları enfekte eden, esas olarak solunum ve gastrointestinal hastalıklara neden olan zarflı RNA virüsleri ailesidir [2]. Birçok hayvan türüne bulaşarak akut ve kronik hastalıklara neden olması yanında, tür atlayarak insanlarda da enfeksiyonlara neden olmakta ve insandan insana bulaşma özelliği ile insanlar arasında hızlı bulaşarak pandemilere neden olmaktadır. Koronavirüs enfeksiyonları, tipik olarak hem hayvanlarda hem de insanlarda solunum ve enterik belirtilerle ortaya çıkar. İnsanlarda, 21. yüzyılın başında Severe Acute Respiratory Syndrome-1 (SARS-CoV-1) ve Middle East Respiratory Syndrome Coronavirus (MERS-CoV), ortaya çıkan insandan insana bulaşan ve patojenik koronavirüs virüslerdir [3].

Çin'de 2002 ve 2003'te ortaya çıkan SARS-CoV-1 salgını insanlar için nispeten iyi huylu olarak kabul edildi [4]. On yıl sonra, Ortadoğu ülkelerinde pnömoni belirtisi ile hastanelere başvuran hastalardan klinik olarak SARS-CoV-1'i anımsatan bir başka patojenik koronavirüs olan MERS-CoV izole edildi [5]. SARS-CoV-1 ve MERS-CoV için hastalık belirtisi oldukça benzer olsa da, MERS-CoV 'in vaka ölüm oranı SARS-CoV-1 'den çok daha yüksek olduğu belirlendi [6]. Her iki virüs için rezervuar yarasalardı. Çünkü filogenetik çalışmalarda genetik benzerlik taşıyan SARS-CoV-1 ve MERS-CoV' lar yarasalardan da izole edilmişti [3].

2.1. Koronavirüslere kısa bir bakış

Virüs taksonomisinde, insan koronavirüs 229E (alfa koronavirüs), insan koronavirüs OC43 (betakoronavirüs, soy A), SARS-CoV-1 (betakoronavirüs, soy B), insan koronavirüs NL63 (alfakoronavirüs), insan koronavirüs HKU1 (betakoronavirüs, soy A), MERS-CoV (betakoronavirüs, soy C) olmak üzere altı koronavirüs türünün insanlarda hastalığa neden olduğu bilinmekteydi [7]. Ancak, aralık 2019'da Çin'in Wuhan kentinde, pnömonisi olan bir grup hastadan sağlanan ve solunum yolu epitellerinin materyal olarak kullanıldığı numunelerden yeni bir betakoronavirüs izole edildi. Daha sonra virüsün dizin analizi yapıldı. Bu virolojik

çalışmalar sonucunda SARS CoV-2 adlı yeni bir koronavirüs saptandı. Bu virüs SARS-CoV-1 ve MERS-CoV'dan farklı olarak, insanları enfekte eden koronavirüs ailesinin yedinci üyesi olarak virüs taksonomisine girdi [8]. Bu virüsün insandan insana bulaşı, ağız, göz ve burnun mukozasının direkt temas veya indirekt teması yoluyla gerçekleşmekte olduğu belirlendi [9]. Hastalanan insanlarda, ateş (% 83), kuru öksürük (% 82), nefes darlığı (% 31), kas ağrısı (%11), bilinç bulanıklığı (% 9), baş ağrısı (% 8), boğaz ağrısı (% 5), burun akıntısı (% 4), göğüs ağrısı (% 2), ishal (% 2), bulantı-kusma (% 1), zaman zaman şiddetli zatürre, akut solunum sıkıntısı sendromu (ARDS) ve çoklu organ yetmezliklerine kadar değişen belirtilerin ortaya çıktığı belirlendi [10,11].

3. PROPOLİS

Propolis, arıların iğne yapraklı ağaçlardan, bitkilerin tomurcuk, yaprak gövde ve salgılarından topladığı maddeleri başlarında bulunan salgı bezlerinden salgıladıkları enzimlerle işleyerek ürettiği reçine benzeri bir üründür.

Bal arıları propolisi kovan girişini davetsiz misafirlerden korumak ve kovanda istenmeyen mikroorganizmaların üremelerini önlemek amacıyla kullanır. Propolis, polifenoller (flavonoidler, fenolik asit ve esterleri), terpenoidler, steroidler, aromatik asit ve esterleri, alfatik asit ve esterleri, alkoller, aldehitler, kalkanlar, ketonlar, hidrokarbonlar, B1, B2, C ve E vitaminleri, mineraller (kalsiyum, magnezyum, potasyum, sodyum, demir, çinko ve bakır) ve aminoasitler gibi sağlığı destekleyen 150 biyoaktif bileşen de dahil olmak üzere 300'den fazla bileşik içerir. Bu sayede antibakteriyel, antifungal, antiviral, antiprotozoan ve anti inflamatuvar gibi çok farklı biyolojik ve farmakolojik özellikler göstermektedir. Propolis sahip olduğu bu biyolojik ve iyileştirici özellikleri nedeniyle, doğal bir ilaç olarak, antik zamanlardan bu yana yaygın olarak kullanılmıştır [12-14].

3.1. Propolis ve antiviral özelliği

Propolis, doğal olarak su geçirmez bir reçine olarak kovan yapımında önemli bir role sahiptir. Atisertik koruyuculuk özelliği ile maya, küf, bakteri ve virüslere karşı etki eder, aynı zamanda antioksidan özelliği de bulunmaktadır [15,16]. Arılar, kovanlarda iç duvarları düzeltmek, peteklerindeki delikleri kapatmak ve kovanın içinde ölen ve koloni sağlığını tehdit eden davetsiz misafirlerin karkaslarını kaldırmak ve kokuşmasını önlemek için propolisi kullanırlar. Antiseptik etkinliği ve antimikrobiyal özellikleri nedeniyle koloniyi hastalıklardan korur ve hijyenik bir ortam oluşmasını sağlar [17,18]. Antiseptik özelliği ile Propolis ve ekstraktları virüsidal etki gösterir. Doğal olarak kuş gribi virüsü, koronavirüs, rift valley fever virüsü, reovirüs, newcastle virüsü, çocuk felci virüsü, rotavirüs, herpesvirüs, bursal hastalığı virüsü, vaccinia virüsü ve influenza virüsleri A ve B' e karşı antiviral aktivite gösterir [19-22]. Antiviral etkisi, virüsün konak hücreye girişini kısmen bloke etmesi, hücrelerde viral replikasyon aşamalarından virüs nükleik asidinin

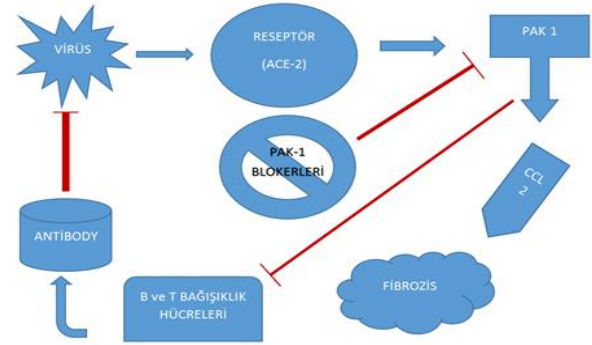
sentezinin bozması ve virüsün hücrelerden salınması aşamalarını etkileyerek virüs çoğalmasını önleyerek antiviral etki oluşturmaktadır [23]. Bu etkinin varlığının bilimsel olarak ispatlanması amacı ile, Amoros ve arkadaşları, propolisin herpes simpleks tip 1 (asiklovire dirençli bir mutant), herpes simpleks tip 2, adenovirüs tip 2, veziküler stomatit virüsü ve poliovirüs tip 2 dahil olmak üzere birçok DNA ve RNA virüsü üzerindeki in vitro laboratuvar çalışmalarında araştırdılar. Bu deneylerde, laboratuvar şartlarında virüsleri çoğaltmak için yaptıkları hücre kültüründe virüslerin replikasyon aşamalarında propolisin replikasyonunun ve saçılımının azaldığını ispat ettiler. Bu deneylerde 30 µg / ml konsantrasyonda propolis katılan grupta, herpes virüslerin hücre kültüründe üremeleri sırasında propolis katılmayan gruba göre virüs titresini 10-3 DKID50 azalttığını saptadılar. Bu çalışmanın veziküler stomatit virüsü ve adenovirüsün ile tekrar yapılması sonucunda bu virüslerin herpesvirüsler gibi virüslere göre daha az duyarlı olduğunu belirlediler [24]. Doğal propolis, HIV-1 virüs enfeksiyonunda virüsün enfekte ettiği konak hücreler olan CD4 lenfositleri ve mikroglial hücreleri üzerindeki anti-HIV-1 aktivitesi araştırmak için normal medikal tedaviye ilave olarak kullanıldı. Bu kullanımlarda Propolis, konsantrasyona bağlı bir şekilde virüs replikasyonunda, viral genlerin protein sentezine dönüştürülmesi aşamasında etki gösterdiği görüldü. Bu etkisinin varlığı çeşitli coğrafi bölgelerden sağlanan propolis numunelerinde saptandı [13].

Ferulik asit (FA), Propolis'in yapısında tanımlanmış ve izole edilmiş bir bileşiktir. Bu bileşimin domuz böbrek (PK-15) hücre kültürlerinde, Porcine Parvovirüs (PPV) üretilmesinde virüsün Bid, Bad, Bim ve Bak genlerinin protein sentezine dönüştürülmesinde, mitokondriyal membran potansiyelini bozduğu, mitokondri aracılı, kaspaza bağımlı apoptik sinyal ve indüklenmiş apoptozu teşvik ettiği tespit edilmiştir. Doğal Propolis bileşiminde bulunan FA'nın bu apoptosis etkisi nedeni ile de Porcine Parvovirüs enfeksiyonlarında antiviral olarak kullanıldığı bilinmektedir [25].

3.2. SARS CoV-2 ve propolis'in PAK-1 bloker etkisi

PAK1 (RAC/CDC42-aktive kinaz 1), anormal aktivasyonu kanserler de dahil olmak üzere çok çeşitli hastalıklara/bozukluklara neden olan başlıca "patojenik" kinazdır. Solunum yolu hastalıklarına neden olan virüsler konakçıların nazofaringeal, orofaringeal veya trakeal mukoza yoluyla enfeksiyona neden olurlar. Günümüzde yaşanan SARS CoV-2 pandemisinde insanların bu enfeksiyona karşı tedavisi için spesifik bir antiviral ilaç henüz bulunamamıştır. Bu nedenle, mukozalara viral yapışmayı azaltabilen veya önleyebilen ve mukoza zarlarından virüs azalmasını sağlayan, patojenik enzim aktivitesini bloke eden ve böylece virüs dozunu, aktivitesini azaltabilen ve / veya bağışıklık tepkisini arttırabilen yöntemleri belirlemek SARS CoV-2 salgını yönetiminde ön plana çıkmıştır. Bu nedenle, propolisin orofaringeal girişte potansiyel SARS CoV-2 inhibitörleri olarak işlev görebilecek düşük maliyetli bir tedavi seçeneğini oluşturacağı öngörülmektedir [26]. Propolis bileşenleri duyarlı hücreler üzerinde bulunan

ACE2, TMPRSS2 ve PAK1 hücre reseptörlerine bağlanma etkisini azaltarak enfeksiyon oluşumu üzerinde engelleyici etkilere sahip olduğunu in vitro ve in vivo ortamlarda kanıtlanmıştır [27,28]. SARS CoV-2 hastaları tedavisi için umut verici bir farmakolojik yaklaşım da, p21 ile aktive edilen kinazlar (PAK'ler) gibi downstream efektörlerini hedeflemektir. PAK1 (RAC / CDC42 ile aktive edilen kinaz 1), anormal aktivasyonu, grip, HIV ve SARS CoV-2 virüs enfeksiyonlarında, yangıyı arttırmakta ve hastaların ağır hastalık tablosu ile karşılaşmasına neden olmaktadır. Bu enzimlerin aktivitesinin azaltılması üzerine etkileri nedeni ile Propolis bileşenleri kullanılmaktadır. [28]. Brezilya yeşil propolisindeki başlıca anti-kanser bileşeni artepilin C (ARC) iken Tayvan'dan subtropikal propolislerden elde edilen doğrudan PAK1'i inhibe eden Nymphaeols adı verilen polifenollerdir [29,30]. Bunlardan başka propolis bileşenleri içinden PAK1-blokerleri arasında bulunan kafeik asit (CA) ve esteri (kafeik asit fenetil ester = CAPE), doğrudan PAK1'i aktive eden RAC'yi (insan hücrelerinde bulunan bir sinyal proteini) inhibe ettiğini gösterilen ilk doğal bileşenlerdendir. RAC'ye bağlı-PAK down regülasyon testinde, kafeik asit RAC1 aktivitesini açıkça inhibe ettiği gösterilmiştir [31]. Propolisin en önemli bileşenlerinden biri olan kafeik asit fenetil ester (CAPE), RAC'yi down- regüle etme özelliği göstermesi şu nedenle önemlidir ki (PAK1) blokerinin aktivasyonu RAC / CDC42 ile gerçekleşir [28]. Bu verilerin ışığında, farklı bölgelerden toplanan tüm propolis çeşitleri için ortak olan, istisnasız PAK1-blokerleri içermesidir [32]. Bu etkiler nedeni ile CAPE'nin akciğerlerde koronavirüs kaynaklı fibrozu durdurmak veya inhibe etmek için bir ajan olarak yararlı olabileceği fikrini vermektedir [28].



Şekil 1: Viral enfeksiyona karşı PAK-1 blokerlerinin ikili hamlesi [28].

3.3. Koronavirüse karşı propolis

Reçineden ekstrakte edilen flavonoidlerin (kaempferol, akasetin, quercetin, galangin ve chrysine) değişken dozlarda sitotoksik olduğu bilinmektedir [33]. SARS araştırmacıları, C vitamini ile birlikte quercetin etkili bir aminopeptidaz inhibitörü olduğunu tespit etmişlerdir. Propolis'te bulunan bir flavonol olan quercetin'e özellikle dikkat çekilmektedir [34]. Quercetin ve türevleri in vitro ortamda, SARS CoV-1 ve MERS-CoV ana proteaz aktivitesini inhibe etmiştir. Ayrıca hücresel katlanmamış protein tepkisini (UPR) modüle etmiştir. Koronavirüslerin replikasyonlarında proteazların ve UPR'nin etkisinin önemi fazladır. Quercetin'in bu proteaz aktivitesini inhibe etmesi ve UPR'nin etkisinin modüle edilmesi yoluyla anti-koronavirüs etkilerine

sahip olduğu anlaşılmıştır [33]. Debiaggi ve arkadaşları viral plak indirgeme tekniğini kullanarak hücre kültüründe virüs çoğalmasının miktarını tespit ettikleri çalışmada, doğal propolisten elde edilen bazı bileşenlerin koronavirüs dahil olmak üzere çeşitli DNA ve RNA virüsleri üzerindeki etkilerini araştırdılar. Akasetin ve galangin bileşenlerinin çalışılan virüslerin üzerine herhangi bir enfektivitesi ve replikasyonu üzerine hiçbir etkiye sahip olmadığını, buna karşın krizin ve kaempferolun replikasyonları inhibe etme konusunda oldukça aktif olduğunu gördüler [35]. Yu ve ark. SARS-CoV-1 enfeksiyonunda virüsün replikasyonunu inhibe eden, propolisin de yapısında bulunabilen myricetin 3,7,4',5'-tetramethyl ether, Scutellarein (Sc) ve flavonoidlerinde içinde bulunduğu 64 bileşen üzerine yaptıkları çalışmada, myricetin ve scutellareinin, SARS-CoV helikaz proteini in vitro olarak ATPaz aktivitesini etkileyerek inhibe ettiği ve SARS-CoV kimyasal inhibitörleri olarak işlev görebileceğini göstermişlerdir. Bu çalışma ile ilk kez propolisin de yapısında bulunabilen, myricetin 3,7,4',5'-tetramethyl ether ve Scutellarein (Sc) SARS-CoV kimyasal inhibitörleri olarak işlev görebileceğini göstermektedir [36,37]. SARS-CoV-1'in 3CL gen parçasının inhibitörleri üzerine yaptıkları çalışmada, flavon (apigenin, luteolin ve quercetin) bileşenleri çalışılmış ve çalışma sonucunda, Türk propolisinde de var olan apigenin, luteolin, ve quercetin, SARS-CoV-1 üzerine sırasıyla 3CL (pro) aktivitesini inhibe ettiği tespit edilmiştir. Biflavon 3CL (pro) inhibitör aktivitesi üzerinde bir etkiye sahip olduğundan, flavonların C-3 'pozisyonunda bir apigenin parçasının varlığı ile daha güçlü aktivitenin ilişkili olduğu görülmüştür [39,40].

3.4. Propolis'in immünmodülasyonu

Tüm propolis çeşitleri antimikrobiyal, anti-neoplastik, anti-enflamatuar, antioksidan, hepatoprotektif, kariostatik ve immünoestimülator aktiviteye sahiptir ve spesifik olmayan bağışıklığı modüle etme özelliği vardır. Brezilya yeşil propolisinin uygulanmasının yaşlı farelerde doğuştan gelen ve adaptif bağışıklık üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu gösterilmiştir [15,41]. Propolis ve bazı bileşenleri (sinnamik ve p- koumarik asitler), makrofajlar tarafından salgılanan TNF- α ve interlökin (IL)-1 β üretimini uyarır [42,43]. Bir propolis bileşenleri olan sinnamik asit ve L-lizin kompleksinin konak savunma mekanizmaları üzerindeki etkisi araştırıldı. Klebsiella pneumoniae ile aşılardan önce arka arkaya 3 gün boyunca farelere sinnamik asit lizin kompleksinin, (CN • Ly) intraperitoneal (ip) uygulanmasından sonra koruyucu bir etki gözlenmiştir. CN • Ly'nin etkisi, timik ve dalak lenfositlerinin proliferasyonunu ve mitojen kaynaklı proliferasyonun artırılması ve interlökin-1 (IL-1) ve interlökin-2'nin (IL-2) salınması ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Bu deneylerin tamamında, karşılaştırma için propolis kompleksi içindeki lizin içeriğine eşdeğer bir konsantrasyonda lizin çözeltisi kullanıldı. Sonuçlar,

serbest lizinin baskın olarak T-lenfositleri üzerinde mitojen etki yaparak, T-lenfositleri miktarını artırdı. [44]. Brezilya'da toplanan propolisin immünoomodulator etkisi Leishmania (Viannia) braziliensis deneysel enfeksiyonunda değerlendirildi. Bu çalışmadan elde edilen veriler, propolis ile inkübe edilmeyen gruba göre, propolis ile inkübe edilen makrofajların, Leishmania (Viannia) braziliensis üzerine daha fazla fagosite özelliği kazandırdığı sonuçları elde edildi. Ayrıca propolis ile önmuamele görmüş farelerde TNF- α üretiminde artış gözlenmiş, enfeksiyon sırasında IL-12 regüle edilmiştir [45]. Propolisin immünoomodulator etkisi sadece makrofajlar üzerine etkisi ile sınırlı kalmamış, bir çok çalışmada lenfosit proliferasyonu üzerinde de bir etkisi olduğu ortaya konulmuştur [44,46]. Sá-Nunes ve ark. Brezilya yeşil propolisinin splenosit proliferasyonu üzerine inhibe edici etkileri, flavonoidlere atfedilen etki ve dalak hücreleri tarafından interferon- (IFN-) γ üretimi üzerindeki artırıcı etkileri gösterdiğini gözlemlemişlerdir [47]. Bağışıklıkta önemli role sahip olan, insan dendritik hücreleri Dendritic cells (DCs) olgunlaşma sürecinde etkisi olan, NF-kB, miRNA ekspresyonu, yüzey reseptör ekspresyonu ve sitokin üretimi gibi transkripsiyon faktörlerinin aktivasyonunu artırmaktadır. Propolis, insan dendritik hücrelerini aktive ederek NF-kB sinyal yolunu ve TNF- α , IL-6 ve IL-10 üretimini indükler. Öte yandan propolis, çeşitli TLR ligandları, TNF- α ve IFN α 'ya yanıt olarak DC aktivasyonu ve olgunlaşmasının genel bir özelliği olan miR-155 ekspresyonunu artırır. Propolis, LPS varlığında NF - kB sinyal yolunu ve TNF- α , IL - 6 ve IL - 10 üretimini indükleyerek insan DCs'lerini aktive ettiği saptandı. Ayrıca, hsa-miR-148a ve hsa-miR-148b'nin inhibisyonu, HLA-DR ve pro-enflamatuar sitokinler üzerindeki önleyici etkileri ortadan kaldırdı. Bütün bu veriler gösterdi ki propolis, bağışıklık tepkisinin ilk adımı olan DCs'lerin olgunlaşması ve işlevini modüle ederek kısa süre içerisinde konağın enfeksiyona karşı tepki vermesini sağlar [14].

Propolis gibi doğal maddeler, immünoomodulator etkileri nedeniyle farklı hastalıkların tedavisinde alternatif adjuvan tedaviler olarak kabul edilir [38,47,48]. Propolisin antikor sentezini modüle etme yeteneği, adjuvan aktivitesinin bir parçasıdır, çünkü son zamanlarda propolisin doğuştan gelen bağışıklık tepkisinin farklı hücreleri üzerinde güçlü bir etkiye sahip olduğu gösterilmiştir [49,50]. İnaktif aşılarda bağışıklık seviyesini artırmada kullanılan adjuvan olarak propolis değerlendirilmesi çalışılmış ve propolisin bir aşı adjuvanı olarak kullanılması durumunda, aşılardan insanlarda antikor titrelerinin yükseldiği, bağışıklık koruma süresinin uzatıldığı belirlendi [51,52]. Deneysel olarak sıçanlara propolis adjuvanı içeren aşılarda uygulanması ile, sıçanlarda uygulanan aşılara karşı oluşan antikor üretimini arttırdığı saptandı [49,50]. Adjuvan olarak aşı içerisine katılmadan, Wei-Hua Chu tarafından

yapılan bir deneysel çalışmada aşılınmış balıklara sonradan propolis verilmesi, lökosit aktivitesini ve antikor titresini uyardığı ve enfeksiyonlarla mücadelede mücadeleyi takiben balıkların hayatta kalma oranını arttırdığı gösterilmiştir [53]. Yapılan çalışmalarda propolisin elde edildiği mevsim ve coğrafi kökeninden bağımsız olarak antikor üretimini uyardığı sonucuna varılmıştır [54]. Propolisin aktif bir bileşeni olan kafeik asit fenetil esterinin (CAPE), CAPE'nin in vivo immünomodülatör aktivite üzerindeki etkisi araştırılmış ve bağışıklıkta önemli rol oynayan periferik blood CD4+T-lymphocyte hücreleri, sitokin, IL-2, IL-4 ve IFN- γ seviyeleri kontrol gruba göre CAPE'ye maruz kalan grupta önemli ölçüde artmıştır [55,56]. CAPE ve propolis'in allerjik bozuklukların tedavisinde yararlı olabileceğini önermek de mümkündür. CAPE, astım ve allerjik rinit gibi allerjik hava yolu hastalığının patogenezi ile ilgili CAPE'nin, lipopolisakkaritler (LPS) ile uyarılmış olgun sağlıklı insan IL-12 p40, IL-12 p70, IL-10 protein ekspresyonunu önemli ölçüde inhibe ettiği görülmüştür. Bu inhibisyona bağlı olarak allerjik reaksiyonları azalttığı tespit edilmiştir [48]. Propolis, IFN- γ üreten CD4+ T lenfosit hücrelerinin frekansını Th1-polarizasyon koşulları altında doza bağlı bir şekilde azalttığı ve propolisin Th1 farklılaşması üzerindeki inhibitör etkisi in vivo olarak da gösterilmiştir [57]. (Tablo 1)

3.5. SARS CoV-2 hastaları propolisi ne oranda kullanmalı

Bağışıklık sistemi dengesizlikleri insanlarda çeşitli hastalıklara yol açmaktadır. Bu bağlamda proinflatuar sitokin sentezi, bağışıklık hücresi regülasyonu ve gen ekspresyonuna müdahale ederek bağışıklıkta önemli bir rol oynayabilir [66]. Spesifik beslenme sağlayan veya birden fazla fonksiyonel bileşeni hedefleyen olarak tanımlanan fonksiyonel gıdalar Proinflatuar sitokin sentezi için bir önleyici ilaç biçimi olarak kabul edilmektedir [67]. Propolisin kullanımı toplandığı bölgeye göre değişiklik gösterebilmesini de hesaba katarak genel kullanımda propolis için günlük 10-20 damlaya kadar tavsiye edilmesinin yanında bilimsel bir araştırmada fonksiyonel gıdalardan birisi olan propolisin kullanımı ile ilgili şu dozlar çalışılmıştır:

SARS CoV-2 hastalarında kullanımı ise 21 Temmuz 2020 tarihinde D'Or Araştırma ve Eğitim Enstitüsü araştırmacıları, Sao Rafael Hastanesinde SARS CoV-2'dan etkilenen hastalarda Brezilya Yeşil Propolis Ekstraktının (EPP-AF) kullanımı ile ilgili hastalar 3 gruba bölündü. Kontrol grubuna SARS CoV-2'a karşı standart bakım; standart tedavi, gerektiğinde, tamamlayıcı oksijen (invaziv olmayan ve invaziv), antibiyotikler veya antiviraller, kortikosteroidler, vazopresör desteği, renal replasman tedavisi ve ekstrakorporeal membran oksijenlenmesini (ECMO) içerecek şekilde uygulandı. İkinci gruba standart tedaviye ek olarak oral veya nazal tüp yoluyla uygulanan yeşil propolis özütü EPP-AF 400mg / gün dozunda verildi. Üçüncü gruba ise standart tedaviye ek

olarak oral veya nazal tüp yoluyla yeşil propolis özütü EPP-AF 800mg / gün dozunda verildi [68,69].

3.6. SARS CoV-2 hastalarının tedavisinde propolis kullanırken oluşabilecek yan etkiler

Çok sayıda rapora göre, propolis toksik değildir ve güvenlidir. Fakat propolis bileşiminde 26'dan fazla allerjenik madde belirlenmiştir. En sık olarak, allerjik reaksiyon, kavak tomurcuklarından elde edilen kafeik asit ve sinamik asit esterlerinden kaynaklanır. Aşırı duyarlı insanlarda, kontakt allerjik reaksiyona neden olmaktadır. Bu esterlerin diğer materyallerde bulunması nedeniyle, çapraz allerjik reaksiyon meydana gelebilmektedir [15, 70].

4. SONUÇLAR

İçeriğinde 600'den fazla doğal bileşen tanımlanan propolisin içerik zenginliği adeta onu bir şifa kaynağı yapmaktadır. Propolis, Dünyayı saran SARS CoV-2 salgınına karşı immün sistemde yaptığı modülasyonlarla, PAK-1 bloker etkisi, erken ve daha yüksek bağışıklığın uyarılması, antikor titrelerinin yükseltilmesi, bağışıklık koruma süresinin uzatılması gibi immünomodülatör etkilere sahip olması ile virüslerle mücadelede dikkat çekici bir ürün olduğunu göstermektedir. Ayrıca antiviral aktivitesi in vitro ve in vivo olabildiği, yöresel ve bölgesel olarak toplanıp bitki florasına bağlı olarak propolisin özelliklerinin de değişeceği göz önünde bulundurularak detaylı araştırılması, laboratuvar ve klinik çalışmalarda canlıların sağlığını tehdit eden virüslerin olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak için propolis etkilerinin belirlenmesinin yanında, SARS CoV-2 ile enfekte hastalarda ve diğer koronavirüs enfekte canlılarda etkisinin araştırılması ve üzerinde durulması gereken doğal, fonksiyonel bir ürün olduğu sonucuna varılmaktadır.

Kısaltmalar

CAPE: Kafeik Asit Fenetil Ester; DC'ler: Dendritik Hücreler; IFN-y: İnterferon-y; IL: İnterlökin; LPS: Lipopolisakkaritler; MAPK: Mitojenle Aktifleştirilen Protein Kinaz; NF- κ B: Nükleer Faktör- κ B; Th1,2: B Lenfositleri Aktive Edildiğinde Farklılaşan T Lenfosit Hücre Çeşitleri HLA-DR: Kromozom 6 Bölgesi 6p21.31 Üzerinde İnsan Lökosit Antijen Kompleksi Tarafından Kodlanan Bir MHC Sınıf II Hücre Yüzey Reseptörü; İntraperitoneal enjeksiyon veya bir IP enjeksiyon: Bir Maddenin Karın Zarı (Vücut Boşluğuna) Enjeksiyonu; NFAT: T-Hücrelerinin Nükleer Faktörü; CN • Ly: Sinamik Asit Lizin Kompleksi; EPP-AF: Brezilya Yeşil Propolis Ekstraktı; TLR: Toll Benzeri Reseptörler; ACE2: Anjiyotensin dönüştürücü enzim 2; MoDC: İnsan Monosit Türevi Dendritik Hücre; TMPRSS2: Transmembran Proteaz Serin 2; PAK 1: İnsanlarda PAK1 Geni Tarafından Kodlanan Bir Enzim; Severe Acute Respiratory Syndrome-1 (SARS-CoV-1) ve Middle East Respiratory Syndrome Coronavirus (MERS-CoV).

Tablo 1: Propolis ve kimyasal bileşenlerinin immünomodülatör aktivitesi [66]

Menşei	Propolis tipi/bitki kaynağı	Ekstrakt / izole edilmiş bileşik (ler) in tipi	Türler / Hücreler	Etki	Ref.
Brezilya	Yeşil propolis / <i>B.dracunculifolia</i>	Propolis	Erkek BALB / c fareleri	Reseptör-2 ve reseptör-4 ekspresyonunun up regülasyonu ve interlökin-1 ve interlökin-6 üretiminde artışlar	[47]
			Erkek C57BL / 6 fare, B16F10 hücre hattı	İnterlökin-2 ve interlökin-10 ve Th1 sitokin (interlökin-2 ve IFN- γ) üretiminin ekspresyonu ve üretiminin uyarılması	[58]
			Erkek BALB / c fareleri	Th1 hücrelerinin oluşumunun inhibisyonu; Th1-polarizasyon koşulları altında IFN- γ üreten CD4+ T hücrelerinin frekansının azaltılması	[57]
			Erkek BALB / c fareleri	Periton makrofajlarında H ₂ O ₂ jenerasyonu artışı ve NO jenerasyonu azalması	[58]
			Erkek BALB / c fareleri	Makrofajlar ile <i>Leishmania (Viannia) braziliensis</i> 'in parazitlerinin içselleştirilmesi ve öldürülmesinde artış ; TNF- α üretiminde artış ve interlökin-12 üretiminde azalma	[45]
			İnsan kanından monositler	İnsan monositlerinde TLR-4 ve CD80 ekspresyonu ile TNF- α ve IL-10 üretimi	[59]
			Melanom hücreleri (B16F10); erkek C57BL / 6 fare	LPS-stresli farelerde IL- 1 β ve IL-6'nın azaltılması ; kronik strese maruz kalmış ya da edilmemiş melanom taşıyan farelerde IL-1 β ve IL-6 ve Th1 sitokinlerinin uyarılması	[60]
Brezilya'da n Satın Alındı: Acros Organics	Yeşil propolis / <i>B. dracunculifolia</i>	Sinamik ve kumarik asitler	Erkek BALB / c fareleri	İnterlökin-1 β üretiminin uyarılması ve interlökin-6 ve interlökin-10 yapımlarının inhibisyonu	[42]
Brezilya'da n Satın Alındı: Acros Organics	Avrupa, Brezilya, Rusya, Akdeniz ve Avustralya tipi propolisin karakteristiği	Kafeik asit	İnsan kanından monositler	<i>C. albicans</i> 'a karşı monosit aktivitesinin uyarılması ; TLR-2 ve HLA-DR ekspresyonunun downregülasyonu ve sitokin üretiminin inhibisyonu	[61]
Brezilya'da n Satın Alındı: Acros Organics	Avrupa, Brezilya, Rusya, Akdeniz ve Avustralya tipi propolislerin özellikleri	Sinamik asit	İnsan kanından monositler	Downregulation of toll-like receptor-2 , insan antijeni sunan hücrelerden HLA-DR moleküllerinin ve CD80'in downregülasyonu; reseptör-4 Toll benzeri, TNF-a inhibisyonu upregülasyonu, α ve interlökin-10 üretimi	[62]
Satın alındı: Sigma Aldrich Co.		Sinamik asit	Dişi IRC fareleri	Lenfosit proliferasyonunun artması ve sitokinlerin interlökin-1 ve interlökin-2'nin salınması	[44]
Brezilya	Yeşil propolis / <i>Baccharis dracunculifolia</i>	Hidroalkolik (HPE) çözümü	Erkek BALB / c fareleri	H ₂ O ₂ jenerasyonunda artış ve NO jenerasyonunda azalma	[63]
			Erkek BALB / c fareleri	Dalak hücreleri çoğalması ve dalak hücreleri tarafından IFN- γ üretiminin artması	[46]
Endonezya	Pasifik bölgesi propolis / <i>Macaranga tanarius</i> ve <i>M. indica</i>	HPE	Erkek BALB / c fareleri	IgG üretimi ve makrofaj fagositoz aktivitesi ve kapasitesinin artması	[64]
Türkiye	Akdeniz propolis / <i>Populus türleri</i> , <i>Okalipütis türleri</i> ve <i>Castanea sativa</i>	Propolis	Sağlıklı insanlardan alınan periferik kan mononükleer hücreleri	Neopterin salınımı ve triptofan yıkımının baskılanması, indoleamin 2,3-dioksijenazın (IDO) enziminin aşağı regülasyonu ve IFN- γ ve TNF- α seviyelerinin azalması	[65]
Satın alındı: Sigma Aldrich Co.	Avrupa tipi propolisin karakteristiği	CAPE	Periferik monositlerden üretilen insan monosit türevi dendritik hücreler (MoDC'ler)	IL-12 p40, IL-12 p70, IL-10, IFN- γ - indüklenebilir protein- (IP-)10 seviyelerinin inhibisyonu ; I κ B α fosforilasyonunun inhibisyonu ve NF- κ B aktivasyonu	[48]
			Dişi BALB / c fareleri	IgM antikor üretimi, T lenfosit proliferasyonu, interlökin-4 ve splenositler ile interlökin-2 üretimi ve IFN- γ üretimi artışı	[55]
			İnsan periferik kan mononükleer hücreleri, jurkat hücreleri	Transkripsiyon faktörlerinin NF- κ B ve NFAT'ın inhibisyonu; interlökin-2 gen transkripsiyonunun, interlökin-2 reseptör ekspresyonunun inhibisyonu ve insan T hücrelerinin proliferasyonu	[56]

KAYNAKLAR

- [1] Li C, Zhao C, Bao J et al. Laboratory diagnosis of coronavirus disease-2019 (COVID-19). *Clin. Chim. Acta.* 2020;510:35–46.
- [2] Masters PS. Coronavirus genomic RNA packaging. *Virology* 2019;537:198–207.
- [3] Cui J, Li F, Shi ZL. Origin and evolution of pathogenic coronaviruses. *Nat. Rev. Microbiol.* 2019;17(3):181–192.
- [4] Zhong NS, Zheng BJ, Li YM et al. Epidemiology and cause of severe acute respiratory syndrome (SARS) in Guangdong, People's Republic of China, in February, 2003. *Lancet* 2003;362(9393):1353–1358.
- [5] Zaki AM, Van Boheemen S, Bestebroer TM et al. Isolation of a novel coronavirus from a man with pneumonia in Saudi Arabia. *N. Engl. J. Med.* 2012;367(19):1814–1820.
- [6] De Wit E, Van Doremalen N, Falzarano D, Munster VJ. SARS and MERS: Recent insights into emerging coronaviruses. *Nat. Rev. Microbiol.* 2016;14(8):523–534.
- [7] Su S, Wong G, Shi W et al. Epidemiology, Genetic Recombination, and Pathogenesis of Coronaviruses. *Trends Microbiol.* 2016;24(6):490–502.
- [8] Zhu N, Zhang D, Wang W et al. A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019. *N. Engl. J. Med.* 2020;382(8):727–733.
- [9] Docea AO, Tsatsakis A, Albulescu D et al. A new threat from an old enemy: Re-emergence of coronavirus (Review). *Int. J. Mol. Med.* 2020;45(6):1631–1643.
- [10] Madabhavi I, Sarkar M, Kadakol N. CoviD-19: A review. *Monaldi Arch. Chest Dis.* 2020;90(2):248–258.
- [11] Chen N, Zhou M, Dong X et al. Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. *Lancet.* 2020;395(10223):507–513.
- [12] Huleihel M, Ishano V. Effect of propolis extract on malignant cell transformation by Moloney murine sarcoma virus. *Arch. Virol.* 2001;146(8):1517–1526.
- [13] Gekker G, Hu S, Spivak M et al. Anti-HIV-1 activity of propolis in CD4+ lymphocyte and microglial cell cultures. *J. Ethnopharmacol* 2005;102(2):158–163.
- [14] Sforcin JM. Biological Properties and Therapeutic Applications of Propolis. *Phyther. Res.* 2016;30(6):894–905.
- [15] Kurek-Górecka A, Górecki M, Rzepecka-Stojko A et al. Bee Products in Dermatology and Skin Care. *Molecules* 2020;25(3):556.
- [16] Pascoal A, Feás X, Dias T et al. The Role of Honey and Propolis in the Treatment of Infected Wounds. *Microbiol. Surg. Infect. Diagnosis, Progn. Treat., Elsevier Inc.* 2014:221–234.
- [17] Toret VC, Sato HH, Pastore GM, Park YK. Recent progress of propolis for its biological and chemical compositions and its botanical origin. Evidence-based Complement. *Altern. Med.* 2013;2013:13.
- [18] Salatino A, Teixeira EW, Negri G, Message D. Origin and chemical variation of Brazilian propolis. Evidence-based Complement. *Altern. Med.* 2005;2(1):33–38.
- [19] Maksimova-Todorova V, Manolova N, Gegova G et al. Antiviral action of fractions isolated from propolis. *Acta Microbiol. Bulg.* 1985;17:79–85.
- [20] J Starzyk, S Scheller, J Szaflarski, M Moskwa AS. Biological Properties and Clinical Application of Propolis. II. Studies on the Antiprotozoan Activity of Ethanol Extract of Propolis. *Arzneimittelforschung* 1977;27(6):1198–9.
- [21] Fokt H, Pereira a, Ferreira a M et al. How do bees prevent hive infections? The antimicrobial properties of propolis. *Appl. Microbiol.* 2010:481–493.
- [22] Henry K. The Propolis Book 2012; (January):1–15.
- [23] Búfalo MC, Figueiredo AS, De Sousa JPB et al. Anti-poliovirus activity of *Baccharis dracunculifolia* and propolis by cell viability determination and real-time PCR. *J. Appl. Microbiol.* 2009;107(5):1669–1680.
- [24] Amoros M, Sauvager F, Girre L, Cormier M. In vitro antiviral activity of propolis. *Apidologie* 1992;23(3):231–240.
- [25] Ma X, Guo Z, Zhang Z et al. Ferulic acid isolated from propolis inhibits porcine parvovirus replication potentially through Bid-mediate apoptosis. *Int. Immunopharmacol.* 2020;83:106379.
- [26] Bachevski D, Damevska K, Simeonovski V, Dimova M. Back to the basics: Propolis and COVID-19. *Dermatol. Ther.* 2020; 33(4):3–5.
- [27] Hoffmann M, Kleine-Weber H, Schroeder S et al. SARS-CoV-2 Cell Entry Depends on ACE2 and TMPRSS2 and Is Blocked by a Clinically Proven Protease Inhibitor. *Cell* 2020;181(2):271–280.e8.
- [28] Maruta H, He H. PAK1-blockers: Potential Therapeutics against COVID-19. *Med. Drug Discov.* 2020;6:100039.
- [29] Nguyen BCQ, Yoshimura K, Kumazawa S et al. Frondoside A from sea cucumber and nymphaeols from Okinawa propolis: Natural anti-cancer agents that selectively inhibit PAK1 in vitro. *Drug Discov. Ther.* 2017;11(2):110–114.
- [30] Taira N, Nguyen BCQ, Be Tu PT, Tawata S. Effect of Okinawa Propolis on PAK1 Activity, *Caenorhabditis elegans* Longevity, Melanogenesis, and Growth of Cancer Cells. *J. Agric. Food Chem.* 2016;64(27):5484–5489.
- [31] Xu JW, Ikeda K, Kobayakawa A et al. Downregulation of Rac1 activation by caffeic acid in aortic smooth muscle cells. *Life Sci.* 2005;76(24):2861–2872.
- [32] Maruta H. Herbal therapeutics that block the oncogenic kinase PAK1: A practical approach towards PAK1-dependent diseases and longevity. *Phyther. Res.* 2014;28(5):656–672.
- [33] González-Búrquez MDJ, González-Díaz FR, García-Tovar CG et al. Comparison between in Vitro Antiviral Effect of Mexican Propolis and Three Commercial Flavonoids against Canine

- Distemper Virus. Evidence-based Complement. Altern. Med. 2018;7092416.
- [34] Syed S, Saleem A. Severe Acute Respiratory Syndrome Epidemiology and Control. Lab. Med. 2004; 35(2):112–116.
- [35] Debiaggi M, Tateo F, Pagani L et al. Effects of propolis flavonoids on virus infectivity and replication. Microbiologica 1990; 13(3):207–213.
- [36] Yu MS, Lee J, Lee JM et al. Identification of myricetin and scutellarein as novel chemical inhibitors of the SARS coronavirus helicase, nsP13. Bioorganic Med. Chem. Lett. 2012;22(12):4049–4054.
- [37] Kumova U, Korkmaz A, Avcı BC, Ceyran G. Önemli bir arı ürünü : Propolis Derleme (Review). Uludag Bee J. 2002; (May):10–23.
- [38] Lin Y, Ren N, Li S et al. Novel anti-obesity effect of scutellarein and potential underlying mechanism of actions. Biomed. Pharmacother. 2019;117:109042.
- [39] Ryu YB, Jeong HJ, Kim JH et al. Biflavonoids from *Torreya nucifera* displaying SARS-CoV 3CLpro inhibition. Bioorganic Med. Chem. 2010; 18(22):7940–7947.
- [40] Altun SK. Phenolic Characterization of Some Propolis Samples of Anatolia. 2020; 9(2):97–104.
- [41] Gao W, Wu J, Wei J et al. Brazilian green propolis improves immune function in aged mice. J. Clin. Biochem. Nutr. 2014; 55(1):7–10.
- [42] Bachiega TF, Orsatti CL, Pagliarone AC, Sforcin JM. The effects of propolis and its isolated compounds on cytokine production by murine macrophages. Phyther. Res. 2012;26(9):1308–1313.
- [43] Conti BJ, Santiago KB, Cardoso EO et al. Propolis modulates miRNAs involved in TLR-4 pathway, NF- κ B activation, cytokine production and in the bactericidal activity of human dendritic cells. J. Pharm. Pharmacol. 2016;68(12):1604–1612.
- [44] Ivanovska N, Neychev H, Stefanova Z et al. Influence of cinnamic acid on lymphocyte proliferation, cytokine release and *Klebsiella* infection in mice. Apidologie 1995; 26(2):73–81.
- [45] Da Silva SS, Thomé GDS, Cataneo AHD et al. Brazilian propolis antileishmanial and immunomodulatory effects. Evidence-based Complement. Altern. Med. 2013.
- [46] Sá-Nunes A, Faccioli LH, Sforcin JM. Propolis: Lymphocyte proliferation and IFN- γ production. J. Ethnopharmacol. 2003;87(1):93–97.
- [47] Orsatti CL, Missima F, Pagliarone AC et al. Propolis immunomodulatory action in vivo on Toll-like receptors 2 and 4 expression and on pro-inflammatory cytokines production in mice. Phyther. Res. 2010;24(8):1141–1146.
- [48] Wang LC, Lin YL, Liang YC et al. The effect of caffeic acid phenethyl ester on the functions of human monocyte-derived dendritic cells. BMC Immunol. 2009;10:39.
- [49] Murad JM, Calvi SA, Soares AMVC et al. Effects of propolis from Brazil and Bulgaria on fungicidal activity of macrophages against *Paracoccidioides brasiliensis*. J. Ethnopharmacol. 2002;79(3):331–334.
- [50] Sforcin JM, Kaneno R, Funari SRC. Absence of seasonal effect on the immunomodulatory action of Brazilian propolis on natural killer activity. J. Venom. Anim. Toxins 2002;8(1):19–29.
- [51] Fischer G, Conceição FR, Leite FPL et al. Immunomodulation produced by a green propolis extract on humoral and cellular responses of mice immunized with SuHV-1. Vaccine 2007;25(7):1250–1256.
- [52] Shen Z, Medicine YY. Propolis, a new adjuvant. Chinese J. Prev. Vet. Med. 1989; 5:55–57.
- [53] Chu WH. Adjuvant effect of propolis on immunisation by inactivated *Aeromonas hydrophila* in carp (*Carassius auratus gibelio*). Fish Shellfish Immunol. 2006;21(1):113–117.
- [54] Sforcin JM, Orsi RO, Bankova V. Effect of propolis, some isolated compounds and its source plant on antibody production. J. Ethnopharmacol. 2005;98(3):301–305.
- [55] Park JH, Lee JK, Kim HS et al. Immunomodulatory effect of caffeic acid phenethyl ester in Balb/c mice. Int. Immunopharmacol. 2004; 4(3):429–436.
- [56] Márquez N, Sancho R, Macho A et al. Caffeic Acid Phenethyl Ester Inhibits T-Cell Activation by Targeting Both Nuclear Factor of Activated T-Cells and NF- κ B Transcription Factors. J. Pharmacol. Exp. Ther. 2004; 308(3):993–1001.
- [57] Okamoto Y, Hara T, Ebato T et al. Brazilian propolis ameliorates trinitrobenzene sulfonic acid-induced colitis in mice by inhibiting Th1 differentiation. Int. Immunopharmacol. 2013;16(2):178–183.
- [58] Missima F, Sforcin JM. Green Brazilian propolis action on macrophages and lymphoid organs of chronically stressed mice. Evidence-based Complement. Altern. Med. 2008; 5(1):71–75.
- [59] Búfalo MC, Bordon-Graciani AP, Conti BJ et al. The immunomodulatory effect of propolis on receptors expression, cytokine production and fungicidal activity of human monocytes. J. Pharm. Pharmacol. 2014;66(10):1497–1504.
- [60] Sforcin J. The effect of propolis on pro-inflammatory cytokines produced by melanoma-bearing mice submitted to chronic stress. J. ApiProduct ApiMedical Sci. 2009; 1(1):11–15.
- [61] Búfalo MC, Sforcin JM. The modulatory effects of caffeic acid on human monocytes and its involvement in propolis action. J. Pharm. Pharmacol. 2015;67(5):740–745.
- [62] Conti BJ, Búfalo MC, Golim MDA et al. Cinnamic acid is partially involved in propolis immunomodulatory action on human monocytes. Evidence-based Complement. Altern. Med. 2013;2013:1–8.
- [63] Orsi RO, Funari SRC, Soares AMVC et al. Immunomodulatory action of propolis on macrophage activation. J. Venom. Anim. Toxins 2000; 6(2):205–219.
- [64] Syamsudin, Dewi RM. Immunomodulatory and In vivo Antiplasmodial Activities of Propolis Extracts Research and Development Center for Pharmacy

- and Biomedicine , Jakarta , Jl Percetakan Negara , Jakarta , Indonesia Department of Pathology , Faculty of Medicine , University of I. Am. J. Pharmacol. Toxicol. 2009;4(3):75–79.
- [65] Girgin G, Baydar T, Ledochowski M et al. Immunomodulatory effects of Turkish propolis: Changes in neopterin release and tryptophan degradation. *Immunobiology* 2009;214(2):129–134.
- [66] Ding S, Jiang H, Fang J. Review Article Regulation of Immune Function by Polyphenols. *J. Immunol. Res.* 2018.
- [67] del Cornò M, Scazzocchio B, Masella R, Gessani S. Regulation of Dendritic Cell Function by Dietary Polyphenols. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2016;56(5):737–747.
- [68] Propolis: Uses, Side Effects, Interactions, Dosage, and Warning, Available from: <https://www.webmd.com/vitamins/ai/ingredientmono-390/propolis>.
- [69] The Use of Brazilian Green Propolis Extract (EPP-AF) in Patients Affected by COVID-19. - Full Text View - [ClinicalTrials.gov](https://clinicaltrials.gov/ct2/show/study/NCT04480593#moreinfo), Available from: <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/study/NCT04480593#moreinfo>.
- [70] Pobiega K, Kraśniewska K, Gniewosz M. Application of propolis in antimicrobial and antioxidative protection of food quality – A review. *Trends Food Sci. Technol.* 2019; 83:53–62.



Kimyasal Gübre Tüketiminde Değişim İhtiyacı: Şanlıurfa İli Potasyumlu Gübre Tüketim Örneği

Mustafa KAPLAN^{1*}, Gafur GÖZÜKARA²

¹ Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Antalya, Türkiye

² Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Eskişehir, Türkiye

Mustafa KAPLAN ORCID No: 0000-0002-8879-6271

Gafur GÖZÜKARA ORCID No: 0000-0003-0940-5218

*Sorumlu yazar: mkaplan@akdeniz.edu.tr

(Alınış: 09.10.2020, Kabul: 13.12.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Anahtar Kelimeler
 Kimyasal gübre,
 Potasyum,
 Şanlıurfa

Öz: Zengin Anadolu ve Mezopotamya kültürünün kesişme noktasında yer alan Şanlıurfa büyük tarımsal arazi varlığı ve yüksek oranda sulanabilirlik potansiyeli nedeniyle, tarımcıların öncelikle ve sürekli çalışma konusu yapılmalıdır. Kimyasal gübre tüketimini il düzeyinde değerlendiren çalışmalar sınırlı olması yanında, özellikle besin dengelerini ele alarak, yetersizlikleri tartışan çalışmalar bulunmamaktadır. Şanlıurfa'nın potasyumlu kimyasal gübre tüketim dengelerinin Türkiye ortalamasının çok uzağında olduğu tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada son 5 yıllık plan döneminde (2013-2017) Türkiye için N/K₂O dengesi 13,8 olarak hesaplanırken, bu değer aynı dönemde Şanlıurfa'da 192 olduğu hesaplanmıştır. P₂O₅/K₂O dengesinin de Türkiye için 5,6 iken, Şanlıurfa için 72 olarak hesaplanmıştır. Bu oranları dikkate aldığımızda ilimizdeki potasyum tüketiminin Türkiye ortalamalarına çok altında olduğu açıktır. Şanlıurfa kimyasal gübre tüketimi içerisinde potasyumun payının artmaya devam edeceğini öngörmek gerekir. Ancak bu eğilimin hızı önemlidir. Geciken değişimlerin ekonomik maliyetleri kaçınılmazdır. Şanlıurfa ilinin N/K₂O ve P₂O₅/K₂O dengelerinin daha kısa bir sürede Türkiye ortalamasına yaklaşması gereklidir. Başta gübre pazarlayan firmalar, üniversiteler, ilgili kamu kuruluşları bu gerçeğin önemini fark ederek ve kavrayarak inisiyatif almalıdır. Bu gerçeği fark ederek çalışmalarını yönlendiren ticari işletmelerin ekonomik avantajlar elde etmeleri mümkün olacaktır. Ancak bu amaçla bir yandan potasyumlu gübre ve gübreleme ile ilgili araştırmalar artırılırken, aynı zamanda potasyumlu gübre ve gübreleme ile ilgili çiftçi eğitim programlarının geliştirilmesi gerekir.

312

The Need for Change in Chemical Fertilizer Consumption: An Example of Potassium Fertilizer Consumption in Şanlıurfa Province

Keywords
 Chemical fertilizer,
 Potassium,
 Şanlıurfa

Abstract: Şanlıurfa, which is located at the intersection point of rich Anatolian and Mesopotamian culture, should be primarily and continuously working subject of agriculturalists due to the large agricultural land and high irrigation potential. Studies evaluating the consumption of chemical fertilizers at the provincial level are very limited, and there are no studies that discuss deficiencies, especially regarding nutritional balances. Turkey's average balance of potassium chemical fertilizer consumption has been found to be very far than Şanlıurfa. Studies in the last five-year plan period (2013-2017) to Turkey N/K₂O balance was calculated as 13,8, while this value has been calculated that in the same period was 192 in Şanlıurfa. The balance of P₂O₅/K₂O was calculated as 5,6 for Turkey, while the balance was calculated as 72 for Şanlıurfa. When we consider the consumption of potassium in our province it is clear that these rates are far below the average of Turkey. It is necessary to foresee that the share of potassium in the consumption of chemical fertilizers in Şanlıurfa will continue to increase. However, the speed of this trend is important. The economic costs of delayed changes are inevitable. The average balance of N/K₂O and P₂O₅/K₂O of Şanlıurfa is necessary closer to Turkey in a shorter period. Especially companies that market fertilizers, universities and related public institutions should take the initiative by realizing and understanding the importance of this fact. It will be possible for commercial enterprises that direct their work by realizing this fact to gain economic advantages. However, for this purpose, while research on potassium fertilizers and fertilizers should be increased, it is also necessary to develop farmer training programs on potassium fertilizers and fertilization.

1. GİRİŞ

Potasyum bitkilerde yaşamsal öneme sahip metabolik, fizyolojik ve biyokimyasal işlevlere sahiptir. Bu işlevler nedeniyle özellikle ürün kalitesi üzerine etkisi olmak üzere, bitki verim ve üretici karlılığı belirleyen önemli faktörlerden birisidir.

Potasyumun bitki yetiştiriciliğindeki etkileri değerlendirilirken çok daha fazla detaydan bahsedilebilir. Ancak bir özetleme yapmak yeterlidir. Enzim aktivitesine, fotosenteze, bitki besin elementlerinin ve fotosentez ürünlerinin taşınmalarına yardım eder, protein kapsamını artırır, turgoru düzenler, bitkilerde su yitmesini ve solmayı önler. Ayrıca, potasyum bitkilerde kök gelişmesini ve büyümesini olumlu şekilde etkilerken bitkilerde yatmayı önler, soğuğa dayanıklılığı artırır, erkencilik sağlar, azotun etkinliğini artırır, hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılığını olumlu şekilde etkiler [1, 2, 3, 4, 5]. Bu etkinlikleri sonucunda, potasyum ürün miktarı ve kalitesi üzerine olumlu ve önemli etki yapar [6, 7, 8, 9, 10]. Potasyum protein kapsamını artırmak suretiyle [11] gıda ve yem bitkilerinin besin değerlerini yükseltir [12], meralarda yem bitkilerinin daha kaliteli olmalarına yardım eder. Mısır [13] ve diğer dane bitkilerinde danelerin dolgun olmalarını, homojen şekilde erken olgunlaşmalarını sağlar. Çeşitli meyvelerin renk, büyüklük, tat ve aromalarına olumlu etki yaparken [14] depolanmaları sırasındaki ağırlık kaybının az olmasını, pazarlama oranının artmasını ve pazarlanacak yerlere taşınmaları sırasındaki kaybı en aza indirmek suretiyle kaliteyi artırır [15, 16].

Şanlıurfa ili geniş bir tarımsal potansiyele sahiptir. İlin toplam tarım alanı Türkiye tarım alanının %4,2'sini, GAP bölgesi tarım alanının ise %36,4'ünü oluşturmaktadır. Birinci sınıf arazi varlığı oranı bakımından Türkiye'de Adana ilinden sonra ikinci sırada yer almaktadır. İl su ve toprak potansiyeli olarak Türkiye geneline göre özellikle toprak kaynakları bakımından oldukça zengin sayılabilecek bir yöreyi temsil etmektedir. Şanlıurfa'da 1.217.168 hektarlık tarım arazisi potansiyeli içinde DSİ tarafından etüt edilen sulamaya elverişli arazi miktarı 1.011.675 hektar ve bunun da ekonomik olarak sulanabilir miktarı yeraltı sulamaları dahil 834.900 hektar civarındadır. Şanlıurfa GSYİH'si içinde tarım sektörü en yüksek orana sahiptir [17]. Zengin Anadolu kültürü ile Mezopotamya kültürünün kesişme noktasında bulunduğundan yüksek bir kültürel birikime sahip olan Şanlıurfa, tarımsal üretim için yapılacak her katkı özel ve önemli etkilere yol açabilecektir.

Değişim doğanın değişmeyen kanunudur. Giderek hızlanan değişimleri gecikmeden doğru algılamak ve yönetmek hemen her karar vericinin görevi ve amacı olmalıdır. Tarımdaki temel değişimlerin de zamanında algılanması ve yaratacağı sonuçların yönetilmesi ile ilgili değerlendirmeler yapmak, akademik dünyanın önemli görevlerinden birisidir. Ancak ülkemiz akademik alanının, bu türden çalışmalara yeterli zaman ayırmadığını söyleyebiliriz. Bu sonuca yol açan en temel

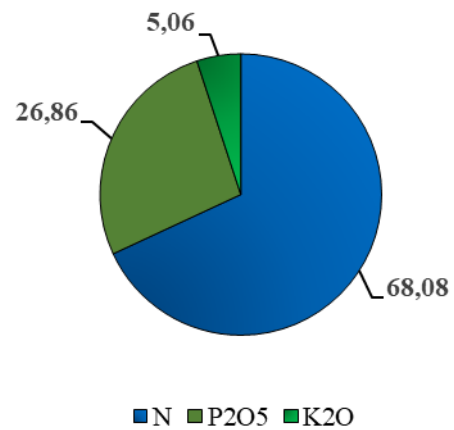
faktörün, akademik yükseltme ve değerlendirme süreçlerinde bu türden çalışmalara biçilen değer düşüklüğü olduğunu ifade etmek mümkündür. Ayrıca sağlıklı toplanmış ham veri yetersizliği ve bunların akademik dünyaya sağlanması konusundaki ciddi sıkıntılar en çok yaşanan problemler arasındadır. Bu alandaki çalışma azlığı ve rekabet yetersizliği, çalışmaların kalitesini de olumsuz etkilemekte ve ilgili sektörlerin olması gereken talebinin de zayıflığına yol açmaktadır. Kısır döngü şeklinde devam eden bu durum için çözümlerinden birisi; imkanlar oranında katkı sunmaktır. Kimyasal gübre tüketimini il düzeyinde değerlendiren çalışmalar çok sınırlı olması yanında, özellikle besin dengelerini ele alarak, yetersizlikleri tartışan çalışmalar bulunmamaktadır. Bir ilk olma özelliği taşıyan bu makale, bu yönde atılmış bir örnek, model çalışma olarak değerlendirilmelidir. Makaleyle, Şanlıurfa ili kimyasal gübre tüketimi içindeki potasyumun oranını, il tarımında sulanan alan artışı çerçevesinde değerlendirerek ilgililere önerilerde bulunmak ve bu alanda yapılacak yeni araştırmaları teşvik etmek amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Gübrenin tüketim verileri, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü, Bitki Besleme ve Tarımsal Teknolojiler Daire Başkanlığı'ndan elde edilerek ilgili hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler literatürde yer alan konu ile ilgili makalelerde görüşler marifetiyle yorumlanmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

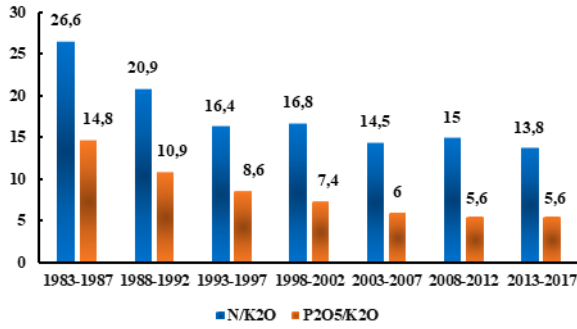
Türkiye gübre tüketimi içerisinde potasyumlu gübreler ve gübrelemenin oranı düşüktür. Kimyasal gübrelerle uygulanan etkili besin maddesi miktarları (N+P₂O₅+K₂O) içerisinde potasyumun oranı %5,06 düzeyindedir (Şekil 1).



Şekil 1. 2014-2018 yılları arasında Türkiye kimyasal gübre tüketiminde besin maddesi tüketim oranları (%)

Türkiye kimyasal gübre tüketimi içerisinde potasyumlu gübrelerin payının azotlu ve fosforlu gübrelerle göre oldukça düşük olduğu açıkça görülmektedir. Bitkilerin topraktan kaldırdıkları besin elementleri incelendiğinde potasyumun azotla yarışır düzeyde olduğu, birçok bitkide azottan daha fazla potasyum kaldırdığı bilinen bir

gerçekdir. Ancak toprakların potasyum içerikleri azot ve fosfora göre daha yüksek olup toplam düzey 20.000 mg/kg'ın üzerindedir. Potasyum yerkabuğunda en fazla bulunan yedinci elementtir. Ülkemiz topraklarının, özellikle kil içeriklerinin yaygın olarak (%80) yüksek olması nedeniyle potasyumca zengin kabul edilmektedir [18]. Bu genel özellik nedeniyle potasyumlu gübrelerin daha düşük oranda tüketilmesi anlaşılır bir durumdur. Ancak mevcut tüketim durumunun yetersizliği, sulanan tarım alanı artışı ve buna bağlı ürün desenindeki değişime bağlı olarak değişen koşullar nedeniyle gübre tüketicilerinin eğilimlerdeki değişim gözden kaçmamalıdır. Türkiye potasyumlu gübre tüketiminde dikkat çekici artışlar görülmektedir. Bu artışları N/K_2O ve P_2O_5/K_2O oranlarının beşer yıllık dönemler itibarıyla, 35 yıllık değişimini inceleyerek anlamak mümkündür (Şekil 2).



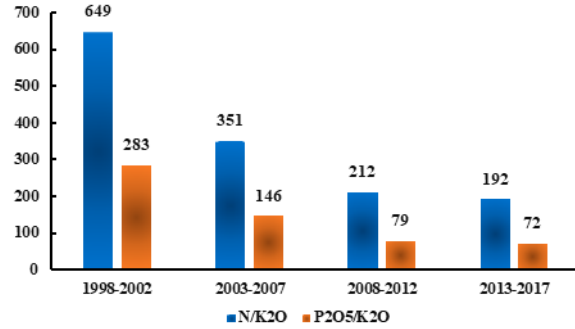
Şekil 2. 1983-2017 yılları arasında beşer yıllık dönemlerde Türkiye kimyasal gübre tüketiminde N/K_2O ve P_2O_5/K_2O dengesi

Şekil 2'den görüldüğü gibi kimyasal gübreleme içerisinde potasyumlu gübrelerin payının belirgin biçimde arttığı görülmektedir. 5. Plan döneminde (1983-1987) N/K_2O oranı 26,6 iken, bu değer 11. Plan döneminde (2013-2017) 13,8 olarak gerçekleşmiştir. 5. Plan döneminde (1983-1987) P_2O_5/K_2O oranı 14,8 iken, bu değer 11. Plan döneminde (2013-2017) 5,6 olarak gerçekleşmiştir. Değişimler önemsenmesi gereken, dikkat çekici bir değişimdir. Bu değişimin birçok nedeni olabilir. Bu etkili faktörün ülkemiz tarımı alanlarında sulu tarım imkanlarının artması olduğunu ifade edebiliriz. Bu değişime bağlı olarak ürün deseninde belirgin değişimler yaşanmış özellikle buğday olmak üzere [19] kuru tarımda tahıl yetiştirilen alanlar azalırken, sulu tarımda endüstri bitkileri, sebze ve meyve üretimine geçiş gerçekleşmiştir [20]. Sulu tarıma geçişle birlikte ürün desenindeki bu değişimin topraktan kaldırılan besin maddeleri miktarını artırdığını ve bu durumun potasyumlu gübreleme ihtiyacına neden olduğunu söyleyebiliriz. Tahıllara göre endüstri bitkileri, sebze ve meyveler hem daha fazla potasyuma ihtiyaç duymakta hem de bu ihtiyaçlarını topraktan daha kısa sürede almak durumundadır. Bu nedenle ürün desenindeki bu değişimin potasyumlu gübre ihtiyacına neden olması öngörülebilecek bir değişimdir ve gerçekleşmiştir.

Ancak sulanan alan artışının gerçekleştiği ve artışın devam edeceğini bildiğimiz Şanlıurfa ilinde bu değişimin durumunu incelemek ve gelecek öngörüsünde bulunmak, yapılması gerekenler konusunda öneriler

geliştirmek gerekir. 2006 yılında yayınlanan il master planında 314.000 ha olarak bildirilen sulanan alan, 2020 yılında DSİ kaynaklarına dayandırılarak 390.000 ha olarak bildirilmiştir [2,6]. GAP Projesinin tamamlanması ile sulanan alanın yaklaşık 940.000 ha olacağı bildirilmiştir [21]. Sadece bu verilere bakıldığında ilin yürütülen sulama projeleri ile sulama alanlarında önemli artışların gerçekleştiği ve giderek sulu tarımının gelişeceği ve ürün deseninde endüstri bitkileri ile sebze ve meyve üretiminin gelişeceği açıktır. Türkiye genelinde kimyasal gübreleme içerisinde potasyumlu gübrelerin payının artışında görülen artış, Şanlıurfa ilinde gerçekleşmiş midir? Potasyumlu gübrelerin kimyasal gübre dengeleri içerisindeki son yılları Türkiye genel verisi ile karşılaştırıldığında nasıl değerlendirebiliriz? İlin kimyasal gübre tüketimi içerisindeki N/K_2O ve P_2O_5/K_2O dengesini değerlendirmek yukarıdaki sorulara cevap açısından doğru bir gösterge olabilecektir.

Şekil 3'ün hazırlanmasında son 4 plan (8-11 plan dönemleri) dönemi olmak üzere toplam 20 yıllık veriler alınmıştır. Daha önceki dönemlere ait oranlar çok yüksek değerler olması nedeniyle, diğer bir ifade ile potasyumlu gübre tüketimi çok sembolik düzeylerde olduğu için şekilde verilmemiştir. N/K_2O ve P_2O_5/K_2O değerlerinin 6. plan dönemi için sırasıyla 14.346 ve 8.727 olarak, 7. plan dönemi için sırasıyla 4.152 ve 2.672 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3. 1998-2017 yılları arasında beşer yıllık dönemlerde Şanlıurfa ili kimyasal gübre tüketiminde N/K_2O ve P_2O_5/K_2O dengesi

Şekil 3'ün incelenmesinden görüldüğü gibi kimyasal gübreleme içerisinde potasyumlu gübrelerin payının belirgin biçimde arttığı görülmektedir. 8. Plan döneminde (1998-2002) N/K_2O oranı 649 iken, bu değer 11. plan döneminde (2013-2017) 192 olarak gerçekleşmiştir. 8. plan döneminde (1998-2002) P_2O_5/K_2O oranı 283 iken, bu değer 11. plan döneminde (2013-2017) 72 olarak gerçekleşmiştir. Değişimler dikkat çekicidir. Sulanan alan artışının yol açtığı ürün deseni değişimi, Türkiye genelinde olduğu gibi Şanlıurfa ilinde de potasyumlu gübre tüketiminin diğer gübrelere göre daha hızlı artışı sonucunu doğurmuştur. Bu eğilimi doğru yönde bir gelişme olarak değerlendirmek gerekir. Ancak son 5 yıllık plan döneminde Türkiye için (2013-2017) N/K_2O dengesinin 13,8 olduğunu, bu değer aynı dönemde Şanlıurfa'da 192, P_2O_5/K_2O dengesini Türkiye için 5,6 iken Şanlıurfa için 72 olarak hesapladığımızı dikkate aldığımızda ilimizdeki potasyum tüketiminin Türkiye ortalamalarına göre çok geride olduğunu ifade edebiliriz. Şanlıurfa ili kimyasal gübre tüketimi

içerisinde potasyumun payının artmaya devam edeceğini öngörmek gerekir. Ancak bu eğilimin hızı önemlidir. Geciken değişimlerin ekonomik maliyetleri kaçınılmazdır. N/K_2O ve P_2O_5/K_2O dengelerinin daha kısa bir sürede Türkiye ortalamasına yaklaşması gereklidir. Sulama alanlarının artış hızına bağlı olarak bu değerlerin Türkiye ortalaması altına düşmesi de gerekebilecektir. Ancak bu amaçla bir yandan potasyumlu gübre ve gübreleme ile ilgili araştırmalar artırılırken bir yandan da potasyumlu gübre ve gübreleme ile ilgili çiftçi eğitim programlarının geliştirilmesi gerekir. Bu noktada kısa gelişme süresinde potasyum ihtiyacı yüksek, yörede ekim alanı fazla bitkiler (pamuk vb.) öncelikli olmalıdır. Eğitim çalışmalarının etki değerlendirilmesi birçok başka yöntemle birlikte kimyasal gübre tüketimleri izlenerek sürdürülebilir.

4. SONUÇ

Bitkilerin topraktan en fazla kaldırdığı elementlerin başında yer alan potasyum, bitkilerde yaşamsal öneme sahip metabolik, fizyolojik ve biyokimyasal işlevlere sahiptir. Bu işlevler nedeniyle özellikle ürün kalitesi üzerine etkisi olmak üzere, bitki verim ve üretici karlılığı belirleyen önemli faktörlerden birisidir.

Yörede tüketilen kimyasal gübreler içerisinde potasyumun yetersiz olduğunu besin dengeleri açısından değerlendirmek mümkündür. Son 5 yıllık plan döneminde Türkiye için (2013-2017) N/K_2O dengesi 13,8 olarak hesaplanırken, bu değer in aynı dönemde Şanlıurfa'da 192 olarak hesaplanmıştır. P_2O_5/K_2O dengesinin de Türkiye için 5,6, Şanlıurfa için 72 olarak hesapladığımızı dikkate aldığımızda, ildeki potasyum tüketiminin Türkiye ortalamalarının çok altında olduğunu ifade edebiliriz. Şanlıurfa ili kimyasal gübre tüketimi içerisinde potasyumun payının artmaya devam edeceğini öngörmek gerekir. Ancak bu eğilimin hızı önemlidir. Geciken değişimlerin ekonomik maliyetleri kaçınılmazdır. N/K_2O ve P_2O_5/K_2O dengelerinin daha kısa bir sürede Türkiye ortalamasına yaklaşması gereklidir. Sulama alanlarının artış hızına bağlı olarak bu değerlerin Türkiye ortalaması altına düşmesi de gerekebilecektir. Başta gübre pazarlayan firmalar, üniversiteler, ilgili kamu kuruluşları olmak üzere bu gerçeğin önemini fark ederek ve kavrayarak inisiyatif almalıdır. Ancak, bu amaçla bir yandan potasyumlu gübre ve gübreleme ile ilgili araştırmalar artırılırken, bir yandan da potasyumlu gübre ve gübreleme ile ilgili çiftçi eğitim programlarının geliştirilmesi gerekir. Bu noktada kısa gelişme süresinde potasyum ihtiyacı yüksek, yörede ekim alanı fazla bitkiler (pamuk vb.) öncelikli olmalıdır. Eğitim çalışmalarının etki değerlendirilmesi birçok başka yöntemle birlikte kimyasal gübre tüketimleri izlenerek sürdürülebilir.

KAYNAKLAR

[1] Marshner, H. Mineral nutrition of higher plants. Institute of Plant Nutrition. University of Hohenheim Federal Republic of Germany. Academic Press Limited. London, Norfolk K; 1995.

- [2] Wang M, Zheng Q, Shen Q, Guo S. The critical role of potassium in plant stress response. *International Journal of Molecular Sciences*. 2013;14:7370-7390.
- [3] Aksu G, Altay H. The effects of potassium applications on drought stress in sugar beet. *Sugar Tech*. 2020;22(6):1092-1102.
- [4] Arslan N, Aksu G, Altay H. Potasyumun domateste kök-ur nematodu (*Meloidogyne Incognita*) üzerine etkisi. *Trakya Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 2020;21(2):95-102.
- [5] Lavkor I, Biçici M. Yerfıstığı yetiştiriciliğinde besin elementlerinin fungal hastalıklara etkisi. *Bitki Koruma Bülteni*. 2015;55(1):53-71.
- [6] Esetlili BÇ, Pekcan T, Aydoğdu E, Karaman HT, Yaman Ş, Merken Ö, Güler A. Zeytinde (*Olea europaea* cv. Ayvalık) farklı potasyumlu gübre uygulamalarının verim ve zeytinyağı içeriği üzerine etkisi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*. 2021;5(1):118-126.
- [7] Dursun A, Ekin M, Yıldırım E, Karagöz F, Kul R. Serada hıyar (*Cucumis sativus* L.) yetiştiriciliğinde potasyum sülfat ve magnezyum sülfat'ın verim üzerine etkileri. *Akademik Ziraat Dergisi*. 2017;6:211-218.
- [8] Erman M, Çığ F, Çelik M. Potasyum uygulamasının farklı nohut çeşitlerinde verim, verim öğeleri ve nodülasyona etkileri. *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*. 2012;5(1):124-127.
- [9] Çoban H. Yuvarlak çekirdeksiz üzüm çeşidinde potasyum nitrat (KNO_3) uygulamalarının verim ve bazı kalite özelliklerine etkisi üzerinde araştırmalar. *ANADOLU Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*. 2002;12(2):65-74.
- [10] Yağmur B, Okur, B, Okur N. Hüyük asit ve potasyum uygulamalarının ayçiçeğinde tohum besin maddesi yağ içeriği ve verim üzerine etkisi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*. 2021;5(1):156-167.
- [11] Çotaoglu A, Koca YO. Farklı potasyum dozlarının yulaf çeşitlerinde verim, verim öğeleri ve bazı tane kalite özellikleri ile yağ asitleri dağılımı üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2020;57(4):537-544.
- [12] Özenç N, Özenç DB, Duyar Ö. Nutritional composition of hazelnut (*Corylus avellana* L.) as influenced by basic fertilization. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science*, 2014;64(8):710-721.
- [13] Demirel K, Çamoğlu G, İnalpulat M, Kahrıman F, Genç L. Tuz ve potasyum uygulamalarının mısırın yaprak su durumu ile bazı agronomik ve yansıma özelliklerine etkileri. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2014;2(1):1-9.
- [14] Tepecik M, İrget ME, Aksoy U. Farklı potasyum dozları ile gübrelemenin sofralık incirde meyve kalitesine etkisi (*Ficus carica* L. cv Sarılop). *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2016;53(2):235-243.
- [15] Bal E. Modifiye atmosfer paketleme ile potasyum permanganat uygulamalarının JH Hale şeftali çeşidinin muhafazası üzerine etkileri. *Journal of the*

- Institute of Science and Technology. 2016;6(1):9-15.
- [16] Kacar B. 2005. Potasyumun Bitkilerde İşlevleri ve Kalite Üzerine Etkileri. Tarımda Potasyumun Yeri ve Önemi Çalıştayı 3-4 Ekim 2005, Eskişehir, S.20-9.
- [17] Şanlıurfa İli Tarım Master Planı. <https://www.tarimorman.gov.tr/sgb/belgeler/master/sanliurfa.pdf>. [Erişim Tarihi:15.08.2020].
- [18] Karaman MR. 2012. Bitki Besleme. Gübretaş rehber kitaplar serisi: 2.
- [19] Buğday raporu 2018. Ziraat Mühendisleri Odası. https://www.zmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=30125&tipi=17&sube=0 [Erişim Tarihi: 20.08.2020].
- [20] T.C. Tarım Orman Bakanlığı. Bitkisel Üretim Verileri. <https://www.tarimorman.gov.tr/> [Erişim Tarihi: 22.08.2020].
- [21] Tarım Bölgeleri- Şanlıurfa-Şanlıurfa Yatırım Ofisi. <https://www.investsanliurfa.com/sanliurfa/tarim-bolgeleri--50> [Erişim Tarihi: 20.08.2020].



Süt İneklerinde Ağız Sütü Kalitesini Etkileyen Faktörler, Ağız Sütü Kalitesinin ve Pasif Transferin Etkinliğinin Ölçümü

Ahmet GÖZER¹, Onur BAHAN², Mustafa Kemal SARIBAY^{1*}, Emre KARSAVURANOĞLU¹

¹ Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Klinik Bilimler Bölümü, Veterinerlik Doğum ve Jinekolojisi Anabilim Dalı, Hatay, Türkiye

² Yozgat Bozok Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Klinik Bilimler Bölümü, Veterinerlik Doğum ve Jinekolojisi Anabilim Dalı, Yozgat, Türkiye

Ahmet GÖZER ORCID No: 0000-0001-8658-5916

Onur BAHAN ORCID No: 0000-0003-0878-6338

Mustafa Kemal SARIBAY ORCID No: 0000-0002-9903-4942

Emre KARSAVURANOĞLU ORCID No: 0000-0002-9771-8750

*Sorumlu yazar: saribaymk@yahoo.com

(Alınış: 10.03.2021, Kabul: 21.10.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Anahtar Kelimeler

Ağız sütü,
Buzağı,
Yönetim,
Kalite.

Öz: Ağız sütü, doğumu izleyen ilk hafta içerisinde meme bezinden salgılanan buzağılar için yararlı birçok bileşene sahip ilk süttür. Ağız sütü, patojenlere karşı koruyucu özelliğe sahiptir ve buzağuların hayatta kalması ve uygun şekilde gelişimini sağlamaktadır. Ruminantların plasenta yapısı nedeniyle buzağular gamaglobülininsiz olarak doğarlar. Bu nedenle buzağular doğumdan sonra uygun zamanda, yeterli ve kaliteli ağız sütü almalıdır. Ağız sütünün kalitesini etkileyen birçok faktör vardır. Bunlar: ırk, süt verimi, doğum sayısı, doğum mevsimi, kuru dönem uzunluğu, prepartum dönemde memeden süt sızması, beslenme, hastalıklar, doğum ile ağız sütünün verilme zamanı arasında geçen süre ve ananın aşılama durumudur. Bu faktörleri bilmek ağız sütünün en iyi şekilde yönetimi için önemlidir. Bu derlemede, ağız sütünün önemi, ağız sütünün kalitesini etkileyen faktörler ve kalitesinin ölçümü ve pasif transferin etkinliği hakkında güncel bilgiler ele alınacaktır.

317

Factors Affecting Colostrum Quality in Dairy Cows, Measurement of Colostrum Quality and Efficiency of Passive Transfer

Keywords

Colostrum,
Calf,
Management,
Quality.

Abstract: Colostrum is the first milk secreted by mammary gland following birth and it is secreted within the first week after calving. It has many beneficial components for neonates. Colostrum has protective features against pathogens and affects viability and growth of the calves. Due to the placental structure of ruminants, calves born agammaglobulinemic. So, the calves have to intake adequate and high quality colostrum into the proper time after parturition. Numerous factors affect the quality of colostrum such as breed, milk yield, number of births, calving season, the length of the dry period, leakage of milk from the udder in the prepartum period, nutrition, diseases, the period between birth and colostrum feeding, and vaccination status of the dam. These factors should be considered to maximize the efficiency. In this review, knowledge about the on importance of colostrum, factors affecting colostrums quality, measurement of colostrums quality and the efficiency of passive transfer was reviewed.

1. GİRİŞ

Ağız sütü doğumdan sonraki ilk bir haftalık süre içinde salgılanan, buzağının ihtiyacı olan bütün besin maddelerini barındıran, hastalıklara karşı direnç, hayatta kalması ve sağlıklı gelişme açısından büyük önem arz eden ilk süttür. Ağız sütü, normal süt ile

kıyaslandığında daha yüksek konsantrasyonlarda protein, yağ, vitamin ve mineralleri içermektedir [1,2]. Ruminantların epitelyokoriyal plasenta yapısı nedeniyle prenatal dönemde antikor alamayan buzağular gamaglobülininsiz olarak doğmaktadır. Bu nedenle buzağuların immun yanıt oluşturabilmesi için uygun miktarda kaliteli ağız sütü almaları gerekmektedir. Ağız sütünde bulunan

immunoglobulinler (Ig) buzağının doğumdan sonraki ilk 24 saat içerisinde ince bağırsaklarından emilerek, gelişmemiş immün sistemi fonksiyonelliğini kazanana kadar yaygın hastalık etkenlerinden korunmasını sağlar ve bu olay pasif transfer olarak adlandırılmaktadır [3,4,5]. Buzağılarda ağız sütü ile besleme ve ilk verilme zamanının serum Ig düzeylerini önemli ölçüde etkilediği bildirilmektedir [6]. Bu nedenle buzağının doğumdan hemen sonra veya en geç 4 saat içinde yeterli miktarda ve kaliteli ağız sütü alması, pasif bağışıklığın geliştirilmesinde çok önemlidir [7]. Ağız sütünün uygun bir şekilde alınması, buzağılara verilmesi ve yeterli miktarda Ig alıp almadığının kontrol edilmesi gerekmektedir [8,9]. Aksi takdirde sağlayacağı yararlı etkiler görülmeyecektir [10,11]. Sunulan derlemede, ağız sütünün önemi, ağız sütü kalitesini etkileyen faktörler, ağız sütü kalitesinin ölçümü ve pasif transferin etkinliği ile ilgili güncel bilgilere yer verilmesi amaçlanmaktadır.

2. AĞIZ SÜTÜ VE ÖNEMİ

Ağız sütü, enerji bakımından zengin olup, normal süte göre daha fazla protein (laktalbumin, laktoz, globülinler ve immünoglobulinler), yağ, mineral (demir, magnezyum ve sodyum), vitamin (A, E, D, B), riboflavin, folik asit ve kolin içerirken, laktoz konsantrasyonu daha düşük düzeydedir [1,2,12,13]. Ağız sütünde bulunan magnezyum, bağırsak peristaltliğini aktive ederek mekonyumun yoğunluğunun azaltılması ve atılmasında görev yapmaktadır [14]. Demir içeriği normal süten 10-17 kat daha yüksektir. Ağız sütü normal süte (%12) göre %10 daha fazla (%22) kuru madde içermektedir [1,2]. Yenidoğan buzağuların en önemli ihtiyaçları olan maternal lökosit, büyüme hormonları (büyüme hormonu, insülin, insülin benzeri büyüme faktörü I ve II, epidermal büyüme faktörü, transformin büyüme faktörü β), nonspesifik antibakteriyel faktörler (lizozim, laktoferrin, immünoglobulinler, laktoperoksidaz, sitokinler) içermektedir [8,15].

Ağız sütünde bulunan immunoglobulinler IgG, IgM ve Ig A'dır. Bu immunoglobulinlerin toplam Ig'ler içindeki payı sırasıyla %85-90, %5 ve %7 olarak bildirilmektedir [16,17,18,19]. Ancak ağız sütündeki başlıca immunoglobulin olan, IgG'nin iki alt tipi mevcuttur [20]. IgG1'in gebeliğin son döneminde memeye geçişi pasif transfer ile olurken, IgG2'nin ise memeye geçişi seçici bir şekilde meydana gelmektedir [16]. Bu nedenle ağız sütündeki IgG1 miktarı IgG2'ye göre daha fazladır [21]. IgG neonatal buzağılara pasif bağışıklık kazandırmaktadır [19,15,2]. Ağız sütündeki antikor miktarı, doğumdan sonraki ilk saatlerde fazladır, fakat giderek azalmaya başlar. Ayrıca yenidoğan buzağılarda bağırsak epitel hücreleri fazlaca veziküllü ve vakuollüdür. Bu nedenle ilk 5-6 saat içinde bütün immünoglobulinler hiçbir değişikliğe uğramadan emilebilirler. Fakat bağırsaklardan antikor gibi büyük protein moleküllerin emilebilme kabiliyeti doğumdan sonra giderek azalmaktadır [22,23]. Buzağı doğduğu zaman

bağırsaklarında %100'e yakın olan emilim kapasitesi doğumdan 6 saat sonra %50'ye, 8 saat sonra %33'e düşerek 24. saatin sonunda tamamen kaybolmaktadır [24].

Ağız sütünün 3 gün boyunca verilmeye devam edilmesinin enterik floranın oluşumu açısından önemli olduğu bildirilmektedir [25]. Neonatal buzağuların karaciğer glikojen depoları tükenmeden önce mutlaka ağız sütü tüketmesi gerekmektedir, aksi takdirde hipoglisemi ve hipotermi gelişebilir [26]. Ağız sütündeki yüksek protein ve yağ miktarı, buzağının başlangıç gelişmesi için gerekli olan protein ve enerji ihtiyacının karşılanmasında önemli rol oynadığı gibi yavruya ekzojen yağ asitlerini de sağlayarak gelişmeyi hızlandırır. Ağız sütünde bulunan yağlar, yağda eriyen vitaminlerin taşınmasında da önemli rol oynamaktadırlar. Kolostral hormonlar ve büyüme faktörleri protein sentezini, hücre bölünmesi ve büyümesini uyarırlar [27]. Ağız sütünde yüksek oranda bulunan yağ ve şeker formundaki enerji kaynakları vücut sıcaklığının korunmasını sağlar [23]. Yağda çözünen vitaminlerden Vitamin A, D ve α -tokoferol plasental bariyerden yeterli miktarda geçemezler. Bu yüzden yenidoğan buzağılarda bu vitaminlerin primer kaynağı ağız sütüdür [26].

3. AĞIZ SÜTÜ TÜKETİM MİKTARI

Yenidoğan buzağılara verilmesi gereken ağız sütünün miktarı buzağının vücut ağırlığının yaklaşık %10-12'si civarında olmalıdır ve bu miktarın yarısı doğumu takiben ilk 3-4 saat içerisinde, diğer yarısı ise 6-12 saat içerisinde verilmelidir. Buzağılar ilk iki saat içinde en az 2 litre ağız sütü içirildikten sonra bireysel bölmelere veya açık buzağı kulübelerine alınmalıdırlar. Günün diğer 12 saatinde de canlı ağırlığının en az %5'i kadar ağız sütü almaları gerektiği bildirilmektedir [20,28,8].

4. AĞIZ SÜTÜ KALİTESİ

Ağız sütü kalitesini belirleyen en önemli gösterge IgG miktarıdır. IgG miktarı ilk sağımda fazladır ve daha sonraki sağımlarda miktarı gittikçe azalmaktadır [29]. IgG seviyesinin 50 g l⁻¹ den büyük olması iyi kaliteli bir ağız sütünün göstergesidir. Yenidoğan bir buzağının 100-200 g IgG alması gerektiğinden en az 2-4 litre ağız sütü alması gerektiği belirtilmektedir [30].

4.1. Ağız Sütü Kalitesini Etkileyen Faktörler

4.1.1. Irkın etkisi

Etçi ırkların ağız sütünün sütçü ırklara kıyasla daha fazla IgG içerdiği bildirilmektedir [31]. Holştayn ırkı süt ineklerinin ise Guernsey, Jersey ve İsviçre Esmerine göre daha düşük IgG konsantrasyonuna sahip olduğu bildirilmektedir [32]. Yüksek süt verimli ineklerde ağız sütündeki IgG konsantrasyonu daha düşüktür [31, 33].

4.1.2. Doğum sayısı

Birden fazla doğum yapan ineklerin ilk doğumunu yapanlara göre daha fazla patojene maruz kaldığı varsayılarak daha kaliteli bir ağız sütü üreteceği düşünülmektedir [33]. Besser ve Gay [11] ilk doğumunu yapan ineklerin ağız sütünün daha düşük seviye ve hacimde IgG içerdiğini ifade etmektedirler. Laktasyon sayısının ağız sütü miktarı üzerine olan etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada [34], ilk laktasyondaki ineklerin en düşük (5,3 kg), üçüncü laktasyondaki ineklerin ise en yüksek (7,9 kg) ağız sütü ürettikleri vurgulanmaktadır. Shivley ve ark. [35] ise ilk laktasyondaki ve ikinci laktasyondaki ineklerin ağız sütlerindeki IgG konsantrasyonlarının sırasıyla 73,2 g l⁻¹ ve 71,7 g l⁻¹ olduğunu, üçüncü ve daha yüksek laktasyondaki ineklerin ağız sütlerinin ise 83,3 g l⁻¹ IgG içerdiğini ifade etmektedirler.

4.1.3. Doğum mevsimi

Isı stresine maruz kalan düvelerde, kuru madde tüketiminin ve memeye giden kan akımının azalması, IgG ve besleyici faktörlerin miktarında azalmaya yol açarak ağız sütü kalitesinin düşmesine neden olabilmektedir [36]. Mevsim aynı zamanda ağız sütü miktarını da etkilemektedir. Ağız sütü miktarının haziran ayında en yüksek iken, sonbahar ve kış aylarında en düşük seviyede olduğu ifade edilmektedir [37].

4.1.4. Kuru dönem uzunluğu

On dört günden kısa ya da 70 gün ve üzeri kuru dönem uygulaması ağız sütü kalitesini olumsuz etkilemektedir [38,39]. Grusenmeyer ve ark. [40] geleneksel kuru dönem uzunluğunun (60 gün) azaltılmasının (40 gün) ağız sütü kalitesini etkilemediğini fakat miktarını 2,2 kg kadar azalttığını ifade etmektedirler. Kuru dönemin hiç olmaması durumunda ise ağız sütünde bulunan immunoglobulin konsantrasyonunun yarı yarıya azaldığı ifade edilmektedir [41].

4.1.5. Prepartum dönemde memeden süt sızması

Doğumdan önce memeden süt sızması ağız sütü miktarı ve IgG seviyesini azaltmaktadır [42,11]. Yapılan bir çalışmada doğumdan önce memesinden süt sızan ineklerin ağız sütü kalitesinin normale göre 3 kat azaldığı ifade edilmektedir [43].

4.1.6. Beslenme

Doğumdan önce yem kısıtlaması yapılan inekler ile yapılmayan inekler arasında IgG konsantrasyonları sırasıyla 43,0 ve 39,5 mg ml⁻¹ olarak bildirilmektedir [44]. Nowak ve ark. [45] ise doğumdan önce yapılan yem kısıtlamasının ağız sütü kompozisyonunu, serum immünoglobulin ve IGF-I konsantrasyonlarını etkilemediğini bildirmektedirler. Geçiş döneminde yüksek ham protein içeren yemle yapılan besleme sonucunda ağız sütü dansitesinin daha düşük,

doğumdan sonra 21. gündeki kan IgG konsantrasyonlarının daha yüksek seviyede olduğu bildirilmektedir [46]. Prepartum dönemdeki ineklere omega-3 ve omega-6 yağ asidi takviyesinin ağız sütü IgG konsantrasyonunu arttırdığı belirtilmektedir [47]. Kamada ve ark. [48] ağız sütüne katılan sodyum selenitin, selenyumun bağırsak epitelyum pinositozisini artırması sonucu olarak bağırsaklardan emilen IgG konsantrasyonunu arttırdığını bildirmektedir. Benzer şekilde Hall ve ark. [49] ineklere uyguladıkları selenyum takviyesinin buzağılarda serum selenyum konsantrasyonunu ve ağız sütündeki IgG'lerin emilimini %62 oranında arttırdığını belirtmektedirler.

4.1.7. İnekte ağız sütü alma döneminde görülen hastalıklar

Karaciğeri etkileyen paraziter enfestasyonlar serum IgG seviyesini azaltmaktadır [10]. Prepartum dönemde görülen mastitis olgularının elde edilen ağız sütü miktarını azalttığı ancak serum IgG1 seviyesini etkilemediği ifade edilmektedir [50]. Ayrıca mastitis, tüberküloz, paratüberküloz, bruselloz gibi kronik hastalıklarla enfekte olduğu bilinen ineklerin ağız sütlerinin kullanılmaması gerektiği bildirilmektedir [51].

4.1.8. Doğum ile ağız sütünün verilme zamanı arasında geçen süre

Ağız sütündeki IgG konsantrasyonu doğumdan sonra en yüksek seviyededir [8]. Moore ve ark. [52] doğumdan sonra ağız sütünün alınmasını 6, 10 ve 14 saat geciktirdiklerinde IgG seviyesinin sırasıyla %17, %27 ve %33 azaldığını ifade etmektedirler. Conneely ve ark. [34] doğumdan sonraki 3. ve 6. saatler arasında yapılan sağımdan elde edilen ağız sütündeki IgG seviyesinin 124 g l⁻¹ ile en yüksek seviyede olduğunu, 9. saatten sonra IgG içeriğinin düşmeye başladığını, 18. ve 21. saatlerde 93 g l⁻¹ ye düştüğünü bildirmektedirler.

4.1.9. Ananın aşılama durumu

Doğumdan önce yapılan aşılama buzağılarda hastalık yapan spesifik patojenlere karşı antikorların ağız sütündeki miktarını arttırmaktadır [24]. Doğumdan 3-6 hafta önce buzağılarda ishal yapan etkenlere karşı ineklerin aşılama *Pasteurella haemolytica*, *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, Rotavirus ve Coronavirus gibi bazı patojenlere karşı spesifik antikor üretimini ve bu antikorların yavrulara geçişini arttırdığı ifade edilmektedir [33].

4.1.10. Diğer nedenler

Phipps ve ark. [43] tarafından yapılan bir çalışmada buzağının anasını emmesine izin verilen sürülerde kaliteli ağız sütü elde etme oranı %19 iken, bu oran izin verilmeyen sürülerde %64,1 olarak belirlenmiştir. Yenidoğan buzağılara verilmesi gereken ağız sütünün miktarı buzağının vücut

ağırlığının yaklaşık %10-12'si civarında olmalıdır [8]. Ancak, buzağının anasını emmesi durumunda alınan ağız sütü miktarı buzağının canlı ağırlığı miktarının %8,3'ü kadardır. Bu durum buzağının yeterli miktarda IgG almadan buzağının doyması ile açıklanmaktadır [53].

Doğan buzağının dişi olması daha düşük kalitede ağız sütününün üretilmesine yol açtığı bildirilmektedir [38]. Buzağı canlı doğum ağırlığının ağız sütü miktarı üzerine etkilerine bakıldığı bir diğer çalışmada [34], canlı doğum ağırlığı 20 kg'ın altındaki buzağuların analarından, 50 kg'ın üzerindeki buzağulara kıyasla 2,1 kg daha az ağız sütü elde edildiği vurgulamaktadırlar. Baumrucker ve ark. [54] ineklerde meme bezleri arasında IgG farkı bulunduğunu ancak istatistiki olarak herhangi bir fark görülmediğini bildirmektedirler.

Ağız sütündeki somatik hücre sayısı, ağız sütü kalitesini etkilemektedir. Somatik hücre sayısı yüksek olan (5.05×10^3) ağız sütü ile beslenen buzağularda, kan IgG seviyesi somatik hücre sayısı düşük olan ağız sütü ile beslenen buzağulardan daha düşük olduğu ve doğumdan sonraki ilk 42 günde buzağuların ishale yakalanma olasılığı arttığı, süttten kesimdeki canlı ağırlığının daha az olduğu bildirilmektedir [54]. Puppel ve ark. [56] somatik hücre sayısı yüksek olan ($\geq 400 \times 10^3$ hücre/ml) ağız sütlerinde düşük olanlara göre ($\leq 400 \times 10^3$ hücre/ml) konjuge linelolik asit, lizozim, yağ, IgG konsantrasyonun daha yüksek olduğunu vurgulamakta ve somatik hücre sayısı ile lizozim enzimi arasında ise negatif bir ilişkinin olduğunu belirtmektedirler.

5. AĞIZ SÜTÜ KALİTESİNİN ÖLÇÜMÜ

Ağız sütündeki IgG konsantrasyonu miktarının 50 g l^{-1} 'den büyük olması iyi kaliteli bir ağız sütünün göstergesidir [30]. İmmünoglobulin G seviyesini ölçmede radyal immünodifüzyon (RID) [57], çinko sülfat testi [58], türbidimetrik immunoassay (TIA) [59], enzim-bağlı immunoassay (ELISA) [60], sodyum sülfat türbidite testi [61], serum gama glutamil transferaz (GGT) [62], serum kan glutraldehit koagülasyon testi [63] ve serum total protein oranı [64] gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden RID [57], TIA [59], ELISA [60] doğrudan IgG seviyesini ölçerken; sodyum sülfat türbidite testi [61], serum kan glutraldehit koagülasyon testi [63], çinko sülfat testi [58], serum total protein oranı testi [65] IgG konsantrasyonu ile arasında bir ilişki olan analitlerin ölçümünü yapmaktadır. Bu testlerin arasında RID testi, IgG ölçümünde altın standart olarak kabul edilmektedir [57]. Ancak bu testin sonuçlanmasının uzun (18-24 saat) sürmesi ve yetkin personel gerektirmesi yöntemin yaygınlaşmasının önüne geçmektedir [61,66].

Ağız sütü kalitesini ölçmede dijital refraktometre (Brix refraktometre), manuel refraktometre ve

kolostrometre de kullanılabilir [66]. Kolostrometre, ağız sütündeki immünoglobulin miktarı ile özgül ağırlık (optimum 1.056) arasındaki bağıntıyı baz almaktadır. Kolostrometre ile IgG ölçüleceği zaman ağız sütü kalitesi şu şekilde sınıflandırılır [67,31]:

- Zayıf (kolostrometre kırmızıda) $< 22 \text{ mg ml}^{-1}$;
- Orta (kolostrometre sarıda) $22-50 \text{ mg ml}^{-1}$;
- Çok iyi (kolostrometre yeşilde) $> 50 \text{ mg ml}^{-1}$

Brix refraktometrede temel prensip bir solüsyondaki kuru madde oranının hesaplanmasıdır. Kuru madde oranı tespiti ile dolaylı yoldan ağız sütündeki IgG miktarı tahmin edilebilmektedir [33]. Quigley ve ark. [23], ağız sütünün IgG içeriğinin 50 g l^{-1} olması için BRİX değerinin en az %21 olması gerektiğini ifade etmektedirler.

6. PASİF TRANSFERİN ETKİNLİĞİNİN ÖLÇÜLMESİ

Her ne kadar yenidoğan buzağular gamaglobulinsiz olsa da buzağular günde 1 g IgG₁ üretme kapasitesine sahiptir [68]. Buzağularda görülen bu endojen antikor üretimine rağmen, doğumdan sonraki 30 güne kadar lipopolisakkaritler gibi bazı antijenlere karşı cevap verme yetenekleri zayıftır [69]. Faber ve ark. [70] buzağulara verilen ağız sütü miktarının laktasyon performansı üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında 4 litre ağız sütü alan buzağuların, 2 litre alanlara göre ilk iki laktasyonda 550 kg daha fazla süt verdiklerini ifade etmektedirler. Ayrıca veteriner hekim masraflarının yarı yarıya olduğunu ve günlük canlı ağırlık artışlarının daha fazla olduğunu ve süt veriminin dışında inek başına 160 dolar daha fazla kar elde ettiklerini vurgulamaktadırlar. Robinson ve ark. [71] yeterli miktarda ağız sütü almayan buzağularda süttten kesim anından sonra yüksek mortalite görüldüğünü ifade etmektedirler. Bu sebeplerden doğumdan sonra yenidoğan yavruların 12-24 saat içinde 200 g IgG alması gerekmektedir. Bu değer yeterli pasif transfer olarak adlandırılmaktadır [10].

Buzağuların yeterli miktarda IgG alıp almadığı RID [57], sodyum sülfat türbidite testi [61], çinko sülfat testi [58], TIA [59], ELISA [60], GGT [62], serum kan glutraldehit koagülasyon testi [63] ve serum total protein oranı [64] gibi çeşitli yöntemlerle tespit edilebilmektedir. Bu testlerden RID testi, en ideali olmasının yanı sıra sonuçlanmasının uzun sürmesi ve deneyimli personel gerektirmesi kullanımını zorlaştırmaktadır [60,65].

Bu yöntemler içinde serum total protein oranının belirlenmesi en kolay, ekonomik ve sürü takibi için en uygun olanıdır. Bu test 1 haftalıktan küçük buzağularda yapılmalı ve ağız sütü alımından en az 6 saat geçmelidir. Sürü genelinde pasif transfer yeterliliği tespiti için en az 12 buzağıdan kan alınmalıdır. Bu yöntemde ağız sütü kalitesini ölçmede kullanılan brix refraktometre ve optikal refraktometre kullanılabilir. Burada optikal

refraktometre ve brix refraktometre için serum protein oranında belirlenen eşik değer sırasıyla 5,5 g dl⁻¹ ve %8,1-8,5'dir [33,9]. Test edilen hayvanların %20'sinden fazlasının serum total protein oranı 5,5 g dl⁻¹ altında ise büyük bir problem olduğu düşünülmelidir. Eğer bu değere çok yakın hayvan varsa daha fazla sayıda hayvan test edilmelidir [9]. Serum IgG1 seviyesi ölçülecekse minimum değer 10 g IgG1 olmalıdır. Bu değer üstündeki değerlere sahip buzağuların ağız sütünü yeterince aldığı kabul edilmektedir [58]. Pasif transferin etkinliğinin ölçümünde önerilen IgG seviyesi, total protein ve BRİX değeri ve buzağı oranları Tablo 1'de verilmiştir [9,64,72].

Tablo 1. Pasif transferin etkinliğinin ölçümünde önerilen IgG seviyesi, total protein ve BRİX değeri oranları

Sınıflandırma	IgG seviyesi [g l ⁻¹]	STP [g dl ⁻¹]	Brix Değeri [%]	Buzağı oranları
Mükemmel	≥ 25,0	≥ 6,2	≥ 9,4	> 40
İyi	18,0-24,5	5,8-6,1	8,9-9,3	~ 30
Orta	10,0-17,9	5,1-5,7	8,1-8,8	~ 30
Zayıf	< 10,0	< 5,1	< 8,1	< 10

IgG: İmmünoglobulin 1

STP: Serum Total Protein

7. SONUÇ

Süt ineği işletmelerinde ağız sütünün kalitesini etkileyen faktörler, kalitesinin ölçülmesi ve alınan ağız sütünün ne kadarının tam olarak buzağulara verildiğinin ölçülmesi, ağız sütü yönetimindeki önemli noktalar [9].

Buzağulara verilecek olan ağız sütlerinin kalitesini etkileyen faktörler, verilme zamanı ve miktarı dikkat edilmesi gereken diğer noktalar. Bu konuda kaliteli bir ağız sütünün IgG konsantrasyonunun 50 g l⁻¹ 'den büyük olması, yenidoğan buzağuların 12-24 saat içinde toplam 200g IgG alması ve ağız sütü ile beslemenin doğumdan sonra hemen yapılmasına, en fazla 6 saat gecikme olmasına dikkat edilmelidir [30,8].

Ağız sütü yönteminde, kaliteli bir ağız sütünün buzağulara verilmesinin yanı sıra, buzağuların ağız sütünü yeterince alıp almadığı da kontrol edilmelidir. Verilen ağız sütlerinin buzağı tarafından her zaman tamamen kullanılmayacağı akılda tutulmalıdır. Buzağuların yeterli miktarda immünoglobulin alamaması ya da sindirememesi pasif transfer yetersizliği olarak ifade edilmektedir. Pasif transfer yetersizliği buzağının yaşamının ilk 1 ayında sindirim ve solunum sistemi hastalıklarına daha kolay yakalanmasına yol açmaktadır [73]. Sütten kesim öncesi döneme kadar buzağı ölümlerinin %30'nun doğumdan sonraki ilk 3 haftada şekillendiği ve bunun ise transfer yetersizliğinden kaynaklandığını bildirmektedirler [74]. Bu nedenle çiftliklerde ağız sütünün buzağular tarafından ne derece sindirildiğinin takibi ağız sütü yönetiminde önemli bir parçadır.

KAYNAKLAR

- [1] Örsan G. Neonatal buzağular ve kolostrum. Kafkas Üniv Vet Fak. 2006;12(1):103-108.
- [2] Koyuncu M, Karaca M. Buzağularda Yaşama Gücünün Anahtarı; Kolostrum. Hay Üret. 2018;59(1):67-78.
- [3] MacFarlane JA, Grove-White DH, Royal MD, Smith RF. Identification and quantification of factors affecting neonatal immunological transfer in dairy calves in the UK. Vet Rec. 2015;176(24):625-625.
- [4] Thornhill JB, Krebs GL, Petzel CE. Evaluation of the Brix refractometer as an on-farm tool for the detection of passive transfer of immunity in dairy calves. Aust Vet J. 2015;93(1-2):26-30.
- [5] Hedegaard CJ, Heegaard PM. Passive immunisation, an old idea revisited: Basic principles and application to modern animal production systems. Veterinary immunol immunopathol. 2016;174:50-63.
- [6] Waltner-Toews DMSWMAH, Martin SW, Meek AH. Dairy calf management, morbidity and mortality in Ontario Holstein herds. III. Association of management with morbidity. Prev Vet Med. 1986;4(2):137-158.
- [7] Bolacalı M, Küçük M. Buzağı kayıplarında işletme hatalarının rolü. Buzağı Hastalıkları Sempozyumu Kitabı. Van: 2017. p. 18-21.
- [8] Godden S. Colostrum management for dairy calves. Vet Clin North Am Food Anim. 2008;24(1):19-39.
- [9] McGuirk SM, Collins M. Managing the production, storage and delivery of colostrum. Vet Clin North Am Food Anim. 2004;20(3):593-603.
- [10] Breen J, Down P, Kerby M, Bradley A. Restoring the dairy herd: Rearing youngstock and replacing cows. In: Martin Green, Martin J. Green editors. Dairy herd health. 1st ed. London: CPI Group; 2012. p. 35-72.
- [11] Besser TE, Gay CC. The importance of colostrum to the health of the neonatal calf. Vet Clin North Am Food Anim. 1994;10(1):107-117.
- [12] Foley JA, Otterby DE. Availability, storage, treatment, composition and feeding value of surplus colostrum: a review. J Dairy Sci. 1978;61(8):1033-60.
- [13] Hammon HM, Zanker IA, Blum JW. Delayed colostrum feeding affects IGF-1 and insulin plasma concentrations in neonatal calves. J Dairy Sci. 2000;83(1):85-92.
- [14] Jankowska M, Baliński J. Changes in active acidity and specific weight of colostrum depending on the selected factors. Rocznik PTZ. 2009;5(2):75-81.
- [15] Gökçe E, Erdoğan HM. Neonatal buzağularda kolostral immünoglobulinlerin pasif transferi. Türkiye Klinikleri J Vet Sci. 2013;4(1):18-46.
- [16] Korhonen H, Marnila P, Gill HS. Milk immunoglobulins and complement factors. Br J Nutr. 2000;84(S1): 75-80.

- [17] Larson BL, HL Heary Jr, JE Devery. Immunoglobulin production and transport by the mammary gland. *J Dairy Sci.* 1980;63(4):665-671.
- [18] Roy JHB. Factors affecting susceptibility of calves to disease. *J Dairy Sci.* 1980;63(4):650-664.
- [19] Ağaoğlu ÖK, Ağaoğlu AR. Süt sığırı yetiştiriciliğinde doğum localarının önemi. *Erciyes Üniv Vet Fak Derg.* 2012;9(1):43-50.
- [20] Jaster EH. Evaluation of quality, quantity, and timing of colostrum feeding on immunoglobulin G1 absorption in Jersey calves. *J Dairy Sci.* 2005;88(1):296-302.
- [21] Puppel K, Gołębiewski M, Grodkowski G, Slószar J, Kunowska-Slószar M, Solarczy P, et al. Composition and factors affecting quality of bovine colostrum: a review. *Animals.* 2019;9(12):1070.
- [22] Odde KC. Survival of the neonatal calf. *Vet Clin North Am Food Anim.* 1988;4(3):501-508.
- [23] Quigley Ii, JD, JJ Drewry. Nutrient and immunity transfer from cow to calf pre-and postcalving. *J Dairy Sci.* 1998;81(10):2779-2790.
- [24] Cortese VS. Neonatal immunology. *Vet Clin N Am Food A.* 2009;25(1):221-227.
- [25] Lorenz I, Mee JF, Earley B, More SJ. Calf health from birth to weaning. I. General aspects of disease prevention. *Ir Vet J.* 2011;64(1):1-8.
- [26] Topal O. Buzağlarda neonatal dönem sağlığını değerlendirmede ilk onbeş günde önemli olan klinik bulguların belirlenmesi [Doktora tezi]. Bursa: Uludağ Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü; 2018.
- [27] Arancı A. İneklerde prepartium dönemde verilen levamizolün buzağlardaki neonatal cerrahi hastalıkların önlenmesindeki etkinliğinin araştırılması [Doktora tezi]. Kars: Kafkas Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü; 2006.
- [28] Smith GW, Foster DM. Absorption of protein and immunoglobulin G in calves fed a colostrum replacer. *J Dairy Sci.* 2007;90(6):2905-2908.
- [29] Erdem H, Atasever S. Yeni doğan buzağlarda ağız sütünün önemi. *Anadolu Tarım Bilim Derg.* 2005;20(2):79-84.
- [30] Bartens MC, Drillich M, Rychli K. Assessment of different methods to estimate bovine colostrum quality on farm. *New Zeal Vet J.* 2016;64(5):263-267.
- [31] Guy MA, McFadden TB, Cockrell DC, Besser TE. Regulation of colostrum formation in beef and dairy cows. *J Dairy Sci.* 1994;77(10):3002-3007.
- [32] Muller LD, Ellinger DK. Colostral immunoglobulin concentrations among breeds of dairy cattle. *J Dairy Sci.* 1981;64(8):1727-1730.
- [33] Godden SM, Lombard JE, Woolums AR. Colostrum management for dairy calves. *Vet Clin North Am Food Anim.* 2019;35(3):535-556.
- [34] Conneely M, Berry DP, Sayers R, Murphy JP, Lorenz I, Doherty ML, et al. Factors associated with the concentration of immunoglobulin G in the colostrum of dairy cows. *Animal.* 2013;7(11):1824-1832.
- [35] Shivley CB, Lombard J, Urie NJ, Haines DM, Sargent R, Koprak CA, et al. Preweaned heifer management on US dairy operations: Part II. Factors associated with colostrum quality and passive transfer status of dairy heifer calves. *J Dairy Sci.* 2018;101(10):9185-9198.
- [36] Nardone A, Lacetera N, Bernabucci U, Ronchi B. Composition of colostrum from dairy heifers exposed to high air temperatures during late pregnancy and the early postpartum period. *J Dairy Sci.* 1997;80(5):838-844.
- [37] Gavin K, Neibergs H, Hoffman A, Kiser JN, Cornmesser MA, Haredasht SA, et al. Low colostrum yield in Jersey cattle and potential risk factors. *J Dairy Sci.* 2018;101(7):6388-6398.
- [38] Pritchett LC, Gay CC, Besser TE, Hancock DD. Management and production factors influencing immunoglobulin G1 concentration in colostrum from Holstein cows. *J Dairy Sci.* 1991;74(7):2336-2341.
- [39] Rastani RR, Grummer RR, Bertics SJ, Gümen A, Wiltbank MC, Mashek DG, et al. Reducing dry period length to simplify feeding transition cows: milk production, energy balance, and metabolic profiles. *J Dairy Sci.* 2005;88(3):1004-1014.
- [40] Grusenmeyer DJ, Ryan CM, Galton DM, Overton TR. Shortening the dry period from 60 to 40 days does not affect colostrum quality but decreases colostrum yield by Holstein cows. *Sci J Anim Sci.* 2006;84:336-336.
- [41] Verweij JJ, Koets AP, Eisenberg SWF. Effect of continuous milking on immunoglobulin concentrations in bovine colostrum. *Vet Immunol Immunopathol.* 2014;160(3-4):225-229.
- [42] Petrie L. Maximising the absorption of colostral immunoglobulins in the newborn dairy calf. *Vet Rec.* 1984;114(7):157-163.
- [43] Phipps AJ, Beggs DS, Murray AJ, Mansell PD, Pyman MF. Factors associated with colostrum immunoglobulin G concentration in northern-Victorian dairy cows. *Aust Vet J.* 2017;95(7):237-243.
- [44] Hough RL, McCarthy FD, Kent HD, Eversole DE, Wahlberg ML. Influence of nutritional restriction during late gestation on production measures and passive immunity in beef cattle. *Sci J Anim Sci.* 1990;68(9):2622-2627.
- [45] Nowak W, Mikuła R, Zachwieja A, Paczyńska K, Pecka E, Drzazga K, et al. The impact of cow nutrition in the dry period on colostrum quality and immune status of calves. *Pol J Vet Sci.* 2012;15(1):77-82.
- [46] Toghyani E, Moharrery A. Effect of various levels of dietary protein in transition period on colostrum quality and serum immunoglobulin

- concentration in Holstein cows and their newborn calves. *Ann Anim Sci*. 2015;15(2):493-504.
- [47] Jolazadeh AR, Mohammadabadi T, Dehghan-Banadaky M, Chaji M, Garcia M. Effect of supplementing calcium salts of n-3 and n-6 fatty acid to pregnant nonlactating cows on colostrum composition, milk yield, and reproductive performance of dairy cows. *Anim Feed Sci and Technol*. 2019;247:127-140.
- [48] Kamada H, Nonaka I, Ueda Y, Murai M. Selenium addition to colostrum increases immunoglobulin G absorption by newborn calves. *J Dairy Sci*. 2007;90(12):5665-5670.
- [49] Hall JA, Bobe G, Vorachek WR, Estill CT, Mosher WD, Pirelli GJ, et al. Effect of supranutritional maternal and colostrum selenium supplementation on passive absorption of immunoglobulin G in selenium-replete dairy calves. *J Dairy Sci*. 2014;97(7):4379-4391.
- [50] Maunsell FP, Morin DE, Constable PD, Hurley WL, McCoy GC, Kakoma I, et al. Effects of mastitis on the volume and composition of colostrum produced by Holstein cows. *J Dairy Sci*. 1998;81(5):1291-1299.
- [51] Yıldırım K, Koçak S. Afyonkarahisar Damızlık Süt Sığırı İşletmelerinde Buzağı Bakımı ve Yaşama Gücünün Değerlendirilmesi. *Kocatepe Vet Der*. 2019;12(3):1-1.
- [52] Moore M, Tyler JW, Chigerwe M, Dawes ME, Middleton JR. Effect of delayed colostrum collection on colostrum IgG concentration in dairy cows. *J Am Vet Med*. 2005;226(8):1375-1377.
- [53] LE Neindre P, Menard MF, Garel JP. Suckling and drinking behaviour of newborn calves of beef or dairy cows. *Ann Rech Vét*. 1979;10(2-3):211-212.
- [54] Baumrucker CR, Stark A, Wellnitz O, Dechow C, Bruckmaier RM. Immunoglobulin variation in quarter-milked colostrum. *J Dairy Sci*. 2014;97(6):3700-3706.
- [55] Ferdowsi Nia E, Nikkhah A, Rahmani HR, Alikhani M, Mohammad Alipour M, Ghorbani GR. Increased colostrum somatic cell counts reduce preweaning calf immunity, health and growth. *J Anim Physiol Anim Nutr*. 2010;94(5):628-634.
- [56] Puppel K, Gołębiewski M, Grodkowski G, Solarczyk P, Kostusiak P, Klopčič M, et al. Use of somatic cell count as an indicator of colostrum quality. *PloS One*. 2020;15(8):e0237615.
- [57] Donovan GA, Dohoo IR, Montgomery DM, Bennett FL. Associations between passive immunity and morbidity and mortality in dairy heifers in Florida, USA. *Prev Vet Med*. 1998;34(1):31-46.
- [58] Hudgens KA, Tyler JW, Besser TE, Krytenberg DS. Optimizing performance of a qualitative zinc sulfate turbidity test for passive transfer of immunoglobulin G in calves. *Am J Vet Res*. 1996;57(12):1711-1713.
- [59] Etzel LR, Strohbehn RE, McVicker JK. Development of an automated turbidimetric immunoassay for quantification of bovine serum immunoglobulin G. *Am J Vet Res*. 1997;58:1201-1205.
- [60] Lee SH, Jaekal J, Bae CS, Chung BH, Yun SC, Gwak MJ, et al. Enzyme-linked immunosorbent assay, single radial immunodiffusion, and indirect methods for the detection of failure of transfer of passive immunity in dairy calves. *J Vet Intern Med*. 2008;22(1):212-218.
- [61] Pfeiffer NE, McGuire TC. A sodium sulfite-precipitation tests for assessment of colostrum immunoglobulin transfer to calves. *J Am Vet Med Assoc*. 1977;170(8):809-811.
- [62] Perino L, Sutherland R, Woollen N. Serum gamma-glutamyltransferase activity and protein concentration at birth and after suckling in calves with adequate and inadequate passive transfer of immunoglobulin G. *Am J Vet Res*. 1993;54(1):56-9.
- [63] Tennant B, Baldwin BH, Braun RK, Norcross NL, Sandholm M. Use of the glutaraldehyde coagulation test for detection of hypogammaglobulinemia in neonatal calves. *J Am Vet Med Assoc*. 1979;174:848-853.
- [64] Calloway CD, Tyler JW, Tessman RK, Hostetler Douglas, Holle J. Comparison of refractometers and test endpoints in the measurement of serum protein concentration to assess passive transfer status in calves. *J Am Vet Med Assoc*. 2002;221(11):1605-1608.
- [65] Gelsinger SL, Jones CM, Heinrichs AJ. Effect of colostrum heat treatment and bacterial population on immunoglobulin G absorption and health of neonatal calves. *J Dairy Sci*. 2015;98(7):4640-4645.
- [63] Hulsén J, Swormink BK. *Checkbook Young Stock*. 1st ed. Roodbont; 2016.
- [67] Colostrometer Operating Instruction [Internet]. Available from: <http://www.colostrometer.com>
- [68] Devery JE, Davis CL, Larson BL. Endogenous production of IgG in newborn calves. *J Dairy Sci*. 1979;62(11):1814-1818.
- [69] Osburn BI, MacLachlan NJ, Terrell TG. Ontogeny of the immune system. *J Am Vet Med Assoc*. 1982;18:1049-1052.
- [70] Faber SN, Faber NE, McCauley TC, Ax RL. Case study: effects of colostrum ingestion on lactational performance 1. *Prof Anim*. 2005;21(5):420-425.
- [71] Robison JD, Stott GH, DeNise SK. Effects of passive immunity on growth and survival in the dairy heifer. *J Dairy Sci*. 1988;71(5):1283-1287.
- [72] Hernandez D, Nydam DV, Godden SM, Bristol LS, Kryzer A, Ranum J, et al. Brix refractometry in serum as a measure of failure of passive transfer compared to measured immunoglobulin G and total protein by refractometry in serum from dairy calves. *Vet J*. 2016;211:82-87.
- [73] Smith BP. *Large animal internal medicine*. 5th ed. St Louis: Mosby; 2014.

- [74] Ott Stephen L. Dairy heifer morbidity, mortality, and health management focusing on preweaned heifers. National Dairy Heifer Evaluation Project, 1993. Iowa: No. 1498-2016-130682



Nörodejeneratif Hastalıkların Tedavisinde Nöroprotektif Ajan Olarak Tıbbi Bitkiler ve Fitokimyasallar

Sevgi GEZİCİ^{1*}, Didem KOÇUM²

¹ Gaziantep Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Temel Tıp Bilimleri, Tıbbi Biyoloji Anabilim Dalı, Gaziantep Türkiye

² Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Kilis, Türkiye

Sevgi GEZİCİ ORCID No: 0000-0002-4856-0221

Didem KOÇUM ORCID No: 0000-0003-2519-0608

*Sorumlu yazar: sevgigezici@gantep.edu.tr

(Alınış: 01.08.2021, Kabul: 29.09.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Anahtar Kelimeler

Nörodejeneratif bozukluklar, Tıbbi bitkiler, Tamamlayıcı tıp, Nöroprotektif, Geleneksel tıp

Öz: Nörodejeneratif hastalıklar, sinir hücrelerindeki yapısal ve işlevsel dejenerasyon ve/veya sinir hücrelerinin ölümü ile karakterize multifaktöryel hastalıklardır. Alzheimer, Parkinson, Huntington, Amyotrofik Lateral Skleroz ve Multiple Skleroz insanların yaşam kalitesini olumsuz yönde etkileyen ve hızlı ilerleme yeteneğinde olan en önemli nörodejeneratif hastalıklardır. Nörodejeneratif hastalıkların kesin bir tedavisi henüz bulunmamakla birlikte; hastalığın seyrini yavaşlatarak insanların yaşam kalitelerini artırmayı hedefleyen tedavi yaklaşımları uygulanmaktadır. Mevcut terapötik müdahaleler ve bu doğrultuda kullanılan ilaçların, kronik kullanımda ciddi yan etkiler meydana getirmiş olması, uygulanan tedavi stratejilerinde karşılaşılan en önemli güçlükler arasında olup; bu durum hastaların geleneksel tıp uygulamalarına yönelmesine neden olmuştur. Bu bağlamda, nörodejenerasyonda beyin hasarlarının iyileşmesine katkıda bulunan ve yeni sinaps oluşumlarını teşvik ederek öğrenme ve hafıza fonksiyonlarını artırıcı yönde potansiyele sahip olan nöroprotektif özellikteki tıbbi bitkilerle yapılan tamamlayıcı tıp uygulamaları günümüzde önemli bir yaklaşım haline gelmiştir. Tıbbi bitkiler; ihtiva ettikleri fitokimyasallar sayesinde, nörodejeneratif hastalık gelişimi ile ilişkili hücrel ve moleküler mekanizmalarda etkili olarak, hastalığın prognozunu yavaşlatmaya ciddi anlamda katkı sağlamaktadır. Bu derlemede, nörodejeneratif hastalıkların mekanizmaları ve bu hastalıkların tedavisinde terapötik ajan olarak kullanıma potansiyeline sahip olan nöroprotektif tıbbi bitkiler ve fitokimyasallar kaleme alınmıştır.

Medicinal Plants and Phytochemicals as Neuroprotective Agents in the Treatment of Neurodegenerative Diseases

Keywords

Neurodegenerative disorders, Medicinal plants, Complementary medicine, Neuroprotective, Traditional medicine

Abstract: Neurodegenerative diseases are multifactorial diseases characterized by structural and functional degeneration and/or death of nerve cells. Alzheimer's, Parkinson's, Huntington's, Amyotrophic Lateral Sclerosis and Multiple Sclerosis are the most important neurodegenerative diseases that negatively affect people's quality of life and can progress rapidly. Although there has been no definitive treatment for neurodegenerative diseases, yet; treatment approaches aiming to increase the people's quality of life by slowing the course of the disease are applied. The existing therapeutic interventions and the drugs used in this direction, causing serious side effects in chronic use, are among the most important difficulties encountered in the applied treatment strategies; which has caused patients to turn to traditional medicine practices. In this context, complementary medicine applications with neuroprotective medicinal plants, which contribute to the recovery of brain damage in neurodegeneration and have the potential to increase learning and memory functions by promoting the formation of new synapses, have become an important approach today. Thanks to the phytochemicals, medicinal plants contribute significantly to reduce the prognosis of the disease by effective in the cellular and molecular mechanisms associated with the development of neurodegenerative disease. The mechanisms of neurodegenerative diseases and neuroprotective medicinal plants and phytochemicals that have the potential to be used as therapeutic agents in the treatment of these diseases are summarized in this review.

1. GİRİŞ

Antik çağlardan bu yana, insanoğlu pek çok hastalığın şifasını doğada aramıştır. Bu nedenle, tedavi amacıyla bitkilerin kullanılması milattan önceki çağlara kadar uzanmaktadır. Günümüzde, dünya genelinde olduğu gibi, ülkemizde de bütünüleyici ve tamamlayıcı tıp alanında bitkiler ve bitkilerden elde edilen doğal bileşikler çoğu hastalığın tedavisinde tercih edilmekte ve her geçen gün kullanımlarına yönelik ilgi ve talep artmaktadır [1, 2, 3]. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından yapılan bir araştırmada; dünya üzerinde pek çok hastalığın tedavisinde halkın ilk başvurduğu tedavi yönteminin bitkisel kaynaklı olduğu ortaya konulmuştur [4, 5]. Bununla birlikte, dünya geneline bakıldığında reçeteye satılan ilaç içeriklerinin yaklaşık %25'lik kısmının bitkisel kaynaklı etken maddelerden oluştuğu da belirtilmiştir. Antitümör ve antimikrobiyal ilaçlar gibi bazı farmasötik sınıflar söz konusu olduğunda bu oran %60'lara kadar yükselmektedir [6,7].

Nörodejeneratif hastalıklar, dünya genelinde kanser ve kardiyovasküler hastalıklarından sonra önde gelen ölüm nedenleri arasındadır ve yeni tedavi stratejileri geliştirilmediği takdirde bu hastalık kaynaklı ölümlerin ilk sırada yer alacağı düşünülmektedir [8, 9]. Bu hastalıklar, sinir sisteminin temel yapı taşı olarak bilinen nöron hücrelerinin yapı ve fonksiyon kaybına uğraması sonucu, sinirsel iletimin gerçekleşmemesi ile karakterize edilen kronik ve ilerleyici bir hastalık grubudur. Nörodejeneratif hastalıkların etiyopatogenezinde rol aldığı düşünülen faktörlerden amiloid plaklar hücre dışı β -amiloid proteinin birikimi iken nörofibriler yumaklar ise hücre içerisinde tau-proteininin anormal düzeylerde fosforilasyonu ve yanlış katlanması şeklinde meydana gelir. Bunların yanı sıra oksidatif stres, mitokondriyal disfonksiyon, iskemi, nöroinflamasyon, genetik mutasyonlar, endoplazmik retikulum hücresel stresi, kolinerjik disfonksiyon, aksonal taşıma zincir bozuklukları, nöronlarda anormal protein birikimi, viral, fungal ve prion kaynaklı nöronal apoptoz, bozulmuş mikrogliyal hücre aktivasyonu, eksitotoksosite ve nörotoksosite diğer etiyopatogenetik faktörler arasında yer almaktadır [8-13].

Nörodejeneratif hastalıkların en önemli ve en sık karşılaşılan temsilcileri ise; Alzheimer (AH), Parkinson (PD), Huntington (HD), Amyotrofik Lateral Skleroz (ALS) ve Multiple Skleroz (MS) hastalıklarıdır. Nörodejeneratif hastalıklar her ne kadar farklı fizyolojik ve patolojik bulgulara sahip olsalar da hücresel mekanizmalarına bakıldığında benzer bulgular sergilemektedir [10,11]. Bu hastalıklarda, merkezi sinir sistemindeki makromoleküllerde artmış oksidatif hasar ile ilgili bulgular gözlemlenmiştir. Reaktif oksijen türleri (ROT), merkezi sinir sisteminde kortikal nöron ve sinir hücrelerinde kolinesteraz ve TYR enzimlerinin artışına sebep olup; kolinerjik iletimini engelleyerek, bunun sonucunda ise nöronlarda oksidatif stres ve apoptozu artırarak nörodejenerasyona neden olduğu bildirilmiştir [12, 13]. Nörodejeneratif hastalıkların tedavisi için geliştirilen mevcut ilaçlar, kesin bir tedavi yöntemi sunmayıp, sadece hastalığın seyrini yavaşlatma

eğilimindedir. Bu nedenle, bu ilaçların keşfinde kolinesteraz ve TYR enzimlerine karşı inhibitör özellikli sergileyen, antioksidan ve anti-inflamatuar potansiyele sahip etken maddelerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar hız kazanmıştır [9, 14].

Withania somnifera (ashwagandha), Ginseng, curcumin, resveratrol, *Baccopa monnieri* (su çöregi), Ginkgo biloba, *Centella asiatica* ve *Lycium barbarum* (wolfberry) gibi şifalı bitkiler ve flavonoidler, selastrol, trehaloz, likopen, sesamol, resveratrol ve kurkumin gibi doğal bileşikler, nörolojik hastalıkları önlemek veya nörolojik semptomları hafifletmek için *in vivo* veya klinik araştırmalarda kullanıldığı rapor edilmiştir [15, 16]. Sunulan bu derlemede, nörodejeneratif hastalıkların hücresel ve moleküler mekanizmalarını ve bu hastalıkların tedavisinde bütünüleyici ve tamamlayıcı tıp alanında kullanıma potansiyeline sahip olan tıbbi bitkiler ve bu bitkilerden elde edilen doğal bileşiklerin önemi vurgulanmıştır.

2. NÖRODEJENERASYON

Nörodejenerasyon, insan beynindeki nöronların doğrudan etkilendiği durumlarda meydana gelen ve nöral işlev kayıpları ile sonuçlanan olaylar dizisidir. Sinir hücrelerinin rejenerasyon yeteneklerinin olmaması bu olayın en önemli nedenlerinden birisidir [17, 18, 19]. Nörodejenerasyon birçok farklı nedenden dolayı meydana gelmekle birlikte; büyük bir kısmı canlılarda meydana gelen mutasyonlara bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Bu mutasyonlar, hastalıkla doğrudan ilişkili olabildiği gibi bazı durumlarda indirekt olarak görev yapan genlerden dolayı da meydana gelebilmektedir [17, 18, 20]. Nörodejenerasyon kaynaklı birçok hastalığın ortak özelliği mutasyona uğrayan genlerde sitozin-adenin-guanin (CAG) nükleotit tripletlerinin tekrarlanmasıdır. Bu tekrarlanmanın sonucunda, glutamin amino asidi meydana gelmekte ve hücrede fazladan oluşan glutamin ise; yanlış protein katlanmalarına, hücre içi lokalizasyon bozukluklarına ve diğer proteinler ile anormal interaksiyonlar ile meydana gelen toksik formdaki kaskadlara neden olmaktadır [21, 22]. Yapısal olarak normal olmayan proteinlerin hücre, doku ve organlarda fonksiyon bozukluğu oluşturması olayına 'proteopati' adı verilir [23]. Yanlış konfigürasyondan dolayı proteinler bu süreçte toksik etki oluştururlar veya fonksiyonlarını kaybederler [24]. Alzheimer, Parkinson ve Prion hastalığı gibi nörodejeneratif hastalıklarının kaynağı olarak proteopati olayı sorumlu tutulmaktadır. Alzheimer hastalığının sebeplerinden olan beta amiloid (β -amiloid) kalıntıları ile nörofibriler yumakların oluşumu bu durumun en iyi örnekleri olarak literatürlerde belirtilmiştir [17, 20, 25]. Diğer bir faktör ise, yanlış katlanmış veya işlenmemiş bu proteinlerin sağlıklı bir şekilde ortadan kaldırılamamasıdır. Bu aşamadaki temel sorun protein degradasyon süreçlerindeki eksikliklerden ileri gelmektedir. Degradasyon işlemleri yanlış gittiğinde hastalıkların oluşumundaki temel etken olarak kabul edilen ve hücre veya dokularda anormal olarak biriken protein kalıntıları meydana gelmektedir [26]. Bu nedenle mevcut araştırmalar bu yollardaki enzimlerin işlevsizliğinden

ziyade; ilgili enzimlerin neden yanlış işlev gösterdiği üzerinde yoğunlaşmış durumdadır [18, 27].

Nörodejenerasyon sonucunda ortaya çıkma olasılığı en fazla olan patolojilerin başında; Alzheimer, Parkinson, Huntington ve Amyotrofik Lateral Skleroz hastalıkları gelmektedir. Bunun dışında daha az sıklıkla görülen; Prion, Spinoserebellar Ataksi, Spinal Müsküler Atrofi ve Motor nöron hastalıkları da nörodejeneratif hastalık türleri içerisinde yer almaktadır [13,17]. Bu hastalıkları birbirinden ayıran en önemli fark, hastalık sürecinde bozukluktan etkilenen hücre veya doku tiplerinin birbirinden farklı olmasıdır. Örneğin; Alzheimer hastalığında nöronların yaygın hasarı hipokampus ve nörokortekste çok ciddi düzeyde iken; bunun tam tersi olarak Parkinson hastalığında beyin ve korteks bölgesindeki nöronlar hasardan etkilenmezken, substantia nigradaki dopaminerjik nöronlarda yaygın hasar söz konusudur [25, 28, 29].

3. NÖRODEJENERATİF BOZUKLUKLAR İLE İLİŞKİLİ ENZİMLER

Enzimler, biyolojik sistemlerde yer alan protein veya proteid yapısındaki biyomoleküllerdir. Canlı organizmalarda gerçekleşen metabolik süreçlerde ve doku içerisinde meydana gelen biyokimyasal reaksiyonlarda katalizör olarak rol oynamaktadırlar [30, 31]. Enzimlerde protein yapıyı oluşturan amino asitlerin dizilişi, sayısı ve sırası belirli bir düzen içerisindedir; bu durum enzimin substrata özgüllüğünü ve her enzimin eşsiz üç boyutlu yapıya sahip olmasını sağlamaktadır

[31]. Enzimlerin büyük bir kısmı protein yapısında iken, diğer bir kısmı ise farklı maddeler ihtiva etmektedir [30]. Protein yapısında olan enzimlerde; proteinlerin primer, sekonder, tersiyer ve kuaterner yapısını koruması, enzimin aktifliği açısından oldukça önemlidir. Enzimler denaturasyona uğradıklarında ya da amino asit birimlerine kadar parçalanmaları durumunda aktivitelerini kaybetmektedir [32].

Enzim komisyonu (EC) 1961 yılında enzimleri katalizledikleri reaksiyonların çeşidine ve reaksiyon mekanizmalarına göre temel olarak altı ana sınıfa ayırırken; bu altı kategori, Ağustos 2018’de yeni bir sınıf olan translokazların eklenmesi ile yedi ana sınıfa ayrılmıştır. Enzimlerin genel olarak sınıflandırılması Tablo 1’de verilmiştir [30, 31].

Kolinesteraz enzimleri, plazma ve vücut sıvılarında bulunan kolinerjik ve non-kolinerjik dokularda geniş bir dağılıma sahip olan enzimlerdir. Bu enzimler substrat özgüllüğüne, aşırı substrat varlığındaki davranışlarına ve inhibitörlerine karşı duyarlılıklarına göre iki sınıfa ayrılmıştır. AChE veya gerçek kolinesteraz (AChE: E.C.3.1.1.7, asetilkolin asetilhidrolaz) ve bütirikolinesteraz (BChE: E.C.3.1.1.8 açilkolin açilhidrolaz) spesifik olmayan kolinesteraz veya psödokolinesteraz olarak bilinir. AChE beyin ve eritrositlerde, yüksek konsantrasyonlarda bulunurken, BChE ise; serum, pankreas, karaciğer ve santral sinir sisteminde bulunmaktadır [33].

Tablo 1. Enzimlerin sınıflandırılması

Enzim grubu	Katalizlediği reaksiyon	Örnek
Oksidoredüktazlar	Hidrojen ve oksijen atomunu veya bir elektronu bir substrattan bir diğerine taşırlar.	Dehidrojenazlar Oksidazlar
Transferazlar	Spesifik bir grubu (fosfat, metil vs.) bir substrattan diğerine taşırlar.	Transaminazlar Kinazlar
Hidrolazlar	Substratı hidroliz ederler.	Esterazlar
İzomerazlar	Substratın molekül formunu değiştirirler.	Fosfohekzoizomeraz Fumaraz
Liyazlar	Bir grubu eklerken veya çıkarırken hidroliz etmeden taşırlar.	Dekarboksilazlar Aldozlar
Ligazlar (Sentetazlar)	Yeni bağlar aracılığı ile iki molekülün birleşmesini katalizler.	Sitrikasit sentetaz
Translokazlar	İyonların ve moleküllerin hücre boyunca translokasyonunu veya membranlar içinde ayrılmasını katalizler.	ATP'nin ADP'ye defosforilasyonu

*Sumulan veriler Tao ve ark., 2020; Vandenberghe ve ark, 2020'den alınmıştır.

AChE ve BChE nöronal sistemi etkileyen enzimler olup, aktivitelerinin azalması durumunda nörodejeneratif hastalıklar arasında en sık görülen Alzheimer hastalığının gelişimine ve ilerlemesine neden olmaktadır [19, 25, 32, 34]. Alzheimer hastalığından sonra en sık görülen nörodejeneratif hastalık olan, Parkinson hastalığı ise beyinde dopamin üreten bölgedeki hücre kaybı nedeniyle, dopamin eksikliğinden kaynaklanan bir hastalıktır [35]. Oksidoredüktazlar sınıfı bir enzim (EC 1.14.18.1) olan tirozinaz, insan beyninde nöromelanin oluşumunda rol oynamakta ve bu süreçte dopaminin oksidasyonu ile dopakinonları oluşturmaktadır.

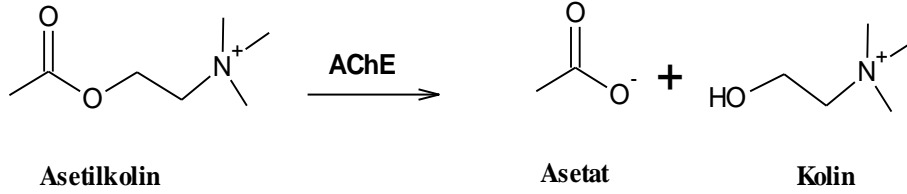
Dopakinonun aşırı üretildiği durumlarda ise, sinir hasarı ve hücre ölümüne neden olmaktadır. Bu sebeple, tirozinaz enzimi dopamin nörotoksitesine yol açarak Parkinson ve Huntington hastalığı gibi nörodejeneratif hastalıklardan sorumlu olabileceği ileri sürülmektedir [28, 35, 36].

Son zamanlarda daha da önemli hale gelen ve immün hastalıklar, metabolik bozukluklar, kanser, kardiyovasküler ve nörodejeneratif hastalıklar gibi pek çok hastalığın tedavisinde kullanılan ilaçların, büyük bir kısmına enzim inhibitörleri dahil edilmiştir [37]. Enzim

inhibitörleri (baskılayıcıları), enzimlerin *in vivo* ve *in vitro* aktivitelerini yavaşlatan veya sonlandıran küçük molekül ağırlığındaki maddeler olup, bu inhibitörlerin aktif olarak etkisini gösterdiği mekanizma ise ‘enzim inhibisyonu’ olarak adlandırılmaktadır [38]. Enzimlerin inhibisyona uğraması, biyolojik sistemlerin en önemli kontrol mekanizmalarıdır. Birçok kimyasal madde, ilaç ve zehirli bileşikler de etkilerini bu mekanizma aracılığı ile gerçekleştirmekte veya gerçekleştirememektedir. Enzim inhibitörleri bu özelliklerinden dolayı birçok fizyolojik durumda ilaç olarak da kullanılmaktadır. Ayrıca enzim inhibitörleri kullanılarak biyokimyasal reaksiyonların hızının düşürülmesi ya da tamamen durdurulması birçok hastalığın tedavisinde umut vaat eden bir gelişme olmuştur. Bu nedenlerle enzim inhibisyonu, enzim mekanizmalarının aydınlatılması çalışmalarında ve farmasötik alanda oldukça ilgi çeken bir araştırma konusu haline gelmiştir. Doğal ürünler enzimler ile reaksiyona girerek enzimlerin aktivitesini kontrol edebilmekte ve aynı zamanda sentetik ilaçların oluşturduğu birçok olumsuz etkilerinden dolayı daha çok tercih edilmektedir [32]. Nörobilim alanında yapılan araştırmalar sonucunda son zamanlarda literatürde nöroprotektif (nöron koruyucu) etkisi olduğu öne sürülen moleküller keşfedilmiş ve bunların farklı serebral hasarlarda koruyucu etkileri olduğu kanıtlanmıştır [39].

3.1. Kolinesteraz Enzimleri

Kolinesterazlar, plazma ve diğer vücut sıvılarında bulunan kolinerjik veya non-kolinerjik dokularda geniş



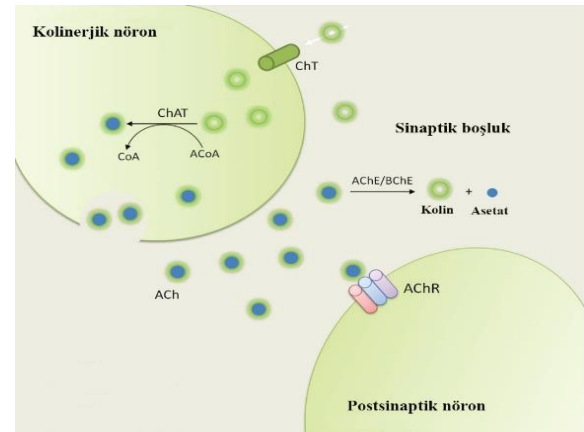
Şekil 1. Asetilkolinesteraz enziminin hidroliz mekanizması [44]

Bu reaksiyon sonucunda üretilen ACh; sinaps öncesindeki nöronlarda bulunan şeffaf veziküller içerisinde depolanırken, çok küçük bir kısmı ise sitozolde serbest halde bulunmaktadır. Veziküller, nörona sinir uyarısı geldiğinde içeriğini sinaptik aralığa boşaltmaktadır. Sinaptik aralığa salgılanan ACh moleküllerinin büyük bir kısmı postsinaptik membran üzerinde yer alan reseptörlere bağlanır, bağlanamayan ACh'ler ise AChE enzimi tarafından hidroliz edilir. Postsinaptik reseptörlere bağlanan ACh molekülleri, sinir uyarısının diğer nörona iletilmesiyle reseptörden ayrılır ve AChE tarafından yıkılır, böylece açığa çıkan ACh yeniden kullanılmak üzere presinaptik nörona gönderilir (Şekil 2) [44, 45].

bir dağılıma sahip olan enzim grubudur. Canlı organizmalar da bulunan kolinesterazlar substrat özgüllüklerine ve inhibitörlerine olan duyarlılıklarına göre asetilkolin esteraz (AChE) ve bütirikolin esteraz (BChE) olmak üzere 2 alt gruba ayrılmıştır [40, 41].

3.1.1. Asetilkolinesteraz (AChE) enzimi

Asetilkolinesteraz (AChE) enzimi; nörotransmitter asetilkolini (ACh) hidrolizleyerek dokularda serbest veya fosfolipidlerle bileşik halde bulunan karboksilesteraz ailesine ait bir enzimdir. Hidrolize edilen asetilkolin biyolojik öneme sahip bir ester olup; karaciğer, dalak, eritrositler, sinir uçları ve beyinde bulunmaktadır. AChE, sinir gazları (diizopropil florofosfat) ve pestisitler gibi organofosfor bileşikler tarafından inhibisyon için birincil hedef olarak tespit edilmiştir [40, 42, 43]. Asetilkolin (ACh) aracılı nörotransmisyon (sinir iletimi) sinir sisteminin fonksiyonunu yerine getirebilmesi için oldukça önemlidir. ACh; kolinasetiltransferaz (ChAT) tarafından katalizlenen reaksiyon sonucu oluşan, asetil-ko-A'dan gelen asetil ve kolinin birleştirilmesi sonucu tanımlanan ilk nörotransmitterdir. AChE'nin katalitik aktivitesi oldukça yüksek olup; saniyede 25.000 ACh molekülünü hidroliz reaksiyonuyla (Şekil 1) asetat ve kolin birimlerine dönüştürebilmektedir [42, 43, 44].



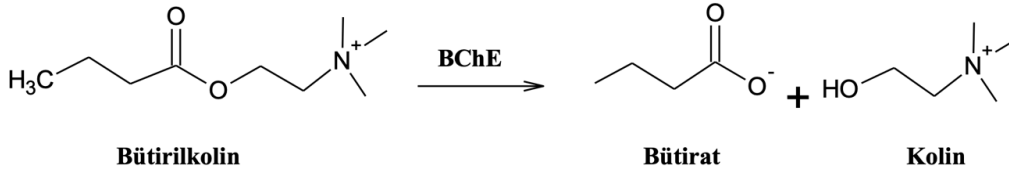
Şekil 2. Asetilkolinesteraz enziminin sinir hücrelerindeki fonksiyonu [45]

Nöron ve akson sinirsel iletişim kaybı ile başlayan bu gibi hastalıklar, sinir hücrelerinden daha düşük seviyelerde asetilkolin salınmasına neden olmaktadır [25, 46]. Düşük konsantrasyondaki nörotransmitter düzeylerinde sinir iletilerinin devamlılığının sağlanması ve bilgilerin aktarımı daha da güçleşmektedir. Elbette ki;

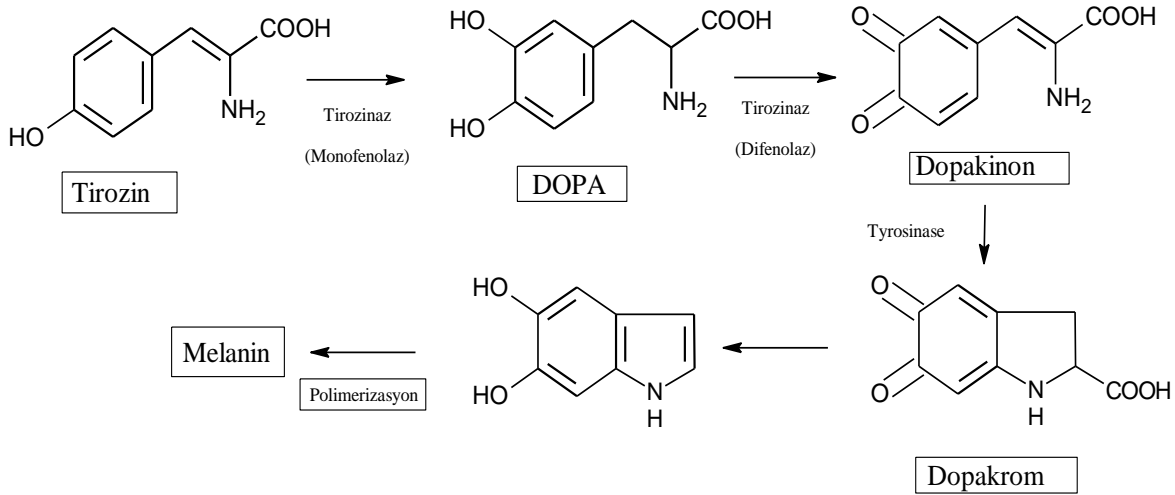
bu durumu düzeltmek ve sinirsel iletimin devamlılığını sağlamak için günümüzde birçok çalışma stratejileri yapılmakta; bu stratejiler (1) ACh benzeri moleküllerin verilmesi veya (2) ACh'nin yıkımına neden olan ve AChE enzimini inaktif hale getiren kolinesteraz inhibitörlerinin kullanılması şeklindedir [40, 47].

3.1.2. Bütirikolinesteraz (BChE) enzimi

Bütirikolinesteraz enzimi (BChE) yaklaşık olarak 342 kDa ağırlığında ve karaciğer tarafından sentezlenerek



Şekil 3. Bütirikolinesteraz enziminin hidroliz mekanizması [44]



Şekil 4. Tirozinaz enziminin hidroliz mekanizması [50]

BChE'nin esteraz aktivitesi, organofosfat ve karbamat yapılu bileşiklerin asetilkolinesteraza ulaşmadan dolaşımdan temizlenmesinde ve asetilkolinesteraz yokluğunda kolinerjik sinir sisteminin kontrolünde rol oynar [34]. BChE'nin nöronal dağılımına bakıldığında, serebral korteks alanların büyük bir kısmında, özellikle somatosensör sistem, singulat ve görme kortekslerinde, amigdala ve hipokampal (beyindeki beyaz çıkıntı) oluşumunda yer aldığı görülmektedir [25]. Bu enzim, sağlıklı beyinde nöron ve glial hücrelerde bulunurken; Alzheimer hastalarında amiloid β - plaklar ve nörofibriller yumaklarda bulunmaktadır [19, 25]. Yüksek düzeylerde ki BChE konstrasyonları, Alzheimer hastalığının semptomları olan amiloid β - plakların ve nörofibriller yumakların oluşumu ve gelişiminde önemli derecede rol oynamaktadır [25]. Yapılan çalışmalar sonucunda Alzheimer hastalarının beyinlerinde bütirikolinesteraz miktarının normal seviyelere göre oldukça fazla olduğu saptanmıştır. Bu nedenle asetilkolinesteraz enzimini inhibe eden ilaçların aynı zamanda; bütirikolinesteraz enzim inhibisyonunda da ilgili olabileceği düşünülmektedir [19, 25, 34].

kana karışan tetramerik bir glikoproteindir. BChE; memelilerde biyolojik substratı olmayan bir enzim olup; BChE aktivitesinin kolesterol ve LDL (düşük yoğunluklu lipoprotein) kolesterol derişimi ile ilgili olduğu düşünülmektedir. BChE; ince bağırsak, yağ dokusu, beyin ve akciğer gibi farklı dokularda bulunmaktadır ve bütirikolini, bütirat ve koline hidrolize etmektedir (Şekil 3) [19, 34, 44].

3.2. Tirozinaz (TYR) Enzimi

Oksidoredüktaz sınıfı bir enzim (EC.1.14.18.1) olan tirozinaz, aynı zamanda polifenol oksidaz, fenolaz, katekol oksidaz, kresoz ve katekolaz olarak da bilinen bir enzimdir [48]. Tirozinaz (TYR), ilk kez 1856 yılında Schobenbein tarafından mantar içerisinde keşfedilmiş, dinükleer bakır taşıyan bir enzimdir. Bu enzim birçok bitki dokusunda, bazı mantarlarda ve böceklerde de bulunmaktadır. Tirozinaz enzimi; cilt, saç ve göz rengi pigmentasyonu, sklerotizasyon olayı (böcekler kutikulanın sertleşmesi), birincil bağışıklık yanıtı ve konakçı savunması gibi birçok temel biyolojik olaydan sorumludur [28, 36, 48]. TYR, melanositler tarafından 'melanogenezis' adı verilen kompleks bir süreç sonucunda üretilen melaninin biyosentezi sırasında hız sınırlayıcı olarak ilk iki basamağı katalizleyen bir enzimdir [48]. Melaninin deride anormal şekilde birikmesi sonucunda hiperpigmentasyon ile ilişkili cilt rahatsızlıkları ortaya çıkmakta ve genellikle cilt üzerinde koyu renkli lekeler meydana getirmektedir. Deride meydana gelen hiperpigmentasyon tedavisi için klinikte

hidrokinonlarla beyazlatma, retinoitler ile anti-inflamatuvar tedavi ve tirozinaz inhibitörlerinin kullanımı söz konusudur. TYR inhibitörleri; kozmetik sektöründe ‘cilt beyazlatıcı’ (skin-whitening) etkisinden dolayı çok fazla kullanılmaktadır [28, 36, 49]. Ayrıca meyve ve sebzelerin işlenmesinin ardından enzimatik kararmaya neden olan TYR enzimi; ürünün kalitesini düşürerek maddi kayıplara neden olmaktadır. Bu amaçla gıda endüstrisinde hasat ve işleme sonrası enzimin aktivitesinin minimuma indirebilmek amaçlanmaktadır [28, 36, 48].

Tirozinaz (TYR), melanin sentezinin kritik basamaklardan olan monofenollerin orto-difenollere hidroksilasyonunu ve orto-difenollerin de orto-kinonlara oksidasyonunu katalizleyen yapısında iki adet bakır atomu içeren bir enzimdir (Şekil 4) [28, 36, 48]. Bununla birlikte tirozinaz; tirozinin L-DOPA hidroksilasyonunu ve bunun ardından ise L-DOPA oksidasyonunu katalizleyerek melanin biyosentezinde rol oynamaktadır [28, 36, 48, 49]. Ayrıca, tirozinaz enzimi insan beyinde nöromelanin oluşumunda rol alarak dopaminin oksidasyonu ile nöromelanin kaynaklı nörotoksositeye sebep olmaktadır [35, 36, 39, 48]. Bu enzim, önemli nörodejeneratif rahatsızlıklardan biri olan Parkinson hastalığının patolojisinde ve fizyolojisinde; beyinde motor fonksiyonların gerçekleştirilmesinden sorumlu bölge olan bazal ganglionlardan substantia nigra bölgesindeki dopaminerjik nöronlarda hasar oluşturduğu gözlemlenmiştir [35, 36, 51]. Buradaki nöronlar birbirleriyle dopaminerjik ileti ile etkileşmektedir. Bu yolakta 5-S-sisteinil- dopamin katalizlediği oksidasyon reaksiyonu sonucu, bazı nörotoksik metabolitlerin oluşumuna yol açtığı için Parkinson hastalarında dopamin toksisitesi gözlenmektedir [48]. Bu nedenle Parkinson hastalarında tirozinaz enzimi inhibitörlerinin

kullanılması yapılan çalışmalar sonucunda hız kazanmıştır. TYR enziminin en iyi bilinen inhibitörlerinden olan kojik asit başta olmak üzere çeşitli sentetik inhibitörler geliştirilmiş; ancak bunların toksik etkilerinin bulunması nedeniyle, alternatif olarak doğal inhibitörlere yönelik çalışmalar gün geçtikçe artmaktadır [36, 52].

4. NÖRODEJENERATİF HASTALIKLARIN TEDAVİSİNDE KULLANILAN TIBBİ BİTKİLER VE FİTOKİMYASALLAR

Nörodejeneratif hastalıklar, dünya genelinde milyonlarca insanı etkileyen multifaktöriyel, ilerleyici ve ölümlü sonuçlanan bir hastalık grubudur. Yapılan araştırmalar doğrultusunda bu hastalıkların fizyopatolojisi; bilişsel ve davranışsal bozukluklar, demans, hafıza kaybı, kolinerjik dejenerasyon, dopaminerjik nöron hasarı, A β plakların oluşumu, oksidatif stres, artmış veya azalmış AChE, BChE ve TYR enzim aktiviteleri, genetik mutasyonlar, eksitotoksosite ve nöronal hücre ölümü ile karakterize edilmiştir [15, 53, 58]. Bu hastalıkların henüz kesin bir tedavisi bulunmamakla birlikte, ilerleme sürecini yavaşlatan ve hastanın yaşam kalitesini iyileştiren bazı ilaçlar mevcuttur. Günümüzde kullanılan bu ilaçların en büyük handikapı ise düzenli kullanımda ciddi yan etkilerinin bulunmasıdır. Ancak tıbbi bitkiler ve bu bitkilerden izole edilen fitokimyasallar hedef alınarak uzun vadede yan etki profili düşük olan yeni yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır [16, 53, 54, 58, 60, 72]. Bu nedenle nörodejeneratif hastalıkların tedavisinde sıklıkla kullanılan ve literatürde bildirilen bazı tıbbi bitkiler, bitkilerin kullanılan kısımları ve bu hastalıklarda fayda sağladığı düşünülen fitokimyasalları ve bu bileşiklerin etki mekanizması Tablo 2’de özetlenmektedir.

Tablo 2. Nörodejeneratif hastalıkların tedavisinde kullanılan tıbbi bitkiler ve fitokimyasallar

Bilimsel adı	Kullanılan kısım	Fitokimyasallar	Etki mekanizması	Kaynaklar
<i>Acorus calamus</i> L.	Rizom	α - ve β - asaron	AChE inhibitör aktivite	[16, 53, 54]
<i>Allium sativum</i> L.	Soğan	S-Allil sistein	Dopamin toksisitesi, lipid peroksidasyonu ve süperoksit (O $_2^{\cdot-}$) radikal üretiminin azaltılması, gelişmiş süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesi göstermektedir.	[16, 54, 55]
<i>Angelica archangelica</i> L.	Kök, meyve	angelik asit, angelisin, umbeliferon, furanokumarin, ksantotoksin, imperatorin	AChE ve BChE inhibitör aktivite	[53, 56, 57]
<i>Bacopa monnieri</i> (L.) Wettst.	Toprak üstü, rizom, yaprak	bacoside-A, bacoside, betulinik asit, D-mannitol, stigmasterol, stigmastanol, β -sitosterol	Kolinerjik dejenerasyonu inhibe ederek, hafıza artırıcı etki sergiler.	[15, 16, 54, 58]
<i>Bertholetia excelsa</i> Humb. & Bonpl.	Meyve	lesitin	ACh konsantrasyonun artmasını sağlar.	[53]
<i>Biota orientalis</i> (L.) Endl.	Yaprak	15-metoksipinolidik asit, izopimaran diterpen, ent-izopimara-15-en-3-alfa, lambertianik asit, 15-dien-18 oik asit, 8-alfa-diol diterpenler,	AD hastalığının tedavisinde fosfodiesterazı inhibe ederek, nöroprotektif etki göstermektedir.	[16]
<i>Camelia sinesis</i> (L.) Kuntze	Yaprak	Epikateşin-3-gallat	PD’da substantia nigra bölgesinde demir birikimini azaltarak, beyinde demir homeostazını sağlayarak dopaminerjik nöronları ve dopamin düzeylerini korumaktadır. Ayrıca A β plakların oluşumuna neden olan enzimleri inhibe ederek, plak oluşumunu engeller.	[16, 59]

Tablo 2 (Devamı). Nörodejeneratif hastalıkların tedavisinde kullanılan tıbbi bitkiler ve fitokimyasallar

Bilimsel adı	Kullanılan kısmı	Fitokimyasallar	Etki mekanizması	Kaynaklar
<i>Cannabis sativa</i> L.	Toprak üstü	kannabidiol (CBD), Δ9-tetrahidrokanabinol (THC)	Aβ proteinlerinin üretimini yavaşlatarak, sinirsel iletme yardımcı olur.	[60, 61, 62]
<i>Cassia obtusifolia</i> Linn.	Tohum	rubrofusarin, izorubrofusarin	AChE ve BChE inhibitör aktivite sergiler. PD'da beyinin substantia nigra ve strium bölgelerinde dopaminerjik nöron hasarına karşı nöroprotektif etki gösterir.	[16, 54, 63]
<i>Celastrus paniculatus</i> Willd.	Tohum	trigliserit, serbest yağ asitleri, diğlisericit, esterleşmiş steroller, monoglisericit	Kolinerjik aktiviteye sahip olup, hafızayı güçlendirir ve dopamin nörotoksitesini engeller.	[16, 54, 58]
<i>Centella asiatica</i> L.	Yaprak	asiatik asit, asiyatikozid, madekassik asit	Oksidatif stres ve β-amiloid seviyelerini azaltarak, hafıza güçlendirici etki gösterir.	[15, 16, 53, 54]
<i>Chaenomeles speciosa</i> (Sweet) Nakai	Meyve	Rutin, kateşin ve epikateşin	AChE ve BChE inhibitör aktivite, PD hastalarında dopamin taşınımının kontrol edilmesi, nörotoksitenin engellenmesi ve TYR enzim aktivitesinin korunmasını sağlar.	[16, 64]
<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Meyve	flavon, flavon glikozitleri, naringenin, polymethoxyflavones	PD'da substantia nigra bölgesinde dopaminerjik nöronların toksitesini ve TYR enziminin hidroksilasyonunu yavaşlatır.	[16]
<i>Coffea arabica</i> L.	Tohum	kafein, kafeik asit, klorojenik asit	Aβ proteinlerinin üretimini baskılayarak ve adenozin reseptör antagonist nöronları eksitotoksiteden koruyarak, oksidatif stresi azaltabilmektedir. Ayrıca PD'da striatal dopamin seviyelerinin ve dopamin taşıyıcı bağlanma bölgelerinin kaybını azaltıcı aktivite gösterir.	[16, 54, 65, 66]
<i>Collinsonia canadensis</i> L.	Kök	karvakrol, timol	AChE enzimini inhibe ederek, ACh yıkımını engeller.	[16, 53, 67]
<i>Commiphora wightii</i> (Arn.) Bhandari	Reçine	terpenler, seskiterpenler, kumin aldehit, öjenol, keton steroidleri Z- ve E- guggulsteronları, I, II ve III guggulsteronları	Aβ ve ChAT düzeylerinin azalmasına yardımcı olur ve hafıza güçlendirici etki sağlar.	[16, 54, 58]
<i>Convolvulus pluricaulis</i> Chois.	Toprak üstü	konvolin, konvalidin, konvolin, konvosin, konvolamin, konfelin, kampferol, fitosteroller	Korteks ve hipokampusta AChE enzim inhibisyonu sağlayarak nöroprotektif etki gösterir.	[15, 16, 54, 58, 68]
<i>Crocus sativus</i> L.	Stigma	gentsik asit, gallik asit, likopen, krosin, α- ve β- karoten, zeaksantin, pikrokrosin, safran	AChE enzim aktivitesini azaltarak ACh seviyelerinin artmasını sağlar. Aβ ve tau proteinlerinin kümelenmesini engelleyerek bilişsel bozuklukları azaltır.	[16, 54, 60, 69]
<i>Curcuma longa</i> L.	Rizom	kurkumin, demetoksi kurkumin (DMC), bidemetoksi kurkumin	Endojen antioksidanları aktivite ederek oksidatif stres durumunu, dopaminerjik nöron dejenerasyonunu, Aβ oluşumunu önlüyor. Ayrıca AChE ve TYR enzim hidroksilasyonunu engeller.	[53, 54, 58, 60, 70, 71]
<i>Galanthus nivalis</i> L.	Soğan	galantamin, izokinolin alkaloitleri	AChE enzimi spesifik inhibitörü olup, nikotinik ACh reseptörlerini allosterik olarak modüle ederek kolinerjik sinir iletimini güçlendirir.	[16, 53, 54, 60]
<i>Ginkgo biloba</i> L.	Yaprak	terpen trilakton, gingkolid A, B, C, J, bilobalid, biflavonoid, alkilfenoller, poliprenol, proantosiyanidin	Nöronların serbest radikaller, β-amiloid kaynaklı nörotoksite, lipid peroksidasyonu ve oksidatif stres durumu gibi faktörlerden korunmasını sağlar. Aynı zamanda beyinde kan akışını hızlandırarak, hafıza ve konsantrasyon gibi kognitif fonksiyonlar üzerinde olumlu etki sağlar.	[16, 53, 54, 60, 69]
<i>Glycyrrhiza glabra</i> L.	Kök	glisirizin, glisirizik, gliserinitik asit, glukuronik asit	AD ve PD'da apoptotik nöronal hücre ölümüne karşı nöroprotektif etki gösterir.	[16, 53, 54, 72]
<i>Huperzia serrata</i> (Thunb.) Trevis.	Tüm bitki	lycoposerramine H, serratinine, obscuramine A, 11α-O- asetillikopodin, huperzine A, huperzine B, huperzinine, likodin	Seçici ve güçlü AChE enzim inhibitörüdür.	[16, 53, 54, 60]
<i>Hypericum perforatum</i> L.	Toprak üstü	tanen, uçucu yağlar, kolin, hiperisin, hiperforin	AD ve PD'da oksidatif stresi azaltarak nörotoksite ve nöroinflamasyonu önler. Aβ peptidlerinin neden olduğu nöronal hücre ölümüne karşı koruma sağlar.	[54, 73]

Tablo 2 (Devamı). Nörodejeneratif hastalıkların tedavisinde kullanılan tıbbi bitkiler ve fitokimyasallar

Bilimsel adı	Kullanılan kısmı	Fitokimyasallar	Etki mekanizması	Kaynaklar
<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.	Toprak üstü	geraniol, linalil asetat, ursolik asit, linalol, borneol, luteolin, sineol, bütirik asit, kamphor, valerik asit	AChE enzim inhibitör aktivitesini engeller. Oksidatif stresi önleyerek bilişsel bozuklukları iyileştirir ve nörolojik hasara karşı korur.	[54, 60]
<i>Lepidium meyenii</i> Walp.	Kök	asiklik ketonlar, alkaloidler, amino asitler, arginin, histidin, fenilalanin, tirozin, antosiyanin, treonin, glucotropaeolin	AChE enzim inhibitörü olup, serbest radikallere karşı antioksidan aktivite sergileyerek, bilişsel bozuklukları iyileştirir.	[16, 74]
<i>Lycium barbarum</i> L. / (<i>Wolfberry</i>)	Meyve	zeaksantin, lutein, p-kumarik asit, betain, serebrozid, β -sitosterol	A β proteini ile aktive olan kaspaz-3 ve LDH aktivitesini zayıflatarak nöron koruyucu etki gösterir. Ayrıca NF- κ B ve MAP kinazı inhibe ederek oksidatif stres durumunu ve glutamat kaynaklı nörotoksistiteyi azaltır, nöronal hücre ölümünü önleyici aktivite sergiler.	[15, 75]
<i>Magnolia officinalis</i> Rehder & Wilson	Kabuk	magnolol ve honokiol	AChE enzim inhibisyonu ile bilişsel bozuklukları engeller ve antioksidan aktivite sergiler.	[16, 53]
<i>Matricaria recutita</i> L.	Toprak üstü	bisabolol oksit A, bisabolol B, alfa-bisabolol (levamenol), cis-enyne-bicycloether, bisabolol oksit A, kamazulen, spathulenol, E-beta-farnesen	SOD, CAT ve GSH düzeylerini artırarak beyinde yüksek düzeylerdeki lipid peroksidasyonu ve oksidatif stres durumunu azaltarak nöroprotektif etki gösterir.	[76]
<i>Melissa officinalis</i> L.	Toprak üstü	kafeik, rozmanirik, ferulik ve hidroksisanimik asit, izokuersitrin, luteolin-7-O-glukozit, ramnositrin, metil karnosoat	AChE enzim inhibitörü ve antioksidan aktivitesi sayesinde AD hastalığının önlenmesi ve tedavisinde fayda sağlar.	[16, 53 54, 60]
<i>Morus alba</i> L.	Kök kabuğu, yaprak, meyve	polifenoller, antosiyanin, rutin, kuersetin, α ve γ tokoferol	AChE ve BChE inhibitör aktivite, mitokondriyal zar stabilizasyonu, apoptozda yer alan Bcl-2, Bax ve kaspaz-3 proteinlerinin ekspresyonunu düzenler. Ayrıca substantia nigra bradikinezi ve dopaminerjik nöron hasarını hafifletir.	[16, 77]
<i>Nigella sativa</i> L.	Tohum	timokinon	PD'da MPP+ ve rotenon kaynaklı dopaminerjik nöron hasarına karşı koruma sağlar. Antioksidan, anti-inflamatuar, AChE inhibisyonu, β -amiloid azalması, artan serebral kan akışı, nörotransmitter modülasyonu (ACh, 5-HT ve dopamin) aktivitelerine sahiptir.	[16, 78]
<i>Panax ginseng</i> C.A.Mey.	Kök	ginseng, ginsenosidler, saponinler, 20(S)-protopanaxadiol (PPD), 20(S)-protopanaxatriol (PPT)	Psikomotor ve bilişsel becerileri artırarak, kolinerjik sistemi antioksidan, nöroinflammatuar, nöroapoptotik, nöroprotektif özellikleri sayesinde koruyup, AD hasarını azaltıp, hasarlı nöronları onarabilmektedir.	[16, 53, 54, 60, 72]
<i>Piper methysticum</i> G. Forst.	Rizom	2, 5, 8-trimetil-1- naftol, 8,11-oktadekadienoik asit-metil ester, 5-hidroksi-4',7'-dimetoksiflavanon	MAO-B inhibitörü olup, dopamin seviyelerinin artmasını sağlar.	[16, 79]
<i>Polygala tenuifolia</i> Willd.	Kök	ksanton, saponinler, oligosakkarit esterleri	AChE inhibisyonu ve ROS, kaspaz-3 düzeylerinde azaltıcı etkiye sahiptir.	[16, 60]
<i>Polygonum multiflorum</i> Thunb.	Kök	krizofanol, emodin, phycion, noreugenin, apigenin, aloemodin, rhein, daukosterol, beta-sitosterol, stearik asit	A β kaynaklı bilişsel eksiklikleri iyileştirir. Oksidatif strese ve kortikal nöronlarda glutamat kaynaklı nörotoksistiteye karşı inhibitör etki gösterir.	[16, 80]
<i>Pueraria thomsonii</i> Benth.	Kök	daidzein, daidzin, genistein, puerarin	6-hidroksidopamin (6-OHDA) ile indüklenen toksistiteye karşı nöroprotektif etki gösterir ve kaspaz-3 ve kaspaz-8 aktivasyonunu inhibe eder.	[16, 81]
<i>Rheum glabricaule</i> Sam.	Kök	palmitik asit, daukosterol, krizofanol-8-me eter, sitreosein, krizofanol-8-O-beta-D-glukopiranozit	A β kaynaklı nörotoksistiteye karşı koruyucu etki gösterir.	[16, 54]

Tablo 2 (Devamı). Nörodejeneratif hastalıkların tedavisinde kullanılan tıbbi bitkiler ve fitokimyasallar

Bilimsel adı	Kullanılan kısmı	Fitokimyasallar	Etki mekanizması	Kaynaklar
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	Toprak üstü, yaprak	apigenin, oleanolik asit, rozmarinik, karsonik, kafeik, betulinik ve ursolik asit, karvakrol, öjenol, timol, kamphor, rosmaridifenol, rosmanol	A β agregasyonu, AChE ve BChE inhibitörü, nöroinflamasyon, β -sekretaz (BACE-1) aktivitesi, lipid peroksidasyonu, ROS seviyesini ve apoptotik sinyalleri azaltarak dopaminerjik (DA) nöronal hücre hasarına karşı koruyucu aktivite sergiler.	[16, 54, 72, 82, 83]
<i>Salix alba</i> L.	Yaprak, Kabuk	salisin, salikortin, populin, fragilin, tremulasin, salisil alkol, saligenin, sirinjin, salisilik, kafeik ve ferulik asit, vanilin, salidroside	COX-1 ve COX-2'nin inhibitörü olup nöroinflamatuvar olarak hareket eder.	[16, 54]
<i>Salvia officinalis</i> L.	Toprak üstü	rozmarinik, oleik, karsonik, tannik, ursolik, fumarik, klorojenik, ve kafeik asit, nikotinamid, okaliptol, borneol, thujone, cornsole	AChE ve BChE inhibe edici bileşiklerin yanı sıra güçlü antioksidan özelliklere sahiptir.	[16, 60, 72]
<i>Scutellaria baicalensis</i> Fisch.	Toprak üstü	baicalin, baicalein	Substantia nigra'da demir kaynaklı lipid peroksidasyonunu ve alfa-sinüklein agregatlarının dopaminerjik nöronlarda birikimini azaltır.	[16]
<i>Sesamum indicum</i> L.	Tohum	sesamin, sesaminol, sesamol	Hipokampus'da nöronları nöroinflamasyona karşı koruma, sinapsların aktivitelerini iyileştirerek, dopaminerjik nörotoksititeyi azaltır. Ayrıca tirozin hidroksilaz, SOD ve katalaz ekspresyonunu düzenler ve mikroglia hücrelerinde sitokin IL-6'nın mRNA seviyelerini düşürerek proinflamatuvar aktivite gösterir.	[15, 16]
<i>Terminalia chebula</i> Rez.	Meyve	Arjünglukozeit-I, Arjungenin, chebulosides I ve II, Şebulinik asit, Gallik asit, punicalagin, Etil gallat	AChE ve BChE inhibitör aktivite sergiler.	[16, 84]
<i>Tripterygium wilfordii</i> Hook. f.	Kök, gövde	selastrol	PD ve AD'da Bcl-2 ekspresyonunu artırarak, nöronal apoptozu inhibe eder ve nöroinflamatuvar aktivite sergiler.	[85, 86]
<i>Uncaria rhynchophylla</i> (Miq.) Jacks	Gövde, kanca	rinkofilin, corynoxine, korinantin, hirsutin, kateşin, epikateşin	ROS türlerinde ve kaspaz-3 düzeyinde azaltıcı, A β kaynaklı nörotoksitite, nöroinflamasyon ve nörodejeneratif etki sağlar.	[16, 87]
<i>Urtica dioica</i> L.	Toprak üstü, yaprak	asetilkolin, protein, histamin, serotonin	Kolinerjik sistemi iyileştirir.	[16, 54]
<i>Vitis vinifera</i> L.	Meyve	kateşin, epikateşin, antosiyanin, resveratrol	A β ve tau proteinlerinin ekspresyonunu inhibe ederek, antioksidatif, nöroinflamatuvar, antikolinesteraz ve antiamiloidojenik aktiviteye sahiptir.	[16, 60, 88, 89]
<i>Withania somnifera</i> (L.) Dunal	Kök, meyve	Withanolides A-Y, withasomniferin A, dehidrowithanolide R, withasomniferols A-C, withaferin A, withanone	Nöronal aksonların ve dentritlerin rejenerasyonu, antioksidan aktivite ile serbest radikallere karşı koruma, nörodejeneratif hastalıklarda antiapoptotik, antiinflamatuvar ve nöroprotektif etki gösterir. Ayrıca beyinin korteks, hipokampus ve striatum kısımlarında GSH, GST ve azalan ACh seviyelerini önemli ölçüde artırır.	[16, 53, 54, 90]
<i>Zingiber officinale</i> Roscoe	Rizom	zingeron, gingerols, 6-şogaol, beta-sesquifellandren, bisabolen, farnesen, okaliptol, sitral, β -phelladrene	6-OHDA kaynaklı dopamin kaybını ve apoptotik nöral hücre ölümünü engeller. ROS üretimi, A β oluşumu, AChE ve BChE enzimleri üzerinde inhibitör etki gösterir.	[16, 72, 91, 92]

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Nörodejeneratif hastalıklar, nöronların yapı ve işlevinin ilerleyici kaybı (ve hatta ölümü) ile karakterize olan, bireyi ve toplumu büyük ölçüde etkileyen hastalıklardır. Günümüzde çoğu nörodejeneratif hastalığın gerçek nedeni tam olarak aydınlatılamamış olmakla birlikte;

protein yıkımı, oksidatif stres, enflamasyon, çevresel faktörler, mitokondriyal bozukluklar, aile öyküsü ve nöronda anormal protein birikimi yaygın olarak incelenen nedenlerdir. Ayrıca, yaşlı insanlarda nörodejeneratif bozuklukların ve hastalıkların görülme sıklığının arttığı epidemiyolojik çalışmalar ile ortaya konulmuştur. Bu hastalıkların bireyler üzerinde geri

dönüşümsüz bilişsel işlev bozukluklarına neden olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, nörodejeneratif hastalıkların mümkün olan en erken evrede teşhis edilerek, prognozunun yavaşlatılması etkili tedavi stratejisi açısından son derece önemlidir. AD, PD, Huntington ve diğer nörodejeneratif bozukluklar, hücre ve hücre altı seviyelerde ortak özellikleri paylaşmanın yanı sıra apoptoz, nekroptoz ve iltihaplanmaya yol açabilen çoğunlukla ortak moleküler sinyal yollarını kullanmaktadırlar. Günümüzde hastaların bilişsel fonksiyon kayıplarını yavaşlatmayı ve yaşam kalitesini artırmayı hedefleyen, Amerika Gıda ve İlaç Dairesi (Food and Drug Administration; FDA) tarafından onaylı N-metil-D-aspartat reseptör antagonisti olan memantin, kolinesteraz inhibitörü olarak rivastigmin, galantamin ve donepezil ilaçları nörodejeneratif hastalıkların mevcut tedavisinde kullanılmaktadır. Ancak bu ilaçların yararlanma ömürleri oldukça kısa olup, istenmeyen kimi yan etkileri nedeniyle klinik kullanımda kısıtlamaları olduğu bilinmektedir. Bu nedenlerden dolayı bitkisel kaynaklı nöroprotektif ilaçlar, güçlü terapötik potansiyelleri sayesinde umut verici yaklaşım olarak büyük ilgi görmektedir. Bununla birlikte; bitkisel ilaçların/doğal bileşiklerin potansiyeli, zayıf farmakokinetik özellikleri nedeniyle büyük ölçüde engellenmektedir. Bu sınırlamaların üstesinden gelmek için, son yıllarda bitkisel ilaçlar, nanoenkapsülasyon sistemleri ile çeşitli ilaç dağıtım formülasyonlarına dahil edilmektedir. Bu tür nanoformülasyonlar, ilacı gerekli dozlarda spesifik hücrelere hedefleyerek toksisitenin azaltılması sağlanacaktır. Bu alanda yapılacak çalışmalar ile, mevcut şifalı bitkilerin yanı sıra, nöroprotektif etkiye sahip bitkiler belirlenerek, ihtiva ettikleri etken maddelerin karakterizasyonları yapılmalı ve etki mekanizmaları preklinik ve klinik araştırmalar ile ortaya konulmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Gezici S, Sekeroglu N. Current perspectives in the application of medicinal plants against cancer: novel therapeutic agents. *Anti-Cancer Agents Med Chem.* 2019a; 19(1), 101-11.
- [2] Baydar H. Tıbbi ve aromatik bitkiler bilimi ve teknolojisi. (8.baskı). Ankara: Nobel Akademik Yayınları. 2020.
- [3] Senkal BC. The role of secondary metabolites obtained from medicinal and aromatic plants in our lives. *ISPEC J Agric Sci.* 2020; 4(4), 1071-9.
- [4] Sam S. Importance and effectiveness of herbal medicines. *J Pharmacog Phytochem.* 2019; 8(2), 354-7.
- [5] Bozyel ME, Bozyel EM, Canlı K, Altuner EM. Anticancer uses of medicinal plants in Turkish traditional medicine. *KSU J Agric Nat.* 2019; 22, 465-84.
- [6] Tesfahuneygn G, Gebreegziabher G. Medicinal plants used in traditional medicine by ethiopians: A review article. *J Respir Med Lung Dis.* 2019; 4(1), 1-3.
- [7] Ramakrishna W, Kumari A, Rahman N, Mandave P. Anticancer activities of plant secondary metabolites: Rice callus suspension culture as a new paradigm. *Rice Sci.* 2021; 28(1), 13-30.
- [8] Gezici S, Sekeroglu N. Neuroprotective potential and phytochemical composition of acorn fruits. *Ind Crop Prod.* 2019b; 128, 13-7.
- [9] Ahmad A, Patel V, Xiao J, Khan MM. The role of neurovascular system in neurodegenerative diseases. *Molecular Neurobiol.* 2020; 57(11), 4373-93.
- [10] Scheiblich H, Trombly M, Ramirez A, Heneka MT. Neuroimmune connections in aging and neurodegenerative diseases. *Trends Immunol.* 2020; 41(4), 300-12.
- [11] Teixeira MI, Lopes CM, Amaral MH, Costa PC. Current insights on lipid nanocarrier-assisted drug delivery in the treatment of neurodegenerative diseases. *Eur J Pharm Biopharm.* 2020; 149, 192-217.
- [12] Cassano T, Villani R, Pace L, Carbone A, Bukke VN, Orkisz S, Serviddio G. From Cannabis sativa to cannabidiol: Promising therapeutic candidate for the treatment of neurodegenerative diseases. *Front Pharmacol.* 2020; 11 (124), 1-10.
- [13] Luthra R, Roy A. Role of medicinal plants against neurodegenerative diseases. *Current Pharmaceutical Biotechnology.* McKinnon, P. J. Maintaining genome stability in the nervous system. *Nat Neurosci.* 2021; 16(11), 1523.
- [14] Senol FS, Sekeroglu N, Gezici S, Kilic E, Orhan IE. Neuroprotective potential of the fruit (acorn) from *Quercus coccifera* L. *Turk J Agric For.* 2018; 42(2), 82-7.
- [15] Ratheesh G, Tian L, Venugopal JR., Ezhilarasu H, Sadiq A, Fan TP, Ramakrishna S. Role of medicinal plants in neurodegenerative diseases. *BioManuf Rev.* 2017; 2(1), 1-16
- [16] Lalotra S, Vaghela JS. Scientific reports of medicinal plants used for the prevention and treatment of neurodegenerative diseases. *J Pharm Biosci.* 2019; 15-25.
- [17] Rekatsina M, Paladini A, Piroli A, Zis P, Pergolizzi JV, Varrassi G. Pathophysiology and therapeutic perspectives of oxidative stress and neurodegenerative diseases: a narrative review. *Adv Ther.* 2020; 37(1), 113-39.
- [18] Guerreiro S, Privat AL, Bressac L, Toulorge D. CD38 in Neurodegeneration and Neuroinflammation. *Cells.* 2020; 9(2), 471.
- [19] Ha ZY, Mathew S, Yeong KY. Butyrylcholinesterase: a multifaceted pharmacological target and tool. *Curr Protein Peptide Sci.* 2020; 21(1), 99-109.
- [20] Wyss-Coray T. Ageing, neurodegeneration and brain rejuvenation. *Nature.* 2016; 539(7628), 180-6.
- [21] Jeppesen DK, Bohr VA, Stevnsner T. DNA repair deficiency in neurodegeneration. *Prog Neurobiol.* 2011; 94(2), 166-200.
- [22] McKinnon PJ. Maintaining genome stability in the nervous system. *Nat Neurosci.* 2013; 16(11), 1523.
- [23] Walker LC, LeVine H. The cerebral proteopathies. *Mol Neurobiol.* 2000; 21(1), 83-95.
- [24] Luheshi LM, Crowther DC, Dobson CM. Protein misfolding and disease: from the test tube to the

- organism. *Curr Opin Chem Biol.* 2008; 12(1), 25-31.
- [25] Jasiński J, Wasąg B. Butyrylcholinesterase protein ends in the pathogenesis of Alzheimer's disease could BCHE genotyping be helpful in Alzheimer's therapy. *Biomolecules.* 2019; 9(10), 592.
- [26] Dobson CM. Protein folding and misfolding. *Nature.* 2003; 426(6968), 884-90.
- [27] Rubinsztein DC. The roles of intracellular protein-degradation pathways in neurodegeneration. *Nature.* 2006; 443(7113), 780-6.
- [28] Kim YJ, Uyama H. Tyrosinase inhibitors from natural and synthetic sources: structure, inhibition mechanism and perspective for the future. *Cell Mol Life Sci.* 2005; 62(15), 1707-23.
- [29] Scheff SW, Price DA. Alzheimer's disease-related alterations in synaptic density: neocortex and hippocampus. *Journal of Alzheimer's Disease.* 2006; 9(s3), 101-115.
- [30] Tao Z, Dong B, Teng Z, Zhao Y. The classification of enzymes by deep learning. *IEEE Access.* 2020; 8, 89802-11.
- [31] Vandenberghe L, Karp SG, Binder Pagnoncelli MG, von Linsingen Tavares M, Libardi Junior N, Valladares Diestra K, Viesser JA, Soccol CR. Classification of enzymes and catalytic properties. *Biomass, Biofuels, Biochemicals: Advances in Enzyme Catalysis and Technologies.* Elsevier. 2020; p.11–30.
- [32] Bora N. *Aristolochia bodamae* Dingler (Aristolochiaceae) Kök Ekstraktlarının in vitro Antioksidan, Antibakteriyel ve Enzim İnhibisyon Aktivitelerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü; 2019.
- [33] Pohanka M. Acetylcholinesterase inhibitors: a patent review (2008–present). *Expert Opin Ther Pat.* 2012; 22(8), 871-86.
- [34] Xing S, Li Q, Xiong B, Chen Y, Feng F, Liu W, Sun H. Structure and therapeutic uses of butyrylcholinesterase: Application in detoxification, Alzheimer's disease, and fat metabolism. *Med Res Rev.* 2020; 41(2), 858-901.
- [35] Nagatsu T, Nakashima A, Ichinose H, Kobayashi K. Human tyrosine hydroxylase in Parkinson's disease and in related disorders. *J Neural Transm.*
- [36] Celikler O. Bitkisel Kaynaklı Yeni Tirozinaz İnhibitörlerinin Belirlenmesi Üzerinde Farmakognozik Araştırmalar. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü; 2017.
- [37] Copeland RA, Harpel MR, Tummino PJ. Targeting enzyme inhibitors in drug discovery. *Expert Opin Ther Targ.* 2007; 11(7), 967-78.
- [38] Smith JH, Simons C. Development of enzyme inhibitors as drugs. *Enzymes and their inhibitors drug development.* CRC Press. 2004; 190-328.
- [39] Lermi M. *Isatis cappadocica*'nın Antioksidan, Antimikrobiyal, Tirozinaz İnhibitör ve Sitotoksik Etkilerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü; 2018.
- [40] Zilbeyaz K, Stellenboom N, Guney M, Oztekin A, Senturk M. Effects of aryl methanesulfonate derivatives on acetylcholinesterase and butyrylcholinesterase. *J Bio Mol Toxic.* 2018; 32(11), e22210.
- [41] Turkan F, Atalar MN. The toxicological impact of some agents on glutathione S-transferase and cholinesterase enzymes. *Toxicol.* 2021; p. 281-90.
- [42] Zhang P, Fu C, Xiao Y, Zhang Q, Ding C. Copper (II) complex as a turn on fluorescent sensing platform for acetylcholinesterase activity with high sensitivity. *Talanta.* 2020; 208, 120406.
- [43] Chrouda A, Zinoubi K, Soltane R, Alzahrani N, Osman G, Al-Ghamdi YO, Jaffrezic Renault N. An acetylcholinesterase inhibition-based biosensor for aflatoxin B1 detection using sodium alginate as an immobilization matrix. *Toxins.* 2020; 12(3), 173.
- [44] Koc F. Rutinhidrat'ın Antioksidan Kapasitesinin Belirlenmesi ve İnsan Karbonik Anhidraz, Asetilkolinesteraz, Bütilkolinesteraz Enzimleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü; 2019.
- [45] Dias C, Rauter AP. Carbohydrates and Glycomimetics in Alzheimer's Disease therapeutics and Diagnosis. In *Carbohydrates in Drug Design and Discovery.* Royal Society of Chemistry. 2015; p. 180-208.
- [46] Tekin Z. Türkiye için Endemik Bir Tür Olan *Nepeta congesta* var. *congesta*'nın (Lamiaceae) Antioksidan Özelliklerinin ve Enzim İnhibitör Etkisinin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü; 2018.
- [47] Joubert J, Kapp E. Discovery of 9-phenylacridinediones as highly selective butyrylcholinesterase inhibitors through structure-based virtual screening. *Bioorganic Med Chem Lett.* 2020; 30(9), 127075.
- [48] Mendes E, Perry MDJ, Francisco AP. Design and discovery of mushroom tyrosinase inhibitors and their therapeutic applications. *Expert Opin Drug Discov.* 2014; 9(5), 533-554.
- [49] Gillbro JM, Olsson MJ. The melanogenesis and mechanisms of skin-lightening agents—existing and new approaches. *Int J CoS Sci.* 2011; 33(3), 210-221.
- [50] Agarwal P, Singh M, Singh J, Singh RP. Microbial Tyrosinases: A Novel Enzyme, Structural Features, and Applications. In *Applied Microbiology and Bioengineering.* Academic Press. 2019; p. 3-19.
- [51] Gasser T. Genetics of Parkinson's disease. *J Neurol.* 2001; 248(10), 833-40.
- [52] Tocco G, Fais A, Meli G, Begala M, Podda G, Fadda MB, Berretta S. PEG-immobilization of cardol and soluble polymer-supported synthesis of some cardol-coumarin derivatives: Preliminary evaluation of their inhibitory activity on mushroom tyrosinase. *Bioorganic Med Chem Lett.* 2009; 19(1), 36-39.
- [53] Singhal AK, Naithani V, Bangar OP. Medicinal plants with a potential to treat Alzheimer and associated symptoms. *Int J Nutr Pharmacol Neurol Dis.* 2012; 2(2), 84.
- [54] Munawar T, Bibi Y, Ahmad F. Ethnomedicinal Study of Plants used for Neurodegenerative

- Diseases: A Review: Ethnomedicinal study of plants used for Neurodegenerative Diseases. Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences: B. Life Envir Sci. 2020; 57(3), 13-26.
- [55] Rojas P, Serrano-García N, Medina-Campos ON, Pedraza-Chaverri J, Maldonado PD, Ruiz-Sánchez E. S-Allylcysteine, a garlic compound, protects against oxidative stress in 1-methyl-4-phenylpyridinium-induced Parkinsonism in mice. *J Nutr Biochem.* 2011; 22(10), 937-44.
- [56] Sigurdsson S, Gudbjarnason S. Inhibition of acetylcholinesterase by extracts and constituents from *Angelica archangelica* and *Geranium sylvaticum*. *Zeitschrift für Naturforschung C.* 2007; 62(9-10), 689-93.
- [57] Wszelaki N, Paradowska K, Jamróz MK, Granica S, Kiss AK. Bioactivity-guided fractionation for the butyrylcholinesterase inhibitory activity of furanocoumarins from *Angelica archangelica* L. roots and fruits. *J Agric Food Chem.* 2011; 59(17), 9186-93.
- [58] Gupta A, Singh R, Kakar S. Alzheimer's Disease Treatment with Herbal Prospective. *Int J Health Biologic Sci.* 2019; 2(4), 13-8.
- [59] Malar DS, Prasanth MI, Brimson JM, Sharika R, Sivamaruthi BS, Chaiyasut C, Tencomnao T. Neuroprotective properties of green tea (*Camellia sinensis*) in Parkinson's disease: A review. *Molecules.* 2020; 25(17), 3926
- [60] Perry E, Howes MJR. Medicinal plants and dementia therapy: herbal hopes for brain aging. *CNS Neurosci Ther.* 2011;17(6), 683-98.
- [61] Currais A, Quehenberger O, Armando AM, Daugherty D, Maher P, Schubert D. Amyloid proteotoxicity initiates an inflammatory response blocked by cannabinoids. *NPJ Aging Mech Dis.* 2016; 2(1), 1-8.
- [62] Cassano T, Villani R, Pace L, Carbone A, Bukke VN, Orkisz S, Serviddio G. From *Cannabis sativa* to cannabidiol: Promising therapeutic candidate for the treatment of neurodegenerative diseases. *Front Pharmacol.* 2020; 11, 124.
- [63] Jung HA, Ali MY, Jung HJ, Jeong HO, Chung HY, Choi JS. Inhibitory activities of major anthraquinones and other constituents from *Cassia obtusifolia* against β -secretase and cholinesterases. *J Ethnopharmacol.* 2016; 191, 152-60.
- [64] Turkiewicz IP, Wojdyło A, Tkacz K, Nowicka P, Golis T, Bąbelewski P. ABTS On-line antioxidant, α -amylase, α -glucosidase, pancreatic lipase, acetyl- and butyrylcholinesterase inhibition activity of *Chaenomeles* fruits determined by polyphenols and other chemical compounds. *Antioxidants.* 2020; 9(1), 60.
- [65] Chen JF, Steyn S, Staal R, Petzer JP, Xu K, Van der Schyf CJ, Schwarzschild MA. 8-(3-Chlorostyryl) caffeine may attenuate MPTP neurotoxicity through dual actions of monoamine oxidase inhibition and A2A receptor antagonism. *J Biologic Chemis.* 2002; 277(39), 36040-4.
- [66] Gönder M, Sanlier N. Kahve Tüketimi ve Nörodejeneratif Hastalıklarla İlişkisi. *Türkiye Klinikleri J Neur.* 2014; 9(2), 67-72.
- [67] Mahomoodally MF, Dursun PD, Venugopala KN. *Collinsonia canadensis* L. In Naturally Occurring Chemicals Against Alzheimer's Disease. Academic Press. 2021; p. 373-7.
- [68] Balkrishna A, Thakur P, Varshney A. Phytochemical profile, pharmacological attributes and medicinal properties of *Convolvulus prostratus*—A cognitive enhancer herb for the management of neurodegenerative etiologies. *Front Pharmacol.* 2020; 11, 171.
- [69] Finley JW, Gao SA. A perspective on *Crocus sativus* L. (Saffron) constituent crocin: a potent water-soluble antioxidant and potential therapy for Alzheimer's disease. *J AgricFood Chem.* 2017; 65(5), 1005-20.
- [70] Ojha RP, Rastogi M, Devi BP, Agrawal A, Dubey GP. Neuroprotective effect of curcuminoids against inflammation-mediated dopaminergic neurodegeneration in the MPTP model of Parkinson's disease. *J Neuroimmune Pharmacol.* 2012; 7(3), 609-18.
- [71] Yuliani S, Mustofa, Partadiredja G. The neuroprotective effects of an ethanolic turmeric (*Curcuma longa* L.) extract against trimethyltin-induced oxidative stress in rats. *Nutr Neurosci.* 2019; 22(11), 797-804.
- [72] Rashed A, Abd Rahman AZ, Rathi DNG. Essential oils as a potential Neuroprotective remedy for age-related neurodegenerative diseases: A review. *Molecules.* 2021; 26(4), 1107.
- [73] Klemow KM, Bartlow A, Crawford J, Kocher N, Shah J, Ritsick M. Medical attributes of St. John's wort (*Hypericum perforatum*). Herbal medicine: biomolecular and clinical aspect. CRC Press. 2011; p. 211-37.
- [74] Guo SS, Gao XF, Gu YR, Wan ZX, Lu A, Qin ZH, Luo L. Preservation of cognitive function by *Lepidium meyenii* (maca) is associated with improvement of mitochondrial activity and upregulation of autophagy-related proteins in middle-aged mouse cortex. *Evid Based Complementary Altern Med.* 2016; 1-9.
- [75] Chang RCC, So KF. Use of anti-aging herbal medicine, *Lycium barbarum*, against aging-associated diseases. What do we know so far. *Cell Mol Neurobiol.* 2008; 28(5), 643-52.
- [76] Chandrashekhar VM, Ranpariya VL, Ganapaty S, Parashar A, Muchandi AA. Neuroprotective activity of *Matricaria recutita* Linn against global model of ischemia in rats. *J Ethnopharmacol.* 2010; 127(3), 645-51.
- [77] Kuk EB, Jo AR, Oh SI, Sohn HS, Seong SH, Roy A, Jung HA. Anti-Alzheimer's disease activity of compounds from the root bark of *Morus alba* L. *Arch Pharm Res.* 2017; 40(3), 338-49.
- [78] Javidi S, Razavi BM, Hosseinzadeh H. A review of neuropharmacology effects of *Nigella sativa* and its main component, thymoquinone. *Phytother Res.* 2016; 30(8), 1219-29.
- [79] Prinsloo D, Van Dyk S, Petzer A, Petzer JP. Monoamine oxidase inhibition by kavalactones from kava (*Piper methysticum*). *Planta Med.* 2019; 85(14/15), 1136-42.

- [80] Jang JY, Kim HN, Kim YR, Choi YW, Choi YH, Lee JH, Choi BT. Hexane extract from *Polygonum multiflorum* attenuates glutamate-induced apoptosis in primary cultured cortical neurons. *J Ethnopharmacol.* 2013; 145(1), 261-8.
- [81] Lin CM, Lin RD, Chen ST, Lin YP, Chiu WT, Lin JW, Lee MH. Neurocytoprotective effects of the bioactive constituents of *Pueraria thomsonii* in 6-hydroxydopamine (6-OHDA)-treated nerve growth factor (NGF)-differentiated PC12 cells. *Phytochem.* 2010; 71(17-18), 2147-56.
- [82] Park SE, Kim S, Sapkota K, Kim SJ. Neuroprotective effect of *Rosmarinus officinalis* extract on human dopaminergic cell line, SH-SY5Y. *Cell Mol Neurobiol.* 2010; 30(5), 759-67
- [83] Alvi SS, Ahmad P, Ishrat M, Iqbal D, Khan MS. Secondary metabolites from rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). Structure, biochemistry and therapeutic implications against neurodegenerative diseases. *Natural Bio-active Compounds.* Springer, Singapore. 2019; 1-24.
- [84] Sancheti S, Um BH, Seo SY. 1, 2, 3, 4, 6-penta-O-galloyl- β -D-glucose: A cholinesterase inhibitor from *Terminalia chebula*. *S Afr J Bot.* 2010; 76(2), 285-8.
- [85] Li J, Hao J. Treatment of neurodegenerative diseases with bioactive components of *Tripterygium wilfordii*. *Am J Chin Med.* 2019; 47(04), 769-85.
- [86] Liu Y, Chen HL, Yang G. Extract of *Tripterygium wilfordii* Hook F protect dopaminergic neurons against lipopolysaccharide-induced inflammatory damage. *Am J Chin Med.* 2010; 38(04), 801-14
- [87] Shin SJ, Jeong Y, Jeon SG, Kim S, Lee SK, Choi HS, Moon M. *Uncaria rhynchophylla* ameliorates amyloid beta deposition and amyloid beta-mediated pathology in 5XFAD mice. *Neurochem Int.* 2018; 121, 114-24.
- [88] Rapaka D, Bitra VR, Vishala TC, Akula A. *Vitis vinifera* acts as anti-Alzheimer's agent by modulating biochemical parameters implicated in cognition and memory. *J Ayurveda Integr Med.* 2019;10(4),241-7.
- [89] Fouad GI, Rizk MZ. Possible neuromodulating role of different grape (*Vitis vinifera* L.) derived polyphenols against Alzheimer's dementia: treatment and mechanisms. *Bull Natl Res Cent.* 2019;43(1),1-13.
- [90] Dar NJ. Neurodegenerative diseases and *Withania somnifera* (L.): An update. *J Ethnopharmacol.* 2020;256,112769.
- [91] Talebi M, Ilgün S, Ebrahimi V, Talebi M, Farkhondeh T, Ebrahimi H, Samarghandian S. *Zingiber officinale* ameliorates Alzheimer's disease and cognitive impairments: lessons from preclinical studies. *Biomed Pharmacother.* 2021; 133, 111088.
- [92] Adalı A, Yürün A, Koçer-Gümüşel B, Erkekoğlu P. Alzheimer Hastalığının Gelişiminde Biyolojik Ajanların Olası Etkileri. *J Fac Pharm Ankara.* 2020;44(1),167-87.



mRNA SARS-CoV2 Specific and Childhood Vaccines against Covid-19 Pandemic

İdris YAZGAN

Kastamonu Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Kastamonu, Türkiye
 İdris YAZGAN ORCID No: 0000-0002-0264-1253

*Corresponding author: iyazgan@kastamonu.edu.tr

(Alınış: 13.09.2021, Kabul: 11.11.2021, Online Yayınlanma: 31.12.2021)

Keywords

SARS-CoV2, mRNA vaccines, conventional vaccines, immunity

Abstract: The coronavirus disease 2019 (Covid-19) pandemic has been challenging the entire world since early 2020. Due to the fact that there is no universally available treatment method along with the disease's fast transmission from human to human, specific vaccine development efforts have got a great attention. Particularly mRNA-based severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV2) specific vaccines are administrated to individuals worldwide to combat against Covid-19 infection. Even though two dose mRNA vaccination provides immunity against ancestral and aggressive variants of SARS-CoV2 infections, rare detrimental short-time side effects and no-data availability on long-term possible side-effects along with unpredictable vaccination regime bring hesitancy against the vaccines. Besides, the vaccination regime is still under debate among the scientist as that whether pre-infected individuals require further vaccination and what should be the ideal vaccination dose. In addition to mRNA SARS-CoV2 specific vaccines, recent retrospective, theoretical, clinical, and biochemical studies revealed that trained innate immunity and heterologous T-cells and memory B-cells can be strong alternative to combat against SARS-CoV2 pandemic. In this context, conventional childhood vaccines (e.g., BCG and MMR) are proposed as valuable alternative vaccines against the pandemic with known clinical outcomes and effectivity.

338

Covid-19'a karşı mRNA SARS-CoV2 spesifik ve Çocukluk Dönemi Aşıları

Anahtar Kelimeler

SARS-CoV2, mRNA aşıları, Klasik aşılar, Bağışıklık

Öz: 2019 yılı koronavirus hastalığı (Covid-19) pandemisi 2020 yılından beri dünya çapında bir sorun haline gelmiştir. Evrensel olarak kabul edilmiş bir tedavisinin olmayışı ve insandan-insana geçişinin hızlı olması nedeniyle spesifik aşı geliştirme çalışmaları önem kazanmıştır. mRNA-temelli ağır akut solunum yolu yetersizliği sendromu korovirus 2 (SARS-CoV2) aşıları dünya çapında Covid-19'un kontrol altına alınmasına yönelik olarak en yaygın olarak kullanılan aşılardır. Herne kadar iki doz mRNA aşılarının hem atasal hemde mutasyona uğramış agresif SARS-CoV2 viral enfeksiyonlarına karşı yüksek bağışıklık sağlıyor olmalarına karşın, nadir olarak görülen kısa dönem yan etkileri ve uzun dönemli olası yan etkileri hakkında bilgilerin mevcut olmaması nedeniyle aşılar karşı bir tereddüt mevcuttur. Buna ek olarak, aşılama rejiminin nasıl olması gerektiği bilimadaları arasında hala tartışma konusudur, örneğin enfeksiyon geçirmiş olan bireyler tekrar aşı olmalı mı ve kaç doz aşı olunması gerekir. mRNA temelli SARS-CoV2 aşılarına alternatif olarak, yeni yapılan retrospektif, teorik, klinik ve biyokimyasal çalışmalar, eğitilmiş doğal bağışıklığın ve heterelog T-hücrelerinin ve hafıza B hücrelerinin SARS-CoV2 pandemisine karşı savaşta önemli bir alternatif olabileceği önerilmiştir. Bu kapsamda, klasik çocukluk dönemi aşılarının (örneğin BCG ve MMR) pandemiye karşı bilinen klinik sonuçları ve etkinliği nedeniyle önemli alternatif aşılar oldukları görülmektedir.

1. INTRODUCTION

By December 2019, an unknown pneumonia reported for the 66 % workers of the Huanan Seafood Wholesale Market of Wuhan. By January 2020, the unknown

pneumonia spread to different provinces of China, followed by it spread out all over the world including the US, Germany, Korea and Japan. By early February 2020, the virus-infected-population reached to ~ 30 thousands confirmed cases with 565 death [1]. Upon characterization of the virus and its global health treating

position, world health organization (WHO) declared pandemic of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV2) on March 12, 2020 [2]. By April 2020, SARS-CoV2 cases were reported for over 200 countries [3]. Based on <https://www.worldometers.info/coronavirus/> open tracker source 222,846,841 confirmed cases with 4,602,027 deaths (access data September 8, 2021) were reported world-wide. 35 countries reported over 1 million confirmed cases, where the three highest confirmed cases were from the US, India and Brazil. Even though the major effect of the pandemic is visible for older individuals, younger individuals and children are the invisible victims of the pandemic. Closing down the schools (A Norwegian based study revealed that children under 14-years old do not contribute transmission of SARS-CoV2 infection [4]), delayed childhood vaccination and lack of healthcare services are among the major treats to the younger individuals [5]. Therefore, the devastating effect of the pandemic is beyond the anticipated level. Besides these, the pandemic has caused tremendous waste accumulation including facemasks, and cleaning of the accumulated waste in sea and soil will be challenging as well [6]. So, the pandemic is devastating in all aspects.

Phylogenetic analyses revealed that SARS-CoV2 belongs to β -*coronaviruses* genera of *coronaviridae* family of *Nidovirales* order [7]. SARS-CoV2, with a diameter ranged between 80-220 nm, is an enveloped virus containing single-stranded positive sense RNA with 26-32 kb genome [3]. Even though different animals were claimed as to be the origin of SARS-CoV2, there is no consensus, and a number of scientists and governmental authorities claim the virus is man-made [2], which idea is supported by such other papers [8,9]. SARS-CoV2 binds to angiotensin-converting enzyme 2 (ACE2) using its receptor binding domain (RBD), followed by entry into the host cells via fusion [10]. Transmembrane serine protease 2 is also vital for the virus entry [11]. Then, the RNA is released and propagated by the host cells, where Golgi packs the whole new viruses, and the packed viruses are released from the host by exocytosis [12]. SARS-CoV2 evades early innate immune response such as interferons [13], details can be found elsewhere [14]. The virus disrupts endothelial integrity, increases neoangiogenesis, causes pneumonia, and endotheliopathies (resulted from hyperinflammation and dysregulated immunity) [15]. The reason lying beneath the proinflammatory disease state of the infection has relation with the decreased IFN-I/-III levels and elevated chemokine expression, which disrupts innate immunity [16]. SARS-CoV2 can recognize such cells other than the ones found in respiratory system through the cellular receptors, including intestinal epithelial cells, alveolar macrophages, dendritic cells, renal tubules, endothelial cells and cerebral neurons [14]. Rare outcomes of SARS-CoV2 infections were also reported, such as 6-year old male with SARS-CoV2 PCR (+) developed hyper IgG syndrome and Bell's palsy [17]. Even though SARS-CoV2 infection can affect different organs at

different levels, the pathogenicity still shares similarities. Upon SARS-CoV2 infection, a series of changes occur as metabolomic, lipidomic [18], proteomics arrangements (as of changes in proteostasis) and in nucleic acid metabolism and cellular signaling pathways [19]. Molecular aspects of SARS-CoV2 infection were studied using *in vitro* models and convalescent sera. Bojkova *et al* (2020) showed that, based on an *in vitro* study, some portions of the cluster proteins involving in cholesterol metabolism, carbon metabolism and RNA-modification steps (e.g. spliceosome) are altered. The findings revealed that splicing is essential pathway during SARS-CoV2 replication [19]. Besides, the proteins involving in blood coagulation (e.g. D-dimer), inflammatory response (e.g. C-reactive protein) and cell damage (e.g. lactate dehydrogenase) are increased in convalescent sera [20]. Lipoprotein metabolism is of important for homeostasis, and its intermediates are predictive biomarkers for liver conditions. Bruzzone *et al* (2020) reported, based on a cohort study, the increased convalescent sera levels of triglyceride (TG)-high density lipoprotein (HDL), TG-intermediate density lipoprotein (IDL), TG-low density lipoprotein (LDL) and TG-very low-density lipoprotein (VLDL) while increased total cholesterol (TC) content along with decreased TC-LDL and TC-HDL and increased TC-IDL and TC-VLDL content. Even though Apo-A1 and Apo-A2 ratio did not alter, their levels gave decrease along with two-fold increased Apo-B and Apo-A1 ratio [18], which is possibly one of the contributors of Covid-19 related increased cardiovascular risks. Actually, dysregulation in lipid metabolism (e.g. arachidonic acid metabolism) is of a prerequisite for SARS-CoV2 propagation [21]. Convalescent sera levels of acetone, acetoacetic acid and 3-hydroxybutyric acid along with the levels of glucose (~1.7 fold), pyruvic acid, citric acid, glutamic acid and succinic acid increased. Similarly, phenylalanine and 2-hydroxybutyric acid levels increased while tyrosine, histidine, isoleucine, glutamine and methionine levels decreased. The impairment in mitochondrial function, alteration in glucose metabolism and increased oxidative stress agent concentration along with dysregulated lipoprotein metabolism upon Covid-19 infection causes liver issues [18].

SARS-Cov2 showed more aggressive transmission rate in comparison to the other known SARS-CoVs. In relation to the contagious character, a great effort has been given on the development of treatment and prevention procedures. However, no universally accepted effective treatment procedures has been developed [22]. Another important aspect of the applied treatment methods that they have been altered overtime due to the fact that either the procedures are not effective, or they showed more detrimental character to the patients more than SARS-CoV2 posed. Therefore, vaccination is currently accepted as the golden approach to overcome SARS-CoV2 pandemic. Currently mRNA-based vaccines are more commonly utilized worldwide to fight against the pandemic, while such other types vaccines including inactivated virus, DNA, protein

subunit and viral vector are either used or under development [23,24].

Public opinion on new SARS-CoV2 vaccines is strongly influenced by the vaccine reliability and trustworthiness of the authorities [25–28]. Australian based study showed that political preferences also a driving force to accept or refuse the vaccination [29]. Immunity towards SARS-CoV2 vaccines is not granted for lifetime, rather the protection is less than a year [25]. It is important to note that vaccination does not prevent individuals spread the SARS-CoV2 infection, especially this is valid for more aggressive ones including Delta variant [30], whose load is similar in fully vaccinated and unvaccinated individuals [31]. Even though there are papers claiming that vaccination can provide herd-immunity, these papers don't rely on scientific evidences, and a survey revealed that majority (71%) doesn't either think or know if the vaccination will bring community immunity [32]. Even though single dose of Pfizer/BioNTech vaccine can provide strong immunity against SARS-CoV2 infection, Israelis left the cautions before the vaccination developed the immunity, so the infection started to rise. This is at first misunderstood as that vaccination is not protective, but later the reason was found out [33]. The studies done in the USA showed that application of mRNA based vaccines (Moderna and Pfizer/BioNTech) at two-dose protects the individuals as 86% and 84% for 2-12 weeks and 13-24 weeks periods, respectively, where the highest protection decrease was reported as ~50% for 13-24 weeks periods in immunocompromised individuals [34]. Besides, there is an increasing concern that mutations can break the adaptive immunity when the mutations altered viral protective epitopes [25]. Therefore, there is a great effort on how new mutations will bring new clinical manifestations resulted from the infection [35], so further studies will help to understand the relation between pathogenicity and the mutations.

2. EFFECTIVENESS OF THE mRNA SARS-COV2 VACCINES

There are two types of immunity so called as (a) innate (or natural), (b) adaptive immunity. Innate immunity is the first mechanism of defense system fighting against invading pathogens through utilization of innate immune system components including physical barriers, enzymes, macrophages, dendritic cells, mucosal secretions, antimicrobial peptides, granulocytes, polymorphonucleocytes, natural killer (NK) cells, the complement system, and the acute-phase proteins [36]. The power of innate immunity is that its broad and non-specific activity relying on pattern recognition receptor (PRP) sensors recognizing pathogen-associated molecular patterns (PAMPs) along with its ability to trigger multiple pathways [25]. Adaptive immunity is the acquired immunity upon pathogen infection, and specific to the pathogen. Adaptive immunity utilizes B and T cells, and antibodies. B- and T- cells play key roles in defense mechanism against viral infections. B-cells are in charge of antibody production that recognizes viral

proteins and prevent the infection [37]. T-cells recognize viruses through cell surface Major Histocompatibility Complex (MHC) classes I and II complexed with viral peptides. T-cells (CD8+ T cells) recognizes MHC class I complexed with viral peptides, so they attack only the cells in which virus is replicating; T-cells either directly lysis the infected cells or they secrete antiviral cytokines including IFN γ , which turns into elimination of virus propagation and prevention of the infection development. CD4+ helper T cells recognize viral proteins complexed with MHC Class II. Helper T cells are expressed by dendritic cells, monocytes, and macrophages. They produce cytokines including IL-2, IL-21, IFN γ and tumor necrosis factor- alpha (TNF- α). The cytokines, then, support maturation of CD8 T cells and B cells along with expanding their performance. It is noteworthy to mention that elimination of different viral infections may require involvement of either mainly B cells or T cells [37]. Immune cells express, as part of innate immunity, PRRs (e.g., Toll like receptors) sensors recognizing PAMPs. The sensor units of B cells are membrane immunoglobulins while T cells have receptors, all which are called antigen receptors. The sensory units are very sensitive to the pathogens through recognizing epitopes within the protein blocks or subunits of the proteins. Innate immunity and adaptive immunity works coherently to fight against any invasion [36].

In the case of SARS-CoV2, viral RNA nucleotide sequence is recognized by host cellular receptors including TLR3 and TLR7, which are key to activate natural killer (NK) cells, monocytes and IFN expression [25]. It is reported as that innate immunity is very critical to control SARS-CoV2 infection [25,38,39]. Pfizer/BioNTech vaccination induced production of IFN γ at 2000 pg/mL while that was obtained as 50 pg/mL for Sinovac vaccination, which is similar to Astrazeneca—Adenoviral vaccine [37]. Production of IFN γ is an important marker of developed immunity. Not every SARS-CoV2 patients produce specific IgG antibody (an important marker of adaptive immunity development), but still they survive, where the survival was related to innate immunity [40]. Another important observation was that South African variant showed resistance to convalescent plasma and plasma of mRNA vaccinated individuals, which may lessen the effectivity of current vaccines [41] when the protection is thought only from the adaptive immunity. Blood serums of the patients having asymptomatic or symptomatic SARS-CoV2 infection give different antibody and T-cell presence. Many individuals develop innate and adaptive immunization within 3-5 days while patients living severe conditions show the development more than 15-days from the onset of the infection [37]. From the data provided in literature, it is clear to say that adaptive and natural immunity are in coordination to fight against SARS-CoV2 infection [42].

Development of SARS-CoV2 specific T-cells is important to fight against the infection [37]. Individuals vaccinated with two dose Pfizer/BioNTech, who

suffered from hemodialysis (HD), aged between 37-90 (n =72), gave average 597.0 AU/mL antibody titer, where healthy hospital workers (HCWs) average 800.0 AU/mL antibody titer (aged between 41-55, n=16). It should be noted that the level of antibody titer gave inverse relation with the age for HD patients, and 5 out of 72 patients did not give any antibody development [43]. HCWs (n=108) gave 123.33 U/mL (ranged between 27.55 and 464 U/mL) anti-RBD (recognition binding domain) IgG values, where over 50% gave 100 U/mL anti-RBD IgG values. The mean IFN γ 1513 mIU/mL (ranged between 145-2500 mIU/mL). Elderly people (76-99, n=15) gave 217 U/mL (ranged between 3 and 500 U/mL) anti-RBD IgG values, and the mean IFN γ 1167 mIU/mL (ranged between 83-2500 mIU/mL) [44]. It should be noted that mRNA SARS-CoV2 vaccines are specific to S1 subunit but not to RBD, so this means the protection provided by the vaccine is beyond the proposed mechanism.

Avidity refers to the binding strength of IgG to its target epitope, and play crucial role in protection of individuals against SARS-CoV2 infection [45]. Struck *et al* (2021) reported that most of the SARS-CoV2 patients did not develop completed avidity IgG against nuclear capsid protein (NP), RBD and S1 while two-dose vaccination triggered development of mature IgG against RBD and S1. It is not common for all the SARS-CoV2 infected patients have mature avidity IgG against RBD, while one dose vaccination triggered completed IgG avidity towards RBD for the infected individuals [45]. Individuals have incomplete avidity IgG towards RBD can trigger enhanced destruction on the individuals undergoing re-infection by SARS-CoV2 [45]. Hall *et al* (2021) reported the effectiveness of two dose Moderna vaccination for the patients underwent solid organ transplant. 34.5 % of the patients (n=127) gave anti-RBD positive, among the positive patients 28.5% did not give neutralizing antibody while overall blood serum of 26.9% patients gave positive neutralizing antibody. 47.9% of the patients (n=48) gave CD4+ T cells, and among the positive patients 46.2% did not give anti-RBD positive. However, in all cases, CD8+ T cells were not detectable for any of the patients [46], which can be related to the detection method or the applied procedure. Besides, the study done by Sahin *et al* (2021) reported increased CD4+ T cells specific to SARS-CoV-2 S protein for the individuals (18-55 years old, n=37) vaccinated with Pfizer/BioNTech mRNA vaccine. *De novo* S-specific CD8+ T cell response was detected in sera of 33 participants. S-specific CD4+ T cell responses gave positive correlation with S1-binding IgG. Vaccine induced secretion of IFN γ , IL-2 by S-specific CD4+ T cells secreted or both, while barely detected T cells secreting the T helper 2 cell cytokine IL-4 were not detected. S-specific CD8+ T cells secreted primarily IFN γ and lower levels of IL-2 in response to S1 and S2 stimulation. The fraction of IFN γ and IL-2 cytokine-producing T cells induced by the vaccine strongly increased by day 29, followed by decline was observed until the day 43 and then gave stabilized levels the day 85 [47]. Similarly, Tarke *et al.* (2021) show that SARS-

CoV-2- specific memory CD4 and CD8 T cells induced by infection or vaccination recognized the variants including the UK, South Africa, Brazil and Southern California. Both Pfizer/BioNTech and Moderna COVID-19 mRNA vaccines gave similar total CD4+ or CD8+ T cell reactivity towards these variants [48]. Based on these presented studies, mRNA-based vaccinations can provide protection against both healthy and chronic disease bearing individuals. Besides, some convalescent sera show markers of immunity development while some doesn't show. It is noteworthy to mention that mutant variants (e.g. delta variant) decrease the effectiveness, for example the effectivity decreased from 74.7 % to 53.1% for nursing home individuals upon predominant spread of delta variant [49]. For example, the high decrease of BioNTech vaccine effectiveness against delta variant in Israel may call booster vaccination against new aggressive variants [50].

Kalimuddin *et al* (2021) reported that spike protein-binding antibodies and spike-specific T cells could be the underlying reason of vaccine efficacy of one-dose of Pfizer/BioNTech SARS-CoV2 vaccine (HCW, n=20), while neutralizing antibodies did not show any involvement. Development of adaptive immunity after one-dose vaccination requires 10-day to form SARS-CoV2 spike (S) protein specific immunoglobulin G (IgG), IgA and IgM [51]. However, interestingly some studies showed that uninfected sera can possess specific antibodies against SARS-CoV2 as well, for example from three young individuals (n=101) and five pregnant women (n=50) gave SARS-CoV2 S reactive IgG, which were mainly against S2 subunit [52]. Sera of individuals underwent SARS-CoV2 infection with single-dose vaccination with Pfizer/BioNTech gave neutralizing antibodies similar to two-dose vaccinated individuals [53], and it was also shown that the single dose vaccination for SARS-CoV2 infected individuals developed neutralizing antibody responses against the variants [54]. However, it should be noted that vaccine efficacy correlation with production of antibodies is still not clear [55]. Even though vaccination after infection can boost the immune response that can tackle with variants, presence of RBD-specific memory B cells in convalescent sera are present up to 1 year [56], so this can raise a question whether a further vaccination should be administrated to the infected individuals or not. Furthermore, based on theoretical studies, natural immunity is better than vaccine mediated immunity in general [57]. Hereby it is noteworthy to mention that one-dose of vaccination after infection is more protective than two-dose vaccination as well [31]. Another important observation is that natural immunity upon infection still protects its capacity against new variants (e.g. delta variant), and the loss in the effectivity is less than those obtained for fully Pfizer/BioNTech vaccinated immunity [58]. Besides, in an Austria based study showed that the protection against reinfection among previously infected individuals are similar to those who were fully vaccinated [59]. Besides, an Israeli based study (n=778658) revealed that reinfection by delta-variant for pre-infected individuals is 13-times less than

fully vaccinated individuals [60]. Therefore, it is acceptable to ask, why is there a strict vaccination campaign for the infected individuals when there is strong evidence that natural immunity is enough and even better than vaccine mediated immunity? Besides, it should be noted that even two-dose mRNA based vaccination related *de novo* neutralizing antibodies lose power for certain variants, so current mRNA vaccines may lose their protection against future aggressive variants [61]. However, Peterson *et al* (2020) showed that 6.3 % of the SARS-CoV2 confirmed cases (n=2547) did not show any IgG antibody independent from severity of Covid-19 [62], so the evaluation criterion of that whether infections or vaccination will continue protect individuals from re-infection based on presence of IgG antibodies is not valid for everyone. Similarly, Schwarzkopf *et al* (2021) reported that 13 % of the convalescent sera (n=78) did not show any detectable IgG, and among these 78% showed T-cell immunity against SARS-CoV2 infection. This refers to that survival against SARS-CoV2 infection has close relation with cellular immunity rather than IgG development [63]. Therefore, it is clear that it is not logical to evaluate infected or vaccinated individuals' resistance towards reinfection by only relying on IgG tests. Probably another important thing is that SARS-CoV2 infection triggers polyclonal antibody (e.g., polyclonal IgG) production, whose levels depend on the severity of the infection, so the test methods and used anti-IgG type will be important in terms of meaningful resistance evaluation as well.

3. SIDE-EFFECTS OF mRNA SARS-COV2 VACCINES

Some of the common side effects of mRNA SARS-CoV2 vaccines are headache (15.4%), myalgia (10.5%), chest pain (2.8%), diarrhea (4.8%), rhinorrhea (4.2%), cough (2.1%), irritability (2.8 %) and dysgeusia (1.4%). The first and second doses cause the same side effects with minimal increased or decreased percentages [53]. Rare side effects related to mRNA based SARS-CoV2 vaccination were reported as well, including interstitial lung disease [64], rosaceiform eruption [65], peripheral facial nerve palsy [66], anaphylactic reactions (~1/1 million) [67], Guillain-Barre Syndrome [68], myocarditis [69], thrombocytopenia [70] and purpuric rash (Moderna) [71], systemic inflammatory response syndrome (SIRS) (Moderna) [72], myocardial infarction [73–75], anaphylaxis [76], hearing loss and tinnitus [77]. These rare adverse effects are mostly confined to cases, and it is not possible claim that vaccine itself caused the problem, but it might worsen the present problem, particularly for systemic inflammatory response syndrome [72]. However, it is clear that mRNA based vaccination mediated problems in heart (i.e. myocarditis, Pericarditis and Cardiomyopathy) are proven facts (e.g. ~ %0.0016 among military members of the US) [78–80]. It is also important to note that rare side effects can even cause deaths [76], and importantly still there is not enough data what these vaccines bring as long-term side effects [81]. There is an ongoing whisper as that mRNA

SARS-CoV2 vaccines can cause infertility in males. Even though there is no long-term research on this, it was shown that both Moderna and Pfizer/BioNTech vaccination increased sperm count and motility in some individuals [82], so possible long-term effects still are debatable. However, it should be noted that a Turkey-based study showed that SARS-CoV2 infection dramatically decreased the sperm count and motility [83].

Currently some countries require mandatory vaccination for certain groups including HCWs [84], which is not accepted by all the individuals [85]. For example, based on an opinion, the lack of knowledge in the long-term effects and vaccine related deaths will cause national treat to the US if the soldiers are required to get SARS-CoV2 vaccine [81]. Possible mandated vaccination for the military members of the US call ethical questions as well [86]. Interestingly, certain countries including Turkmenistan (where the number of SARS-CoV2 infected individuals are kept as a state secret) have taken the strictest regulations to make vaccination mandatory for everyone aged over 18-years [87]. However, an Israel based study revealed that beta variant related infection is 8-times higher in vaccinated individuals in comparison to the unvaccinated individuals [88]. Similarly, 74 % of the delta virus infected patients (n=469) were fully vaccinated while of those 26 % was unvaccinated in MA of the US. Another important observation was the virus load was similar for the fully vaccinated and unvaccinated individuals [89]. Of course, these studies cannot be conclusive about the vaccine effectiveness against aggressive variants including delta because of the fact that a Norwegian study revealed that fully vaccinated individuals are less prone to reinfection with delta virus in comparison to unvaccinated individuals for those who were hospitalized [90]. However, it is clear that SARS-CoV2 specific vaccines are losing their effectiveness against the aggressive variants. Therefore, detailed studies are needed to understand SARS-CoV2 infection along with the vaccination mediated protection in order to provide a better herd immunity [91] without causing vaccination related health issues. Another important side-effect of Covid-19 vaccines are that modelling studies revealed that vaccination can cause vaccine-resistant mutants if transmission is not prevented. So, worldwide mass vaccination must be established simultaneously to lessen vaccine driven aggressive mutant development [92].

4. CONVENTIONAL CHILDHOOD VACCINES AGAINST SARS-COV2 PANDEMIC

Children undergo SARS-CoV2 infection live less symptoms in comparison to adults owing to their pre-activated innate immunity in the upper airways (here early IFN production is important), and the difference is not related to SARS-CoV2 receptors among children and adults since the receptors are similar, whose details can be reached elsewhere [93]. Conventional vaccines triggers antigen specific responses to train immune system. The trained immune response can prevent other

infections as well, particularly live attenuated viral vaccines bring the protection up to 5 years [94]. For example, a recent study done with 137037 SARS-CoV2 PCR (+) individuals revealed that the individuals, having conventional vaccination history (1-5 years prior to PCR test), are in the lower risk and higher recovery rate upon SARS-CoV2 infection [94].

SARS-CoV2 spike (S) glycoprotein, measles virus fusion glycoprotein (F1) and rubella virus envelope (E1) share 30% amino acid sequence. The homologous region is of antigenic epitopes for E1 and F1 glycoproteins. In silico studies, done based on this homology, revealed that Hepatitis B, BCG, Tetanus and Measles vaccines have great potential to protect individuals from SARS-CoV2 infection [95]. Hassani *et al* (2021) reported that convalescent sera of SARS-CoV2 infected patients gave reactivity towards measles [96], which could be related to the aforementioned sequence homology. Lundberg *et al* (2021) reported that recent MMR vaccination (vaccination was in 2018) in adults provides protection from severe outcomes of SARS-CoV2 for males [97]. Besides, Gold *et al* (2020) showed that the individuals have IgG resulted from MMR vaccine in plasma showed strong resistance towards severe outcomes of Covid-19 infection and all showed moderate symptoms [98]. Similarly, a study done with soldiers with SARS-CoV2 PCR (+) who underwent MMR booster vaccination gave lower seropositivity of Covid-19 in comparison to the non-vaccinated ones, so the authors believe that MMR vaccination can be preventative against the severe outcomes [99]. Besides, Mysore *et al* (2021) showed that there is a protective heterologous T cell immunity between MMR and SARS-CoV2 (particularly with S1 subunit and nucleocapsid) [100]. An epidemiological study done by Onwude and Sokunbi (2021) showed that SARS-CoV2 infection related death among children are rare (only 6 reported worldwide). The death rates in the US, the UK and Nigeria are 1126/million, 1515/million, and 7.5/ million, respectively. Due to measles outbreak in Nigeria, a state-wise MMR vaccination is common in Nigeria, so the rare death rate among children and in Nigeria because of SARS-CoV2 infection are attributed to MMR vaccination [101]. MMR vaccination can be offered to even elderly people against the pandemic along with its benign nature [102]. MMR vaccine administrated individuals (n=255) since Covid-19 started were monitored how they reacted towards SARS-CoV2 infection. Among them 36 underwent SARS-CoV2 infection (13 of them had chronic diseases including hypertension and diabetes), and all gave mild symptoms. The MMR related protection is attributed to trained innate immunity and heterologous adaptive immunity (which provides cross-reactivity). It is highly probable that the American society of Microbiology was right when they claimed that MMR vaccine can break the impact of Covid-19 pandemic [103].

BCG vaccination is a live attenuated *Mycobacterium bovi* vaccine that is administrated to 130 million infants annually. BCG vaccination mediated increase of IFN γ and IL-10 levels are still protective for elderly people

against respiratory tract infection. Retrospective studies revealed that Covid-19 related infections and mortality are lower in the countries have national BCG immunization program. Besides, recovery rates from SARS-CoV2 infection are higher in those countries as well. Therefore, BCG vaccination seems a promising approach to overcome SARS-CoV2 pandemic with its benign nature to human health [104]. In silico studies, based on homology, revealed that BCG vaccination can trigger production of cross-reactive T cells against SARS-CoV2 [105] along with enhanced innate immunity [106]. Immunohistochemical studies also proved this hypothesis and the theoretical studies [106]. In addition to these, clinical trials of BCG vaccination revealed that the vaccine is effective to combat against SARS-CoV2 infection [107]. Eggenhuizen *et al* (2021) reported, an *in vitro* study based on 20 individuals primed with 8 BCG-derived peptides (which show homology to the components of SARS-CoV2), that CD4⁺ and CD8⁺ T cells specific for BCG peptides cross-react with SARS-CoV-2 peptides [108]. These reveal that BCG vaccination can be protective against SARS-CoV2 infections. However, a recent study done in East and West Germany revealed that BCG vaccination history may not provide individuals from severe outcomes of SARS-CoV2 infection [109]. In contrast to this, the study done in Iberian peninsula revealed that BCG vaccination seems a powerful approach to prevent the severe outcomes of the infection, where the authors also warn that the world doesn't have enough BCG vaccines that can be administrated worldwide [110]. Similarly, the study done in the USA with HCW revealed that BCG vaccination history confers protective effect against severe outcomes of Covid-19 [111]. BCG vaccination doesn't provide lifelong protection against SARS-CoV2 infection [112], so booster BCG vaccination is needed to provide further protection against Covid-19 [113] over its residual protection [114]. However it should be noted that BCG vaccination is still needed in the tuberculosis-risky countries, so shortages can cause issues, and also large randomized studies are needed to see the exact potential of BCG vaccination against this infection [115]. Ongoing clinical trials will help to enlighten the proposed exact potential.

The mechanism behind BCG vaccination and live enterovirus vaccines related outstanding potential to fight against SARS-CoV2 infection is of their non-specific protective mechanisms. These can be listed as (i) epigenetic modification of monocytes, (ii) cross-reaction between B and T cells, (iii) increased IFN- γ and enhanced recruitment of innate immune cells resulted from T_H1 cells differentiation, (iv) production of mucosal IgA/IgG, (v) prevention or decrease in invasive pathogen-host interactions, (vi) early activation of CD4 and CD8 T cells, (vii) protective anti-inflammatory effects, (viii) early protection against tissue damage and (ix) increased polymorphonuclear leukocyte synthesis. For instance, CoV-2 suppresses TLR signaling when it shows its pathogenicity, and it is known that immunization with live vaccines (e.g. OPV) can activate innate immunity via pre-activation of TLRs and prime

the immune system for adaptive immunity upon infection with SARS-CoV2 [36]. Due to these reasons and retrospective studies, BCG vaccination is seen viable alternative to SARS-CoV2 specific vaccines for those who don't have access (at least) [107] or do not want current mRNA SARS-CoV2 specific vaccines.

5. BRIEF COMPARISON OF PRIOR INFECTION, mRNA-BASED SARS-COV2 VACCINES AND TRADITIONAL CHILDHOOD VACCINES.

There are two main reasons lying behind the remark 'even better' given in the paper. (i) Infection mediated immunity and mRNA vaccine mediated immunity rely on different mechanisms. mRNA vaccines result in overwhelmingly specific antibody production against the spike protein while infection results in antibody production against different antigenic regions of the SARS-CoV2. (ii) Prior infections trigger larger cellular and mucosal immunity in comparison to the mRNA based vaccines. mRNA-based vaccines do not contribute mucosal immunity, so vaccinated individuals still can get infected and SARS-CoV2 viruses can propagate within nasal cells [116], which makes the vaccinated individuals perfect SARS-CoV2 spreader when they get infected. Vaccine mediated protection against Covid-19 infection is interestingly related to the

levels of antibody, however it is clear that absence of antibody in serum doesn't refer to that there is no protection. Memory B-cells upon infection is still active, and provides greater immunity against Covid-19 infection even though some patients do not possess antibody in convalescent sera [117]. It is also noteworthy to mention that S1 spike protein of SARS-CoV2 is highly vulnerable to mutation that causes the virus escape from S1-specific antibody synthesized upon vaccination while vaccine induced S2 antibody is minimal. However, antibody development against S2 protein is critical to get protected against recurring Covid-19 infections. Similarly, B-memory cells are critical in neutralizing antibody production [118]. In contrast to prior infection and vaccination, traditional childhood vaccines provide cross-reactivity, which relies on memory T-cell activity along with regulated cytokine production in favor of fighting against SARS-CoV2 infection as shown in **Table 1**. It is noteworthy to mention that Prior infection develops mucosal immunity [119], so even if SARS-CoV2 survivals carry active SARS-CoV2 virus, any contribution to the epidemic will be minimal since mucosal immunity downregulates SARS-CoV2 propagation and decreases the discharge period [120]. Spreading the virus is not related to survived patients, rather it is related to the active vectors.

Table 1. Comparison of natural immunity, SARS CoV2 specific mRNA vaccines and traditional childhood vaccines.

Immunity source	Mucosal antibody	Antibody response	Cellular immunity
mRNA SARS CoV2 vaccine	No report found	S ₁ -binding antibody ¹ , Neutralizing antibody ² ; Slight amount of S2 antibody, cross-reactive antibodies against β -coronaviruses [121].	Increases in antigen-specific IFN γ ⁺ CD4 ⁺ and CD8 ⁺ T cells; T _{H1} cell polarization; little change in T _{H2} cell responses [122].
Prior infection*	IgG, IgM [120], and IgA production[122].	Memory B cells[123,124]; S ₁ -binding antibody, S ₂ -binding antibody, Neutralizing antibody, Nucleocapsid binding antibody, anti RBD antibody [125];	Increases in IFN γ ⁺ and IL-2 specific CD4 ⁺ and CD8 ⁺ T cells [126]; CD4 ⁺ T _{H1} and CD4 ⁺ T _{H2} , CD4 ⁺ T _{CM} and CD4 ⁺ IL-22 ⁺ cell polarization; increased INF α levels, mucosal-associated invariant T and NK T cells; increased circulating follicular helper T cells; increased CD1QA/B/C ⁺ CD16 ⁺ monocytes [123]
BCG vaccination	No report found	Cross-reactive antibodies, Cross-reactive B-memory cells [104].	Cross-reactive dendritic cells (i.e. inf-cDC2s) that prime type I INF dependent [114] CD4 ⁺ and CD8 ⁺ T cells activation [108]; Down-regulation of proinflammatory cytokine production [127]; various antiviral cytokine production, enhanced IFN- γ production and associated T _{H1} cells differentiation [104].
MMR vaccination	No report found	Cross-reactive B-memory cells[96] and cross reactive antibodies[98] (e.g. anti RBD antibody[128])	Suppressing SARS-CoV2 interaction with cells [128]; memory T cells recognizing S1 and nucleocapsid proteins and increased protective cytokine production [129].

*During Covid-19 infection, humoral and cellular immunity cooperates if the patient faces mild or asymptomatic infection while severe infections can break the cooperation [123]. During the literature search the following keywords were used "SARS-CoV2 mRNA vaccine and mucosal antibody", "SARS-CoV2, MMR vaccine and mucosal antibody" or "SARS-CoV2, BCG vaccine and mucosal antibody".

6. CONCLUSION

SARS-CoV2 infection is still the major problem of the entire world even though vaccination is increasing rapidly. Despite of the fact that SARS-CoV2 specific

vaccines are claimed as the only solution to the pandemic when cost-benefit analysis is considered, decreasing vaccine efficacy against new aggressive variants, rare adverse effects are still formidable along with possible long term-negative effects. In terms of

rare-side effects, there is no clear information how “How really rare are those rare-side effects?”. Besides, mutations can weaken the benefits of current SARS-CoV2 specific vaccines, so required the third dose is already under discussion and possible new variant specific vaccines may be needed as well. Also, extensive immunological, biochemical and clinical studies are required to enlighten the parameters need to be taken into account to test whether natural infection is protective enough for current and up-coming aggressive variants before the infected individuals are exposed to further SARS-CoV2 specific vaccines. Alternative to SARS-CoV2 specific vaccines, conventional vaccines (particularly BCG and MMR) may provide strong trained innate immunity and/or heterologous adaptive immunity against SARS-CoV2 infection to resolve Covid-19 pandemic. As a concluding remark, utilization of conventional childhood vaccines against SARS-CoV2 infections should be considered as a valuable approach at all age groups, so further randomized studies combining all age scales on the efficacy of childhood vaccination against SARS-CoV2 pandemic seem critical to bring up a better resolution on the proposed efficacy of the childhood vaccines.

Acknowledgement

Many thanks to Prof Ergin Murat Altuner of Kastamonu University for constructive comments.

REFERENCES

- [1] Wu YC, Chen CS, Chan YJ. The outbreak of COVID-19: An overview. *J Chinese Med Assoc* 2020;83:217–20. <https://doi.org/10.1097/JCMA.0000000000000270>.
- [2] Ciotti M, Ciccozzi M, Terrinoni A, Jiang WC, Wang C Bin, Bernardini S. The COVID-19 pandemic. *Crit Rev Clin Lab Sci* 2020;57:365–88. <https://doi.org/10.1080/10408363.2020.1783198>.
- [3] Helmy YA, Fawzy M, Elasad A, Sobieh A, Kenney SP, Shehata AA. The COVID-19 Pandemic: A Comprehensive Review of Taxonomy, Genetics, Epidemiology, Diagnosis, Treatment, and Control. *J Clin Med* 2020;9:1225. <https://doi.org/10.3390/jcm9041225>.
- [4] Brandal LT, Ofitserova TS, Meijerink H, Rykkvin R, Lund HM, Hungnes O, et al. Minimal transmission of SARS-CoV-2 from paediatric COVID-19 cases in primary schools, Norway, August to November 2020. *Eurosurveillance* 2020;26:2002011. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2020.26.1.2002011>.
- [5] Durrheim DN, Andrus JK, Tabassum S, Bashour H, Githanga D, Pfaff G. A dangerous measles future looms beyond the COVID-19 pandemic. *Nat Med* 2021;27:360–1. <https://doi.org/10.1038/s41591-021-01237-5>.
- [6] Kalina M, Tilley E. “This is our next problem”: Cleaning up from the COVID-19 response. *Waste Manag* 2020;108:202–5. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.05.006>.
- [7] Mohamadian M, Chiti H, Shoghli A, Biglari S, Parsamanesh N, Esmailzadeh A. COVID-19: Virology, biology and novel laboratory diagnosis. *J Gene Med* 2021;23:1–11. <https://doi.org/10.1002/jgm.3303>.
- [8] Chaturvedi P, Ramalingam N, Singh A. Is COVID-19 man-made? *Cancer Res Stat Treat* 2020;3:284.
- [9] Segreto R, Deigin Y. The genetic structure of SARS-CoV-2 does not rule out a laboratory origin SARS-COV-2 chimeric structure and furin cleavage site might be the result of genetic manipulation. *BioEssays* 2021;43:2000240. <https://doi.org/10.1002/bies.202000240>.
- [10] Shang J, Wan Y, Luo C, Ye G, Geng Q, Auerbach A, et al. Cell entry mechanisms of SARS-CoV-2. *Proc Natl Acad Sci USA* 2020;117. <https://doi.org/10.1073/pnas.2003138117>.
- [11] Li F, Han M, Dai P, Xu W, He J, Tao X, et al. Distinct mechanisms for TMPRSS2 expression explain organ-specific inhibition of SARS-CoV-2 infection by enzalutamide. *Nat Commun* 2021;12:1–14. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-21171-x>.
- [12] Kumar V, Doshi KU, Khan WH, Rathore AS. COVID-19 pandemic: mechanism, diagnosis, and treatment. *J Chem Technol Biotechnol* 2021;96:299–308. <https://doi.org/10.1002/jctb.6641>.
- [13] Or Caspi, Michael J. Smart RBN. Adaptive immunity to SARS-CoV-2 and COVID-19 Alessandro. *Cell* 2021.
- [14] Amor S, Fernández Blanco L, Baker D. Innate immunity during SARS-CoV-2: evasion strategies and activation trigger hypoxia and vascular damage. *Clin Exp Immunol* 2020;202:193–209. <https://doi.org/10.1111/cei.13523>.
- [15] Castro P, Palomo M, Moreno-Castaño AB, Fernández S, Torramadé-Moix S, Pascual G, et al. Is the Endothelium the Missing Link in the Pathophysiology and Treatment of COVID-19 Complications? *Cardiovasc Drugs Ther* 2021. <https://doi.org/10.1007/s10557-021-07207-w>.
- [16] Blanco-Melo D, Nilsson-Payant BE, Liu WC, Uhl S, Hoagland D, Möller R, et al. Imbalanced Host Response to SARS-CoV-2 Drives Development of COVID-19. *Cell* 2020;181:1036–1045.e9. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2020.04.026>.
- [17] Theophanous C, Santoro JD, Itani R. Bell’s palsy in a pediatric patient with hyper IgM syndrome and severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2). *Brain Dev* 2021;43:357–9. <https://doi.org/10.1016/j.braindev.2020.08.017>.
- [18] Bruzzone C, Lu S, Diercks T, Arana E, Gil-martí J, Embade N, et al. SARS-CoV-2 Infection Dysregulates the Metabolomic and Lipidomic

- Profiles of Serum the Metabolomic and Lipidomic Profiles of Serum. *IScience* 2020;23:101645. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2020.101645>.
- [19] Bojkova D, Klann K, Koch B, Widera M, Krause D. Proteomics of SARS-CoV-2-infected host cells reveals therapy targets. *Nature* 2020;583. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2332-7>.
- [20] Whetton AD, Preston GW, Abubeker S, Geifman N. Proteomics and Informatics for Understanding Phases and Identifying Biomarkers in COVID-19 Disease. *J Proteome Res* 2020;10:4219–4232. <https://doi.org/10.1021/acs.jproteome.0c00326>.
- [21] Replication C, Yan B, Chu H, Yang D, Sze K, Lai P, et al. for Lipid Metabolism Remodeling upon. *Viruses* 2019;11. <https://doi.org/10.3390/v11010073>.
- [22] Hanan N, Doud RL, Park IW, Jones HP, Mathew SO. The many faces of innate immunity in SARS-CoV-2 infection. *Vaccines* 2021;9:1–17. <https://doi.org/10.3390/vaccines9060596>.
- [23] Noh JY, Jeong HW, Shin EC. SARS-CoV-2 mutations, vaccines, and immunity: implication of variants of concern. *Signal Transduct Target Ther* 2021;6:3–4. <https://doi.org/10.1038/s41392-021-00623-2>.
- [24] Lu M, Dravid P, Zhang Y, Trivedi S, Li A, Harder O, et al. A safe and highly efficacious measles virus-based vaccine expressing SARS-CoV-2 stabilized prefusion spike. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2021;118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2026153118>.
- [25] Chumakov K, Avidan MS, Benn CS, Bertozzi SM, Blatt L, Chang AY, et al. Old vaccines for new infections: Exploiting innate immunity to control COVID-19 and prevent future pandemics. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2021;118:1–10. <https://doi.org/10.1073/pnas.2101718118>.
- [26] Akarsu B, Canbay Özdemir D, Ayhan Baser D, Aksoy H, Fidancı İ, Cankurtaran M. While studies on COVID-19 vaccine is ongoing, the public's thoughts and attitudes to the future COVID-19 vaccine. *Int J Clin Pract* 2021;75:1–10. <https://doi.org/10.1111/ijcp.13891>.
- [27] Latkin CA, Dayton L, Yi G, Konstantopoulos A, Boodram B. Trust in a COVID-19 vaccine in the U.S.: A social-ecological perspective. *Soc Sci Med* 2021;270:113684.
- [28] Fadda M, Suggs LS, Albanese E. Willingness to vaccinate against Covid-19: A qualitative study involving older adults from Southern Switzerland. *Vaccine X* 2021;8:100108. <https://doi.org/10.1016/j.jvacx.2021.100108>.
- [29] Smith DT, Attwell K, Evers U. Support for a COVID-19 vaccine mandate in the face of safety concerns and political affiliations: An Australian study. *Politics* 2021:02633957211009066. <https://doi.org/10.1177/02633957211009066>.
- [30] Subbaraman N. How do vaccinated people spread Delta? What the science says. *Nature* 2021;596:327–8. <https://doi.org/10.1038/d41586-021-02187-1>.
- [31] Griffin S. Covid-19: Fully vaccinated people can carry as much delta virus as unvaccinated people, data indicate. *Bmj* 2021. <https://doi.org/10.1136/bmj.n2074>.
- [32] Korn L, Böhm R, Betsch C. Reply to Rabb et al.: Why promoting COVID-19 vaccines with community immunity is not a good strategy (yet). *Proc Natl Acad Sci U S A* 2021;118:e2102054118. <https://doi.org/10.1073/PNAS.2102054118>.
- [33] Mahase E. Covid-19: Israel sees new infections plummet following vaccinations. *BMJ* 2021;372:n338. <https://doi.org/10.1136/bmj.n338>.
- [34] Tenforde MW, Self WH, Naioti EA, Ginde AA, Douin DJ, Olson SM, et al. Sustained Effectiveness of Pfizer-BioNTech and Moderna Vaccines Against COVID-19 Associated Hospitalizations Among Adults — United States, March–July 2021. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2021;70:1156–62. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm7034e2>.
- [35] Burki T. Understanding variants of SARS-CoV-2. *Lancet* 2021;397:462. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)00298-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00298-1).
- [36] Moutsopoulos HM, Zampeli E. *Immunology and Rheumatology in Questions*. 2nd ed. Cham, Switzerland: Springer; 2021. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-56670-8>.
- [37] Bertoletti A, Tan AT, Le Bert N. The T-cell response to SARS-CoV-2: kinetic and quantitative aspects and the case for their protective role. *Oxford Open Immunol* 2021;2:1–9. <https://doi.org/10.1093/oxfimm/iqab006>.
- [38] Schijns V, Lavelle EC. Prevention and treatment of COVID-19 disease by controlled modulation of innate immunity. *Eur J Immunol* 2020;50:932–8. <https://doi.org/10.1002/eji.202048693>.
- [39] Golonka RM, Saha P, Yeoh XBS, Chattopadhyay S, Gewirtz AT, Joe B, et al. Harnessing innate immunity to eliminate SARS-CoV-2 and ameliorate COVID-19 disease. *Physiol Genomics* 2020;52:217–21. <https://doi.org/10.1152/PHYSIOLGENOMICS.00033.2020>.
- [40] Wang B, Wang L, Kong X, Geng J, Xiao D, Ma C, et al. Long-term coexistence of SARS-CoV-2 with antibody response in COVID-19 patients. *J Med Virol* 2020;92:1684–9. <https://doi.org/10.1002/jmv.25946>.
- [41] Wang R, Zhang Q, Ge J, Ren W, Zhang R, Lan J, et al. Analysis of SARS-CoV-2 variant mutations reveals neutralization escape mechanisms and the ability to use ACE2 receptors from additional species. *Immunity* 2021;54:1611–1621.e5. <https://doi.org/10.1016/j.immuni.2021.06.003>.
- [42] Jordan SC. Innate and adaptive immune responses to SARS-CoV-2 in humans: relevance to acquired immunity and vaccine responses. *Clin Exp Immunol* 2021;204:310–20. <https://doi.org/10.1111/cei.13582>.
- [43] Jahn M, Korth J, Dorsch O, Anastasiou OE, Sorge-Hädicke B, Tyczynski B, et al. Humoral

- response to SARS-CoV-2-vaccination with BNT162b2 (pfizer-biontech) in patients on hemodialysis. *Vaccines* 2021;9:1–8. <https://doi.org/10.3390/vaccines9040360>.
- [44] Malipiero G, Moratto A, Infantino M, D'Agaro P, Piscianz E, Manfredi M, et al. Assessment of humoral and cellular immunity induced by the BNT162b2 SARS-CoV-2 vaccine in healthcare workers, elderly people, and immunosuppressed patients with autoimmune disease. *Immunol Res* 2021. <https://doi.org/10.1007/s12026-021-09226-z>.
- [45] Struck F, Schreiner P, Staschik E, Wochinz-Richter K, Schulz S, Soutschek E, et al. Vaccination versus infection with SARS-CoV-2: Establishment of a high avidity IgG response versus incomplete avidity maturation. *J Med Virol* 2021:1–13. <https://doi.org/10.1002/jmv.27270>.
- [46] Hall VG, Ferreira VH, Ierullo M, Ku T, Marinelli T, Majchrzak-Kita B, et al. Humoral and cellular immune response and safety of two-dose SARS-CoV-2 mRNA-1273 vaccine in solid organ transplant recipients. *Am J Transplant* 2021:1–10. <https://doi.org/10.1111/ajt.16766>.
- [47] Sahin U, Muik A, Vogler I, Derhovanesian E, Kranz LM, Vormehr M, et al. BNT162b2 vaccine induces neutralizing antibodies and poly-specific T cells in humans. *Nature* 2021;595:572–7. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03653-6>.
- [48] Tarke A, Sidney J, Methot N, Yu ED, Zhang Y, Dan JM, et al. Impact of SARS-CoV-2 variants on the total CD4+ and CD8+ T cell reactivity in infected or vaccinated individuals. *Cell Reports Med* 2021;2:100355. <https://doi.org/10.1016/j.xcrm.2021.100355>.
- [49] Nanduri S, Pilišvili T, Derado G, Soe MM, Dollard P, Wu H, et al. Effectiveness of Pfizer-BioNTech and Moderna Vaccines in Preventing SARS-CoV-2 Infection Among Nursing Home Residents Before and During Widespread Circulation of the SARS-CoV-2 B.1.617.2 (Delta) Variant — National Healthcare Safety Network, March 1–August. vol. 70. 2021. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm7034e3>.
- [50] Goldberg Y, Mandel M, Bar-On YM, Bodenheimer O, Freedman L, Haas EJ, et al. Waning immunity of the BNT162b2 vaccine: A nationwide study from Israel. 2021.
- [51] Harrington P, Doores KJ, Radia D, O'Reilly A, Lam HPJ, Seow J, et al. Single dose of BNT162b2 mRNA vaccine against severe acute respiratory syndrome coronavirus-2 (SARS-CoV-2) induces neutralising antibody and polyfunctional T-cell responses in patients with chronic myeloid leukaemia. *Br J Haematol* 2021;2. <https://doi.org/10.1111/bjh.17568>.
- [52] Ng KW, Faulkner N, Cornish GH, Rosa A, Harvey R, Hussain S, et al. Preexisting and de novo humoral immunity to SARS-CoV-2 in humans. *Science* (80-) 2020;370:1339–43. <https://doi.org/10.1126/science.abe1107>.
- [53] Morales-Núñez JJ, Muñoz-Valle JF, Meza-López C, Wang LF, Sulbarán ACM, Torres-Hernández PC, et al. Neutralizing antibodies titers and side effects in response to bnt162b2 vaccine in healthcare workers with and without prior sars-cov-2 infection. *Vaccines* 2021;9. <https://doi.org/10.3390/vaccines9070742>.
- [54] Reynolds CJ, Pade C, Gibbons JM, Butler DK, Otter AD, Menacho K, et al. Responses To Variants After First Vaccine Dose. *Science* (80-) 2021;1423:1418–23.
- [55] Borgonovo F, Passerini M, Piscaglia M, Morena V, Giacomelli A, Oreni L, et al. Is COVID-19 severity associated with anti-spike antibody duration? Data from the ARCOVID prospective observational study. *J Infect* 2021.
- [56] Wang Z, Muecksch F, Schaefer-Babajew D, Finkin S, Viant C, Gaebler C, et al. Naturally enhanced neutralizing breadth against SARS-CoV-2 one year after infection. *Nature* 2021;595:426–31. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03696-9>.
- [57] Kabir KMA, Tanimoto J. Analysis of individual strategies for artificial and natural immunity with imperfectness and durability of protection. *J Theor Biol* 2021;509:110531. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2020.110531>.
- [58] Tada T, Dcosta BM, Samanovic MI, Herati RS, Cornelius A, Zhou H, et al. Convalescent-Phase Sera and Vaccine-Elicited Antibodies. *MBio* 2021;12:e00696-21.
- [59] Pilz S, Chakeri A, Ioannidis JPA, Richter L, Theiler-Schwetz V, Trummer C, et al. SARS-CoV-2 re-infection risk in Austria. *Eur J Clin Invest* 2021;51:1–7. <https://doi.org/10.1111/eci.13520>.
- [60] Gazit S, Shlezinger R, Perez G, Lotan R, Peretz A, Ben-Tov A, et al. Comparing SARS-CoV-2 natural immunity to vaccine-induced immunity: reinfections versus breakthrough infections. 2021. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-820546-4.00017-9>.
- [61] Wang P, Nair MS, Liu L, Iketani S, Luo Y, Guo Y, et al. Antibody resistance of SARS-CoV-2 variants B.1.351 and B.1.1.7. *Nature* 2021;593:130–5. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03398-2>.
- [62] Petersen LR, Sami S, Vong N, Pathela P, Weiss D, Morgenthau BM, et al. Lack of antibodies to SARS-CoV-2 in a large cohort of previously infected persons. *Clin Infect Dis an Off Publ Infect Dis Soc Am* 2020:ciaa1685.
- [63] Schwarzkopf S, Adalbert Krawczyk, Knop D, Klump H, Heinold A, Heinemann FM, et al. Cellular Immunity in COVID-19 Convalescents with PCR-Confirmed Infection but with Undetectable SARS-CoV-2-Specific IgG. *Emerg Infect Dis* 2021;27:122.
- [64] Park JY, Kim JH, Lee IJ, Kim H II, Park S, Hwang Y II, et al. COVID-19 vaccine-related interstitial lung disease: A case study. *Thorax* 2021:1–3. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2021->

- 217609.
- [65] Ciccarese G, Drago F, Rebora A, Parodi A. Two cases of papulo-pustular rosacea-like eruptions following COVID-19 vaccinations. *J Eur Acad Dermatol Venereol* 2021. <https://doi.org/10.1111/jdv.17615>.
- [66] Shemer A, Pras E, Einan-Lifshitz A, Dubinsky-Pertzov B, Hecht I. Association of COVID-19 Vaccination and Facial Nerve Palsy: A Case-Control Study. *JAMA Otolaryngol - Head Neck Surg* 2021;147:739–43. <https://doi.org/10.1001/jamaoto.2021.1259>.
- [67] de Vrieze J. Pfizer's vaccine raises allergy concerns. *Science* (80-) 2021.
- [68] Waheed S, Bayas A, Hindi F, Rizvi Z, Espinosa PS. Neurological Complications of COVID-19: Guillain-Barre Syndrome Following Pfizer COVID-19 Vaccine. *Cureus* 2021;13:2. <https://doi.org/10.7759/cureus.13426>.
- [69] Nassar M, Nso N, Elshafey M, Abdalazeem Y, Nyein A, Punzalan B, et al. COVID-19 vaccine-induced myocarditis: Case report with literature review. *Diabetes Metab Syndr Clin Res Rev* 2020;15:102205.
- [70] Lee EJ, Cines DB, Gernsheimer T, Kessler C, Michel M, Tarantino MD, et al. Thrombocytopenia following Pfizer and Moderna SARS-CoV-2 vaccination. *Am J Hematol* 2021;96:534–7. <https://doi.org/10.1002/ajh.26132>.
- [71] Malayala S V, Mohan G, Vasireddy D, Atluri P. Purpuric Rash and Thrombocytopenia After the mRNA-1273 (Moderna) COVID-19 Vaccine. *Cureus* 2021;13:3. <https://doi.org/10.7759/cureus.14099>.
- [72] Steinberg J, Thomas A, Iravani A. 18F-fluorodeoxyglucose PET/CT findings in a systemic inflammatory response syndrome after COVID-19 vaccine. *Lancet* 2021;397:e9. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)00464-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00464-5).
- [73] Chatterjee S, Ojha UK, Vardhan B. Myocardial infarction after COVID-19 vaccination-casual or causal? *Diabetes Metab Syndr Clin Res Rev* 2021.
- [74] Albert E, Aurigemma G, Saucedo J, Gerson DS. Myocarditis following COVID-19 vaccination. *Radiol Case Reports* 2021;16:2142–5. <https://doi.org/10.1016/j.radcr.2021.05.033>.
- [75] Deb A, Abdelmalek J, Iwuji K, Nugent K. Acute Myocardial Injury Following COVID-19 Vaccination: A Case Report and Review of Current Evidence from Vaccine Adverse Events Reporting System Database. *J Prim Care Community Heal* 2021;12:0–4. <https://doi.org/10.1177/21501327211029230>.
- [76] Jain VK, Iyengar KP, Ish P. Elucidating causes of COVID-19 infection and related deaths after vaccination. *Diabetes Metab Syndr Clin Res Rev* 2021;15:102212. <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2021.102212>.
- [77] Wichova H, Miller ME, Derebery MJ. Otolgic Manifestations After COVID-19 Vaccination: The House Ear Clinic Experience. *Otol Neurotol* 2021;42:e1213–8. <https://doi.org/10.1097/mao.0000000000003275>.
- [78] Cereda A, Conca C, Barbieri L, Ferrante G, Tumminello G, Lucreziotti S, et al. Acute myocarditis after the second dose of SARS-CoV-2 vaccine: Serendipity or atypical causal relationship? *Anatol J Cardiol* 2021;25:522–3. <https://doi.org/10.5152/AnatolJCardiol.2021.99>.
- [79] Pepe S, Gregory AT, Denniss AR. Myocarditis, Pericarditis and Cardiomyopathy After COVID-19 Vaccination. *Hear Lung Circ* 2021;30:1425–9. <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2021.07.011>.
- [80] Montgomery J, Ryan M, Engler R, Hoffman D, McClenathan B, Collins L, et al. Myocarditis following Immunization with mRNA COVID-19 Vaccines in Members of the US Military. *JAMA Cardiol* 2021;92134:1–5. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2021.2833>.
- [81] Stephanie Seneff, Greg Nigh. Worse Than the Disease? Reviewing Some Possible Unintended Consequences of the mRNA Vaccines Against COVID-19. *Int J Vaccine Theory, Pract Res* 2021;2:402–43.
- [82] Gonzalez DC, Nassau DE, Khodamoradi K, Ibrahim E, Blachman-Braun R, Ory J, et al. Sperm Parameters Before and After COVID-19 mRNA Vaccination. *JAMA* 2021. <https://doi.org/10.1111/jgs.17136>.
- [83] Pazir Y, Eroglu T, Kose A, Bulut TB, Genc C, Kadihasanoglu M. Impaired semen parameters in patients with confirmed SARS-CoV-2 infection: A prospective cohort study. *Andrologia* 2021;53:e14157. <https://doi.org/10.1111/and.14157>.
- [84] Frati P, Russa R La, Fazio N Di, Fante Z Del, Delogu G, Fineschi V. Compulsory Vaccination for Healthcare Workers in Italy for the Prevention of SARS-CoV-2 Infection. *Vaccines* 2021;9:966.
- [85] Stokel-Walker C. Covid-19: The countries that have mandatory vaccination for health workers. *BMJ* 2021;273. <https://doi.org/10.1136/bmj.n327>.
- [86] Krick MJA, Reese MTR. Mandating the COVID-19 Vaccine for U.S. Service Members: An Exploration of Ethical Arguments. *Mil Med* 2021.
- [87] Dyer O. Covid-19: Turkmenistan becomes first country to make vaccination mandatory for all adults. *BMJ* 2021. <https://doi.org/10.1136/bmj.n1766>.
- [88] Boehm E, Kronig I, Neher RA, Eckerle I, Vetter P, Kaiser L, et al. Novel SARS-CoV-2 variants: the pandemics within the pandemic. *Clin Microbiol Infect J* 2021;27:1109–17.
- [89] Brown CM, Vostok J, Johnson H, Burns M, Gharpure R, Sami S, et al. Outbreak of SARS-CoV-2 Infections, Including COVID-19 Vaccine Breakthrough Infections, Associated with Large Public Gatherings —. vol. 70. 2021.
- [90] Seppälä E, Veneti L, Starrfelt J, Danielsen AS, Bragstad K, Hungnes O, et al. Vaccine effectiveness against infection with the Delta (B.1.617.2) variant, Norway, April to August

2021. *Eurosurveillance* 2021;26:2100793. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.es.2021.26.35.2100793>.
- [91] Roberts AT, Piani F, Longo B, Andreini R, Meini S. Reinfection of SARS-CoV-2—analysis of 23 cases from the literature. *Infect Dis (Auckl)* 2021;53:479–85. <https://doi.org/10.1080/23744235.2021.1905174>.
- [92] Rella SA, Kulikova YA, Dermitzakis ET, Kondrashov FA. Rates of SARS-CoV-2 transmission and vaccination impact the fate of vaccine-resistant strains. *Sci Rep* 2021;11:1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95025-3>.
- [93] Loske J, Röhmel J, Lukassen S, Stricker S, Magalhães VG, Liebig J, et al. Pre-activated antiviral innate immunity in the upper airways controls early SARS-CoV-2 infection in children. *Nat Biotechnol* 2021;1–6. <https://doi.org/10.1038/s41587-021-01037-9>.
- [94] Pawlowski C, Puranik A, Bandi H, Venkatakrishnan AJ, Agarwal V, Kennedy R, et al. Exploratory analysis of immunization records highlights decreased SARS-CoV-2 rates in individuals with recent non-COVID-19 vaccinations. *Sci Rep* 2021;11:1–20. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83641-y>.
- [95] Haddad-Boubaker S, Othman H, Touati R, Ayouni K, Lakhali M, Ben Mustapha I, et al. In silico comparative study of SARS-CoV-2 proteins and antigenic proteins in BCG, OPV, MMR and other vaccines: evidence of a possible putative protective effect. *BMC Bioinformatics* 2021;22:1–14. <https://doi.org/10.1186/s12859-021-04045-3>.
- [96] Hassani D, Amiri MM, Maghsood F, Salimi V, Kardar GA, Barati O, et al. Does prior immunization with measles, mumps, and rubella vaccines contribute to the antibody response to COVID-19 antigens? *Iran J Immunol* 2021;18:47–67. <https://doi.org/10.22034/iji.2021.87990.1843>.
- [97] Lundberg L, Bygdell M, Stukat von Feilitzen G, Woxenius S, Ohlsson C, Kindblom JM, et al. Recent MMR vaccination in health care workers and Covid-19: A test negative case-control study. *Vaccine* 2021;39:4414–8. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2021.06.045>.
- [98] Gold JE, Baumgartner WH, Okyay RA, Licht WE, Fidel PLJ, Noverr MC, et al. Analysis of Measles-Mumps-Rubella (MMR) Titers of Recovered COVID-19 Patients. *MB* 2020;11:e02628-20. <https://doi.org/10.1128/mBio.02628-20>.
- [99] Yengil E, Onlen Y, Ozer C, Hambolat M, Ozdogan M. Effectiveness of booster measles-mumps-rubella vaccination in lower covid-19 infection rates: A retrospective cohort study in Turkish adults. *Int J Gen Med* 2021;14:1757–62. <https://doi.org/10.2147/IJGM.S309022>.
- [100] Mysore V, Cullere X, Settles ML, Ji X, Kattan MW, Desjardins M, et al. Protective heterologous T cell immunity in COVID-19 induced by the trivalent Measles-Mumps-Rubella and Tetanus-Diphtheria-Pertussis vaccine antigens. *Med* 2021. <https://doi.org/10.1016/j.medj.2021.08.004>.
- [101] Onwude J, Sokunbi D. Worldwide Childhood Mortality from Covid-19. *Ann Pediatr* 2021;4:1069.
- [102] Ashford JW, Gold JE, Huenergardt MJA, Katz RBA, Strand SE, Bolanos J, et al. MMR Vaccination: A Potential Strategy to Reduce Severity and Mortality of COVID-19 Illness. *Am J Med* 2021;134:153–5. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2020.10.003>.
- [103] Larenas-Linnemann DE, Rodríguez-Monroy F. Thirty-six COVID-19 cases preventively vaccinated with mumps-measles-rubella vaccine: All mild course. *Allergy* 2021;76:910–4. <https://doi.org/10.1111/all.14584>.
- [104] Aspatwar A, Gong W, Wang S, Wu X, Parkkila S. Tuberculosis vaccine BCG: the magical effect of the old vaccine in the fight against the COVID-19 pandemic. *Int Rev Immunol* 2021;0:1–14. <https://doi.org/10.1080/08830185.2021.1922685>.
- [105] Tomita Y, Sato R, Ikeda T, Sakagami T. BCG vaccine may generate cross-reactive T cells against SARS-CoV-2: In silico analyses and a hypothesis. *Vaccine* 2020;38:6352–6. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2020.08.045>.
- [106] Nuovo G, Tili E, Suster D, Matys E, Hupp L, Magro C. Strong homology between SARS-CoV-2 envelope protein and a Mycobacterium sp. antigen allows rapid diagnosis of Mycobacterial infections and may provide specific anti-SARS-CoV-2 immunity via the BCG vaccine. *Ann Diagn Pathol* 2020;48:151600. <https://doi.org/10.1016/j.anndiagpath.2020.151600>.
- [107] Gong W, Aspatwar A, Wang S, Parkkila S, Wu X. COVID-19 pandemic: SARS-CoV-2 specific vaccines and challenges, protection via BCG trained immunity, and clinical trials. *Expert Rev Vaccines* 2021;20:857–80. <https://doi.org/10.1080/14760584.2021.1938550>.
- [108] Eggenhuizen PJ, Ng BH, Chang J, Fell AL, Cheong RMY, Wong WY, et al. BCG Vaccine Derived Peptides Induce SARS-CoV-2 T Cell Cross-Reactivity. *Front Immunol* 2021;12:692729. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.692729>.
- [109] Arlehamn CSL, Sette A, Peters B. Lack of evidence for BCG vaccine protection from severe COVID-19. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2020;117:25203–4. <https://doi.org/10.1073/pnas.2016733117>.
- [110] Patella V, Delfino G, Bruzzese D, Giuliano A, Sanduzzi A. The bacillus Calmette-Guérin vaccination allows the innate immune system to provide protection from severe COVID-19 infection. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2020;117:25205–6. <https://doi.org/10.1073/pnas.2015234117>.
- [111] Nomura S, Eguchi A, Yoneoka D, Kawashima T, Tanoue Y, Murakami M, et al. Reasons for being

- unsure or unwilling regarding intention to take COVID-19 vaccine among Japanese people: A large cross-sectional national survey. *Lancet Reg Heal - West Pacific* 2021;14:100223. <https://doi.org/10.1016/j.lanwpc.2021.100223>.
- [112] Pépin J, Labbé AC, Carignan A, Parent ME, Yu J, Grenier C, et al. Does BCG provide long-term protection against SARS-CoV-2 infection? A case-control study in Quebec, Canada. *Vaccine* 2021. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2021.08.019>.
- [113] Amirlak Iradj, Haddad R, Hardy JD, Khaled NS, Chung MH, Amirlak B. Effectiveness of booster BCG vaccination in preventing Covid-19 infection. *Hum Vaccines Immunother* 2021;00:1-3. <https://doi.org/10.1080/21645515.2021.1956228>.
- [114] Wiwanitkit V. COVID-19 death and BCG vaccination. *Tuberc Respir Dis (Seoul)* 2021;84:84. <https://doi.org/10.4046/TRD.2020.0115>.
- [115] Sarfraz Z, Sarfraz A, Pandav K, Singh Makkar S, Hasan Siddiqui S, Patel G, et al. Variances in BCG protection against COVID-19 mortality: A global assessment. *J Clin Tuberc Other Mycobact Dis* 2021;24:100249. <https://doi.org/10.1016/j.jctube.2021.100249>.
- [116] Bleier BS, Ramanathan M, Lane AP. COVID-19 Vaccines May Not Prevent Nasal SARS-CoV-2 Infection and Asymptomatic Transmission. *Otolaryngol - Head Neck Surg (United States)* 2021;164:305-7. <https://doi.org/10.1177/0194599820982633>.
- [117] Subunit S. S Protein-Reactive IgG and Memory B Cell Production after Human SARS-CoV-2 Infection Includes Broad Reactivity to the S2 Subunit. *MBio* 2020;11:e01991-20. <https://doi.org/10.1128/mBio.01991-20>.
- [118] Shah P, Canziani GA, Carter EP, Chaiken I. The Case for S2: The Potential Benefits of the S2 Subunit of the SARS-CoV-2 Spike Protein as an Immunogen in Fighting the COVID-19 Pandemic. *Front Immunol* 2021;12:1-7. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.637651>.
- [119] Wadman M. SARS-CoV-2 infection confers greater immunity than shots. *Science (80-)* 2021;373:1067-8. <https://doi.org/10.1126/science.abm1207>.
- [120] Fröberg J, Diavatopoulos DA. Mucosal immunity to severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 infection. *Curr Opin Infect Dis* 2021;34:181-6. <https://doi.org/10.1097/QCO.0000000000000724>.
- [121] Amanat F, Thapa M, Lei T, Ahmed SMS, Adelsberg DC, Carreño JM, et al. SARS-CoV-2 mRNA vaccination induces functionally diverse antibodies to NTD, RBD, and S2. *Cell* 2021;184:3936-3948.e10. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2021.06.005>.
- [122] Sadarangani M, Marchant A, Kollmann TR. Immunological mechanisms of vaccine-induced protection against COVID-19 in humans. *Nat Rev Immunol* 2021;21:475-84. <https://doi.org/10.1038/s41577-021-00578-z>.
- [123] Stephenson E, Reynolds G, Botting RA, Calero-Nieto FJ, Morgan MD, Tuong ZK, et al. Single-cell multi-omics analysis of the immune response in COVID-19. *Nat Med* 2021;27:904-16. <https://doi.org/10.1038/s41591-021-01329-2>.
- [124] Byazrova M, Yusubaliev G, Spiridonova A, Efimov G, Mazurov D, Baranov K, et al. Pattern of circulating SARS-CoV-2-specific antibody-secreting and memory B-cell generation in patients with acute COVID-19. *Clin Transl Immunol* 2021;10:1-16. <https://doi.org/10.1002/cti2.1245>.
- [125] Semmler G, Traugott T, Graninger M, Hoepler W, Seitz T, Kelani H, et al. Antibody Kinetics in Acute SARS-CoV-2 Infection by a Microarray and Twelve Other Immunoassays 2021.
- [126] Fraley E, Lemaster C, Banerjee D, Khanal S, Selvarangan R, Bradley T. Cross-reactive antibody immunity against SARS-CoV-2 in children and adults. *Cell Mol Immunol* 2021;18:1826 - 1828. <https://doi.org/10.1038/s41423-021-00700-0>.
- [127] Kumar NP, Padmapriyadarsini C, Rajamanickam A, Marinaik SB, Nancy A, Padmanaban S, et al. Effect of BCG vaccination on proinflammatory responses in elderly individuals. *Sci Adv* 2021;7. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abg7181>.
- [128] Marakasova E, Baranova A. MMR vaccine and COVID-19: Measles protein homology may contribute to cross-reactivity or to complement activation protection. *MBio* 2021;12:e03447-20. <https://doi.org/10.1128/mBio.03447-20>.
- [129] Mysore V, Cullere X, Settles ML, Ji X, Kattan MW, Desjardins M, et al. Protective heterologous T cell immunity in COVID-19 induced by the trivalent MMR and Tdap vaccine antigens. *Med* 2021;2:1050-1071.e7. <https://doi.org/10.1016/j.medj.2021.08.004>.